

EL CONTEXTO PROFESIONAL EN LA ENSEÑANZA
DEL ELECTROMAGNETISMO DESDE UNA
PERSPECTIVA HISTÓRICA EN PROGRAMAS
UNIVERSITARIOS DIFERENTES: IMPLICACIONES
PARA EL CAMBIO DIDÁCTICO

Tesis para optar al título de Doctor en Educación

Jair Zapata Peña

Dirigida por

PhD. Carlos Javier Mosquera Suarez

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad de Ciencias y Educación
Doctorado Interinstitucional en Educación DIE
Énfasis en Ciencias
Bogotá, 2017

Copyright © 2017 por Jair Zapata Peña. Todos los derechos reservados.

A María Cristina

*El amor de mi vida, para que esta pequeña muestra de ejemplo te aporte una luz de referencia en
la vida que estas empezando y lo que decidas hacer con ella*

Al Doctorado Interinstitucional en Educación por brindarle al país una alternativa de formación doctoral con altos estándares de calidad desde la educación pública.

A mi esposa y mi hija por llenarme de moral para sobrellevar los días difíciles que tuvo este proceso.

A mi director de tesis, el doctor Carlos Javier Mosquera Suarez, por creer y apostarle a una idea que poco a poco y gracias a su orientación se convirtió en tesis doctoral, dándome la oportunidad de sacar adelante este proyecto de vida.

A mis amigos y colegas, los doctores Diego Julián Rodríguez y Edwin Munevar por su apoyo incondicional en la realización de esta tesis.

A las doctoras Graciela Utges, Beatriz Milicic, el profesor Alberto Jar y mi amigo del alma Jhon Castro por sus fundamentales aportes en momentos trascendentales de la investigación.

A todos mis compañeros del Doctorado Interinstitucional en Educación, quienes de diferentes maneras contribuyeron al proceso.

A mis padres, hermano y familia por estar ahí antes, ahora y siempre.

A mis amigos del lugar donde crecí, por permitirme seguir siendo parte de ellos y tener muy claro para donde voy sin olvidar nunca de dónde vengo.

Finalmente en palabras de Feynman:

...*“gracias a Dios, a la vida, al sol y al arte”*...

Introducción.....	1
Capítulo I Planteamiento del problema.....	4
El contexto en la enseñanza de las ciencias y de la física.....	5
El contexto en la enseñanza de las ciencias.....	7
El contexto y su relación con la cultural.....	12
Algunas perspectivas didácticas sobre el uso del contexto.....	15
Contexto en la enseñanza de la física.....	21
El contexto y su relación con los estudiantes y sus percepciones.....	21
Enseñanza de la física basada en el contexto.....	24
El papel de la contextualización histórica en la enseñanza de la física.....	28
La evaluación orientada en el contexto.....	31
Enseñanza de la física en el contexto cultural y la cultura profesional de los profesores de física.....	32
Algunas críticas a la enseñanza de la física basada en el contexto.....	35
Síntesis de elementos relevantes para el cierre de la problemática.....	38
Objetivo general.....	41
Objetivos específicos.....	42
Capítulo II Fundamentación teórica.....	43
La historia y filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias.....	44
La crisis de la educación científica propicia la inclusión de la HFC en la enseñanza de las ciencias.....	47
La HFC y su relación con el currículo.....	52
Implicaciones didácticas de la inclusión de HFC en la enseñanza de las ciencias.....	54
Aproximación al recorrido histórico del electromagnetismo, una interpretación desde la didáctica.....	57
Consolidación formal de los fenómenos eléctricos.....	58

Sobre el magnetismo y su carrera hacia el estatuto epistemológico del electromagnetismo.....	64
Enseñanza de las ciencias en el contexto CTS.....	78
Enseñanza de las ciencias y alfabetización científica.....	78
El movimiento CTS.....	83
Relaciones CTS en el contexto de la enseñanza de las ciencias.....	88
Formación de profesores y cambio didáctico.....	90
Cambio didáctico para la formación continuada de docentes.....	98
Elementos de cierre del capítulo.....	101
Capítulo III Diseño metodológico de la investigación.....	108
Investigación fenomenológica.....	110
Características metodológicas de la investigación fenomenológica.....	112
Investigación-acción.....	113
Características metodológicas de la investigación-acción.....	115
Estrategia Metodológica.....	117
Ruta metodológica.....	119
Profesores participantes de la Investigación.....	120
<i>Cano</i>	120
<i>Alex</i>	120
Fase uno: Caracterización de escenarios y práctica profesional de los profesores.....	121
Técnicas de recolección de información.....	121
Matriz de categorías de análisis.....	122
Instrumentos de indagación.....	133
Validación de la matriz de categorías de análisis e instrumentos.....	140
Análisis cruzado de instrumentos.....	141
Fase dos: Trabajo colaborativo con profesores, sobre los aspectos didácticos y el contexto profesional.....	143
Diseño del programa de formación.....	145

<u>Diseño del programa</u>	145
<u>Rediseño del programa</u>	150
Fase tres: Construcción colaborativa de elementos históricos	151
Capítulo IV Resultados y análisis para la caracterización de escenarios y práctica profesional de los profesores.....	158
Caracterización de profesores Cano y Alex	159
Resultados Instrumentos de indagación	160
Instrumento I: Cuestionario.....	160
Instrumento II: Entrevista.....	162
Instrumento III: Rejilla observación clases.....	169
Análisis cruzado de los resultados	173
Análisis profesor Cano	174
Concepciones sobre la ciencia y el trabajo científico.....	174
Concepciones sobre la enseñanza de las ciencias y modalidades de enseñanza de la Física.....	176
Concepciones sobre la enseñanza del electromagnetismo y el papel de la historia y el contexto profesional.....	179
<u>Sobre el papel de la historia</u>	179
<u>Sobre el papel del contexto</u>	180
Análisis profesor Alex	182
Concepciones sobre la ciencia y el trabajo científico.....	182
Concepciones sobre la enseñanza de las ciencias y modalidades de enseñanza de la Física.....	184
Concepciones sobre la enseñanza del electromagnetismo y el papel de la historia y el contexto profesional.....	187

<u>Sobre el papel de la historia</u>	188
<u>Sobre el papel del contexto</u>	189
Análisis general de los resultados para Cano y Alex	191
Cano.....	192
Alex.....	193
Capítulo V Resultados y análisis programa de formación, sobre los aspectos didácticos y el contexto profesional.....	195
Reflexiones sobre que debe saber un profesor de ciencias	196
¿Qué implica el conocer la materia a enseñar?	196
Una docencia espontánea.....	199
La cultura de destino como factor determinante.....	201
Algunos tipos de profesores.....	202
La docencia adolece de trabajo colectivo.....	203
¿Qué se entiende por ideas previas?	205
Hacia la comprensión del cambio didáctico.....	206
Capítulo VI Resultados y análisis programa de formación, sobre la construcción colaborativa de elementos históricos.....	208
Reflexiones sobre el recorrido histórico del electromagnetismo	209
La construcción del concepto de campo	211
Representación matemática.....	213
Modelo físico.....	216
<u>Éter eléctrico</u>	216
<u>Éter Material - Vórtices</u>	218
<u>Éter electromagnético</u>	223
Reflexiones del grupo surgidas de este análisis de textos	225

Revisión de experimentos históricos.....	229
Las implicaciones del trabajo científico.....	229
Dificultad de los experimentos, recreando experimentos históricos.....	232
Modificación a experimentos para llevar al aula y contextualizar sus aplicaciones.....	235
La importancia de los experimentos para la clase reflexiones de cierre.....	237
Sobre la reconstrucción histórica de los trabajos de Tesla.....	241
La importancia de los trabajos de Tesla para los avances tecnológicos, impacto de sus contribuciones desde la perspectiva CTS.....	242
La identificación de aspectos representativos para la clase.....	245
Reflexiones finales de Cano y Alex sobre su participación en el programa..	247
Aspectos que ha agregado a la clase.....	248
Reorientación o posible implementación para los laboratorios.....	251
Aporte a la formación de profesores de física.....	254
Aporte a la formación de ingenieros eléctricos.....	256
Reflexiones	258
Reflexión final de Cano.....	258
Reflexión final de Alex.....	259
Refelxiones de cierre	260
Capítulo VII Conclusiones	263
Perspectivas para configurar un programa de formación de profesores universitarios de física	271
Referencias Bibliográficas.....	274

Lista de tablas

Tabla 1. Matriz de categorías de análisis para la categoría 1.....	123
Tabla 2. Matriz de categorías de análisis para la categoría 2.	126
Tabla 3. Matriz de categorías de análisis para la categoría 3.....	129
Tabla 4. Instrumento I encuesta para profesores.....	134
Tabla 5. Instrumento II guion de la entrevista.....	136
Tabla 6. Instrumento III rejilla para análisis de clase.....	138
Tabla 7. Estructura del diseño del programa.....	146
Tabla 8. Lecturas de trabajo sobre modelo de campo electromagnético	154
Tabla 9. Lecturas de trabajo sobre experimentos electromagnetismo.....	155
Tabla 10. Lecturas de trabajo sobre desarrollos de Nicola Tesla.....	156
Tabla 11. Resultados Instrumento I, cuestionario tipo likert.....	161
Tabla 12. Resultados Instrumento II, entrevista.....	163
Tabla 13. Propuesta para recrear experimentos históricos.....	233
Tabla 14. Propuesta experimentos alternos.....	235

Lista de figuras

Figura 1. Propuesta uno para el rediseño del programa de formación.....	152
Figura 2. Propuesta dos para el rediseño del programa de formación.....	153
Figura 3. Vista de red para la categoría uno, clase profesor Cano.....	170
Figura 4. Vista de red para la categoría dos, clase profesor Cano.....	171
Figura 5. Vista de red para la categoría tres, clase profesor Cano.....	171
Figura 6. Vista de red para la categoría uno, clase profesor Alex.....	172
Figura 7. Vista de red para la categoría dos, clase profesor Alex.....	172
Figura 8. Vista de red para la categoría tres, clase profesor Alex.....	173

Introducción

Esta tesis doctoral presenta una propuesta basada en la formación de profesores para la generación del cambio didáctico, a partir del uso de dos elementos diferenciadores y que resumen la apuesta planteada en esta investigación, fundamentada, por un lado en el uso del contexto histórico de la física y por otro lado las implicaciones e incidencia del contexto profesional donde se enseña la física.

Para este propósito, se realizó un estudio de caso con dos profesores universitarios de física, para caracterizar la forma como enseñan la física en dos contextos profesionales diferentes, un curso de electromagnetismo para estudiantes que se forman como licenciados en física y un curso de electromagnetismo para estudiantes que se forman como ingenieros eléctricos. En la primera fase la investigación buscó realizar un abordaje fenomenológico, que permitiera caracterizar la epistemología personal docente de los dos profesores. Posteriormente se desplegó un trabajo colaborativo con los dos profesores para el desarrollo de un programa de formación continuada de docentes orientado al cambio didáctico, a partir del análisis de los elementos del contexto histórico que son, o no, posibles de introducir en un curso de electromagnetismo y teniendo en cuenta el contexto profesional donde se imparte el curso de física.

Este trabajo colaborativo realizado dentro del programa de formación se adelantó en dos momentos, en el primero se desarrolló un despliegue introductorio sobre elementos didácticos que les permitirán a los profesores participantes reconocer su práctica profesional a la luz de elementos teóricos de la didáctica de las ciencias. En el segundo momento, se realizaron sesiones de trabajo conjunto encaminadas a analizar y reflexionar sobre algunos momentos históricos de interés que podrían ser utilizados para mejorar la enseñanza de la física, caso particular electromagnetismo.

Finalmente a partir de esta construcción y despliegue del programa se recogen elementos de análisis para reflexionar sobre la práctica profesional y las posibilidades de cambio didáctico generadas en los dos profesores participantes del programa.

En el primer capítulo se aborda la descripción de la problemática planteada, a la luz de los elementos relacionados con las diversas interpretaciones del concepto contexto y sus aproximaciones a la cultural, el contexto en la enseñanza de las ciencias y concretamente se discuten factores representativos, y de fondo importantes, sobre la contextualización en la enseñanza de la física procurando identificar aspectos sobresalientes relacionados con los elementos que permean el currículo y las clases. Además, se abordó el uso de la contextualización histórica en la enseñanza, para finalmente presentar algunas reflexiones importantes sobre las críticas a la enseñanza de la física basada en el contexto.

El segundo capítulo despliega la fundamentación teórica que soporta el desarrollo de los argumentos de la tesis, discutiendo la inclusión de la historia y filosofía de las ciencias HFC en la enseñanza de las ciencias, describiendo aspectos representativos en su inclusión como la crisis de la educación científica y las implicaciones didácticas y curriculares. Además se realiza un recorrido histórico externalista sobre la construcción de conocimientos del electromagnetismo y se complementa con un acercamiento a las relaciones CTS en el contexto de la enseñanza de las ciencias. Finalmente, se hace una discusión sobre la formación de profesores y el cambio didáctico.

El capítulo tres describe la fundamentación metodológica llevada a cabo y las fases desarrolladas de acuerdo a los tres objetivos específicos propuestos en esta investigación. Se describen los instrumentos utilizados en la etapa de indagación y el proceso de validación de los mismos. Se presentan detalles de la construcción y puesta en marcha del programa de formación

de profesores desarrollado, descrito a partir de la dinámica de las lecturas y la intencionalidad de las mismas.

Los resultados y análisis son presentados por separado en los capítulos siguientes, de tal manera que en el capítulo cuatro se discuten los resultados de la primera fase, encaminados al análisis para la caracterización de la epistemología personal docente de los dos profesores participantes. El capítulo cinco muestra el análisis de la primera parte del programa de formación, sobre los aspectos didácticos reflexionados. El cierre del análisis de resultados se presenta en el capítulo seis, que describe los hallazgos de la segunda parte del programa de formación, sobre la construcción del recorrido histórico del electromagnetismo.

Para cerrar esta memoria de tesis doctoral se plantea las conclusiones en el capítulo siete, que recogen los elementos representativos de la investigación realizada y las perspectivas posteriores a la tesis, al igual que una propuesta de las bases teóricas para la realización de un programa de formación de profesores universitarios de física orientado al cambio didáctico y fundamentado en los dos contextos abordados en esta investigación, el contexto histórico y el contexto profesional.

Capítulo I

Planteamiento del problema

El contexto en la enseñanza de las ciencias y de la física

La física como una disciplina de las ciencias básicas, se encuentra incluida en los contenidos curriculares de numerosas carreras de formación técnica, tecnológica y profesional. Dentro de los diferentes ámbitos de formación es claro diferenciar dos roles principales, en cuanto a la manera y el protagonismo, de su incursión como área del conocimiento; uno como disciplina fundamental en carreras relacionadas con ciencias básicas e ingeniería y otro cuando se aborda como campo de conocimiento complementario o auxiliar de otras disciplinas y profesiones, por ejemplo, en carreras relacionadas con ciencias de la salud, arquitectura, etc. En estas dinámicas de inclusión de la física en los contenidos curriculares de programas en educación superior, es posible identificar concepciones y prácticas de enseñanza diversas, así como propósitos formativos que no siempre están directamente relacionados con las expectativas profesionales futuras de los estudiantes (Zapata y Mosquera, 2012; Zapata, 2016).

En esta mirada y dependiendo el grupo hacia el que están dirigidas las actividades de enseñanza de la física, es pertinente plantearse interrogantes sobre el papel que tiene el contexto profesional donde se enseña la física y la forma como los profesores enseñan esta disciplina. De igual forma, se considera relevante examinar posibilidades de cambios didácticos en los profesores, entendidos éstos como transformaciones en las concepciones y en las prácticas del profesorado en torno al currículo, la enseñanza, el aprendizaje, la evaluación y las implicaciones sociales de las actividades formativas en ciencias (Carnicer, 1998; Mellado, 2003; Mosquera, 2008; Mosquera y Furió, 2008), en particular, cuando las estrategias didácticas que siguen los profesores incorporan una mirada de la disciplina de la física considerando el contexto de la historia interna y externa de la ciencia. Teniendo en cuenta que la historia interna, se interpreta

como la historia intelectual de los conocimientos (Lakatos, 1974; Koyre, 1977), que involucra aspectos propios para el desarrollo de la disciplina sobre las metodologías desarrolladas, la lógica de sus descubrimientos, las tensiones en la reelaboración y articulación de la teoría con otras teorías ya aceptadas, el soporte que los experimentos brindan a la teoría, etc. Y de otro lado, la historia externa recoge los factores relacionados con la historia social (Kuhn, 1968), que analiza aspectos sociales que permearon el momento histórico desde lo político, cultural, religioso y demás aspectos que influenciaron el trabajo de los científicos.

En este sentido, existen diferentes elementos educativos, pedagógicos y didácticos a considerar cuando en los procesos de formación continuada de profesores de ciencias se hace explícita la consideración de contextos históricos y profesionales como base para la planificación, desarrollo y evaluación de estrategias de enseñanza.

Existen entonces, diferentes elementos que intervienen en esta problemática de la contextualización en la enseñanza de las ciencias y particularmente de la física, los cuales se discuten a lo largo de este capítulo, con el propósito de enmarcar el problema de estudio desde diferentes perspectivas, además es importante declarar que parte de los insumos de este capítulo fueron presentados como resultados parciales, de esta investigación doctoral, en el trabajo Zapata (2016) como uno de los requisitos de candidatura. Estos elementos pretenden dar, por un lado, una mirada a la manera como se ha abordado el uso y el estudio del contexto en la enseñanza de las ciencias, presentando un panorama sobre las formas de interpretar el concepto contexto, su relación con lo cultural, y la forma como se ha diversificado y usado en la enseñanza de las ciencias. De otro lado, se discute el contexto en la enseñanza de la física identificando aspectos sobresalientes relacionados con los estudiantes, la enseñanza, la contextualización histórica, la evaluación y el

contexto cultural y finalmente, se plantean algunas críticas a la enseñanza de la física basada en el contexto.

El contexto en la enseñanza de las ciencias

En las últimas décadas el reconocimiento del contexto como elemento de influencia en los procesos de enseñanza y aprendizaje, lo han posicionado como un referente de estudio en los diferentes enfoques y niveles en la enseñanza de las ciencias. En esta dinámica, actualmente la enseñanza y el aprendizaje basado en el contexto se ubican como un movimiento emergente en la didáctica de las ciencias, este enfoque al igual que otros como el aprendizaje basado en problemas, aprendizaje por indagación, aprendizaje activo, etc. Estas aproximaciones tienen la intencionalidad de mejorar la pertinencia de la enseñanza de las ciencias, la participación de los estudiantes al incrementar su satisfacción personal y aumentar la motivación por la ciencia, entre otros. En este sentido, la enseñanza de las ciencias basada en el contexto presenta diversos aportes que han proporcionado una consolidación paulatina de este campo de conocimientos como línea emergente en la didáctica de las ciencias experimentales.

Así las cosas, en la construcción del significado del contexto en la enseñanza de las ciencias, se encuentra que uno de los autores más referenciado en la literatura es Gilbert (2006), quien desarrolla un trabajo sobre la naturaleza del contexto en la enseñanza de la química, trabajo publicado en el *International Journal of Science Education*, que en su número 9 del volumen 28 presenta una edición especial llamada "Context-based Chemistry Education". En este artículo, Gilbert discute cuatro visiones desde las cuales es posible construir un significado para el entendimiento del contexto y aunque sus reflexiones están orientadas hacia la enseñanza de la

química, la recurrente referencia a este trabajo por diversos autores muestra que su traslado de la química a otros ámbitos de la enseñanza de las ciencias, puede ser posible debido a la contundencia de sus argumentos para su incorporación tanto en la enseñanza de la química como en las demás disciplinas de las ciencias y particularmente de la física. Una interpretación al planteamiento de Gilbert sobre los cuatro modelos de contexto se puede resumir de la siguiente manera:

1. *Contexto como la aplicación directa de los conceptos:* este enfoque plantea que generalmente se asocia el contexto como una aplicación directa de conceptos, determinando relaciones unidireccionales entre "conceptos" y "aplicaciones" al caracterizar un uso común de la palabra contexto para referirse a la aplicación de los conceptos o las consecuencias de esa aplicación. Cuando de los lineamientos que orientan los procesos de enseñanza se trata, esta interpretación de contexto se ve reflejada en los contenidos programáticos o planes de estudio, que basados en este sentido del contexto, se enuncian como situaciones o acontecimientos extraídos del mundo en general, con el propósito que los estudiantes puedan desarrollar una mejor comprensión de las ciencias, en un intento de dar sentido a un concepto después que se ha aprendido.
2. *Contexto como la reciprocidad entre los conceptos y aplicaciones:* en este modelo el contexto está formado por la sobreposición del concepto y la aplicación, en una estructura cognitiva de los estudiantes. El significado es creado por la adquisición de los aspectos relevantes de la estructura de un concepto, así dentro de este modelo de contexto, varios subgrupos de contexto de un tema de clase pueden ser interpretados de diferente manera, por ejemplo para el caso de la química existen diferentes contextos que podría surgir alrededor de ella como: el contexto de los conocimientos químicos de un bioquímico, el contexto de los conocimientos químicos de

un técnico en química, el contexto de la química y las cuestiones ética social-científicas. Paralelamente se encuentra que los estudiantes no necesariamente logran ver una relación o conexión entre un determinado problema y los conceptos que deben aprender o utilizar para resolverlo. En otras palabras, el contexto de un experto no se convierte automáticamente en el contexto del alumno, es decir lo que es claro y obvio para un experto no necesariamente lo es para un estudiante. En esta mirada el éxito de este enfoque radicaría en la pericia del maestro para traer juntos los atributos socialmente aceptadas de un contexto para que sean reconocidos e interpretados dentro de los atributos del contexto reconocido en la perspectiva de los estudiantes; esto se evidencia como una de las mayores dificultades presentadas para este modelo, al tratar de llevar el mundo real al aula de clase, para que la clase cuestione, reflexione e interprete el mundo real y éste a su vez sirva para modificar la clase.

3. *El contexto de la interpretación por la actividad mental personal:* al igual que en los dos modelos anteriores, Gilbert parte de referencias relacionadas con trabajos de contexto en la enseñanza de la química, aquí se tienen en cuenta ahora, en este enfoque, la utilización de las ideas de la psicología de los constructos personales (Pope y Keen, 1981, citado en Gilbert 2006). Este modelo, se desarrolla a través de la implementación de tres elementos que caracterizan el proceso de educación informal, que puede ejemplificarse en la historia de las ciencias a partir de las construcciones científicas que desarrollaron Mendeleev sobre la periodicidad de las propiedades de los elementos químicos o Faraday con sus experiencias de inducción magnética (Gribbin, 2005). Esta caracterización de educación informal se puede describir a partir de a) *Situaciones:* que hace referencia a cada evento focal; b) *Contextos:* que son producidos por las transformación de las situaciones a través de la actividad mental personal, entendiéndose como

una charla interior que se da para imprimir sentido a algo; c) *Narraciones*: estos son vínculos hechos entre contextos y algún tema propio en la vida de los estudiantes, es decir establecer una configuración para lograr la transferencia del aprendizaje a partir de la relación de saberes del entorno inmediato a otro.

4. *Contexto como circunstancias sociales*: desde esta perspectiva, un contexto se sitúa como una entidad cultural en la sociedad, en la que la dimensión social de un contexto toma un lugar esencial. Se refiere a temas y actividades de las personas que se consideran de importancia para la vida de las comunidades dentro de la sociedad. Un contexto puede contemplar, por ejemplo, los desarrollos tecnológicos que implican impactos importantes en la sociedad, como la modificación genética, los avances científicos que afectan el incremento del calentamiento global, etc.

En este panorama, King y Ritchie (2012), en su trabajo presentado en el más reciente *Handbook of Science Education*, realizan una interpretación a las definiciones de Gilbert (2006) sobre el contexto, plantean que la implementación del contexto en la enseñanza debería proporcionar un significado estructural coherente para algo que es nuevo para el estudiante pero que se establece dentro de una perspectiva más amplia del mundo real; así por ejemplo, en la educación en química los estudiantes deben no solamente ser capaces de dar sentido al aprendizaje de la química, sino que deben experimentar el aprendizaje como relevante para algún aspecto de sus vidas y ser capaces de construir significados coherentes y estructurantes de la asignatura.

Bajo esta línea, el contexto puede ser visto como un entorno y actividad social, donde el aprendizaje, se considera, tiene lugar debido a una interacción experimental del sujeto con su entorno, de tal manera que el significado que la persona hace de una situación está determinado

en gran medida por la participación en las acciones de una comunidad y el comportamiento del entorno. El modelo propone que el aprendizaje se basa principalmente en acciones, las cuales están determinadas por una dinámica de complejas interrelaciones de motivos, medios, objetivos y operaciones, que se negocian entre los participantes de una actividad. Exponiendo que el contexto no es simplemente un telón de fondo para el aprendizaje del estudiante, sino que, toma un lugar en el proceso que es intrínseco y protagónico, en la medida que modela y determina los contenidos y su significación para el aprendizaje (Cobern y Loving, 2000; Bennett y Lubben, 2006; Pilot y Bulte, 2006a; Schwartz, 2006).

De acuerdo a los cuatro modelos expuestos se hace evidente que el contexto se instaure como un referente intencionado para los procesos de enseñanza y aprendizaje, de tal manera que sus implicaciones en el plano educativo develan posturas concretas del contexto como: *El contexto como contenido*, en el que el diseño de las unidades didácticas debe conectar contextos pertinentes que relacionen las preguntas que se derivan de los contenidos, los conceptos básicos que se pueden aplicar a responder tales preguntas y la validez del contexto en el contenido y las actividades propuestas a los estudiantes; *El contexto para estimular el aprendizaje*, donde los ambientes de aprendizaje deben motivar a los estudiantes y sus procesos de desarrollo cognitivo con el propósito de obtener aprendizajes exitosos; y *El contexto como marco para el desarrollo situado de conocimientos y competencias*, aquí los procesos de aprendizaje en clase deben fortalecer y apoyar el desarrollo social de competencias, en especial la capacidad para establecer relaciones y transferencias al interpretar los resultados de los aprendizajes entre un contexto y otro sin deconstruir el sentido de los conceptos (Bulte, et al., 2006; Pilot, y Bulte, 2006b).

Este último modelo, puede basarse en el aprendizaje situado, para asumir el contexto como marco para el desarrollo situado y la aplicación de conocimientos y competencias (Parchmann, et al, 2006). Así, los procesos de aprendizaje en clase deben mejorar y apoyar el desarrollo social de las competencias, en especial la transferencia de los resultados de aprendizaje de un campo a otro, moviéndose entre significados, aplicaciones, entornos y diferentes procesos sin perder el sentido y la esencia del concepto, pero si identificando y correlacionado las distintas miradas y perspectivas que puede tener un concepto desde su definición hasta su utilización en el mundo real (Hofstein y Kesner, 2006).

El contexto y su relación con la cultural

En otra mirada, es importante discutir algunas aproximaciones relevantes que se han desarrollado sobre el contexto y su relación con la cultura, resaltando que tanto el término contexto como la cultura, presentan una concepción polisémica y que en algunas ocasiones esta misma multiplicidad de definiciones dificultan al profesorado el entendimiento de estos términos, al generar elementos de ruido que frecuentemente dan paso a inadecuadas interpretaciones de estos conceptos, más aun en el ámbito de la enseñanza de las ciencias.

Sobre la definición del contexto, la cultura y contexto cultural se encuentra en la literatura que no hay un consenso claro sobre los elementos determinantes en su concepción, Molina (2007; 2010) y Molina, Niño & Sánchez (2014) muestran que existe una gran dispersión y vaguedad al respecto, caracterizando las miradas más sobresalientes desde diversas aproximaciones para tratar de proyectar una idea del contexto cultural. Discuten un acercamiento al contexto cultural partiendo de la cultura y el contexto desde de las posturas de los autores más reconocidos en el ámbito. Así, cuando se busca dar una interpretación sobre estos conceptos, es notorio encontrar

que las diferencias que delimitan las miradas de los autores permiten llevar a posibles aproximaciones en la construcción conceptual sobre contexto, cultura y contexto cultural.

De esta manera, el contexto, puede ser interpretado de diversas maneras: como idea de contención del ambiente que rodea un acontecimiento (metáfora de la muñeca rusa, una cosa contiene la otra), es decir se ve el contexto como entrelazamiento de buscar conectar todo con la coherencia de sus partes (Cole, 1996); también, el contexto puede tener una mirada como elemento dinámico, que está delimitado por las relaciones de conocimiento inherentes a él (Middleton & Eduard, 1992); de otro lado, el contexto se puede interpretar como un lugar de contacto en donde se comparte la cultura, el cual involucra el uso de símbolos, signos y demás elementos que la caracterizan; adicionalmente, y enmarcadas en las visiones del lenguaje, el contexto es visto como las relaciones e interacciones que son necesario conocer para dar sentido a una conversación (Edwards & Mercer, 1988), y en consecuencia el contexto permite dar el significado de las palabras de acuerdo a un uso específico que expresa un sentido, una intención y una finalidad (Wittgenstein, 1996; Austin, 1982).

Cuando se aborda la cultura, es posible encontrar posturas que la ubican en una visión semiótica Geertz (1992), en la que la cultura expresa un esquema históricamente transmitido de significados representados por símbolos, se concibe la cultura como un contexto para comprender la acción humana y cómo ella es legitimada y estructurada a través de una red de significados. Por ejemplo, Cole (1999) plantea que la cultura debe ser vista desde dos enfoques, uno como mecanismo de control y otro como la coherencia de la cultura; mecanismo de control porque la cultura condiciona el pensamiento humano, éste se genera a partir de las representaciones del diario vivir y coherencia de la cultura porque se estructura a través de una tejido de significados y

significantes, como una telaraña. En otro enfoque, la cultura también es vista como realidad mental que se configura a partir de la vida e interacción social, así, cuando un sujeto cambia las condiciones sociológicas, políticas, él sigue imaginando e interpretando el mundo natural y social a partir de las configuraciones constituidas en su cultura (Lloyd, 1995).

Finalmente para la configuración del contexto cultural, se encuentran posiciones que lo definen como el escenario donde se negocian los significados compuestos por grupos de sujetos que conforman lo social en algún ámbito determinado, bajo unos intereses materiales y no materiales, de tal manera que el significado está siempre en consideración (Velho, 1994). En esta lógica es posible evidenciar que de acuerdo con Edward (1998), los contextos culturales permiten que los conocimientos y las actividades de un grupo social tengan cabida a través del tiempo y garantiza que los conocimientos relevantes sean escuchados, por lo tanto, la continuidad de los contextos culturales se plantea a partir de las concepciones, que se determinan por procesos de sedimentación y transmisión, necesarias para lograr conocimientos compartidos acerca de algo en periodos cortos y largos de tiempo, en las sociedades y culturas (Edward y Mercer, 1998).

Como elemento de síntesis de este apartado y aporte a la construcción de la problemática que busca este capítulo, se hace evidente que el contexto cultural, se determina a partir de las distintas interacciones y conexiones existentes entre lo contextual y lo cultural. De forma tal que el lugar de contacto donde se comparte la cultura está delimitado por el contexto, en esta mirada el contexto cultural está compuesto por un grupo de sujetos que conforman una entidad dentro de lo social, en el que se negocian los significados y se institucionalizan los saberes, las tradiciones y los comportamientos, configurándose como un escenario que trasciende en el tiempo y se legitima a través de procesos de transmisión y continuidad en un entorno característico.

Algunas perspectivas didácticas sobre el uso del contexto

Adicionalmente y con la pretensión de seguir encausando la problemática hacia los usos y necesidades del contexto en la enseñanza, es imperativo discutir algunas perspectivas didácticas que dibujen este escenario. Algunos autores plantean posibles modelos o experiencias didácticas de aula para la enseñanza de la ciencia basada en el contexto, por ejemplo, Beasley and Butler (2002), proponen un modelo de enseñanza que presenta, además, de la propuesta didáctica de contextualización como aporte positivo, su facilidad práctica para ser llevado al aula.

El modelo se basa seis pasos: primero, se debe introducir los temas en un contexto apropiado para los estudiantes; seguido a esto, se busca provocar a los estudiantes para que se involucren en la investigación, a partir de la guía del profesor que los encausa con aspectos claves de la investigación, de tal manera que puedan surgir interrogantes por parte de los estudiantes; como tercer paso, se debe crear un mapa conceptual que permita organizar la información a la luz de: las preguntas planteadas, el contexto de la situación de estudio, la historia de la temática o las experiencias de aprendizaje propias que surjan del trabajo, etc.; en el cuarto paso, se debe enmarcar el problema o las hipótesis dentro del contexto, para como sexto paso desarrollar la investigación y análisis de la problemática; el quinto paso es transversal al cuarto y sexto, y busca establecer con la ayuda del profesor los marcos teóricos o los conceptos requeridos para la investigación a partir de las necesidades que surjan de la misma; como parte final se propone la elaboración de un escrito y la discusión de cierre.

Dentro de este modelo se encuentra, además, la flexibilidad de poder involucrar cambios o variantes dependiendo de la valoración que el profesor haga de las situaciones propias de la clase y el aprovechamiento de las tareas planteadas según como se desarrollen por parte de los

estudiantes. Como un trabajo aplicado en el aula, considerando este modelo, King, Winner, y Ginns (2011), realizan un planteamiento en el escenario de la educación en la escuela media, evidenciando que existe una crisis en la educación científica de los estudiantes debido al distanciamiento o desacople, con lo que ellos denominan “*ciencia canónica*”, para esto desarrollaron una investigación que busca mejorar el interés del estudiante y la motivación sin disminuir la comprensión conceptual, en una temática particular sobre medio ambiente, desde el enfoque de la enseñanza basada en el contexto.

En relación a la contextualización en la enseñanza, entendida como su vinculación como enfoque didáctico para la enseñanza de las ciencias, se encuentran algunos trabajos que buscan trasladar los elementos contruidos, de corte epistemológico, en la concepción del contexto de Reichenbach (1938), hacia el escenario de la enseñanza. En esta línea, algunas investigaciones discuten cómo involucrar la epistemología de Reichenbach para trabajos prácticos contextualizados y se plantea la adaptación de la noción epistemológica de cada contexto a la situación en el aula, ahora desde una perspectiva didáctica (Cornejo, Speltini & Iglesias, 2004)

Estos mismos investigadores, en otro trabajo (Speltini, Cornejo & Iglesias, 2006), sugieren que la noción epistemológica de los contextos de Reichenbach puede ser llevada a la práctica del aula. De acuerdo a este trabajo, la movilización de los contextos a la interpretación didáctica puede verse como:

- *Contexto de descubrimiento*, es requerido considerando que para los estudiantes se hace necesario conocer los orígenes y los procesos que se dieron alrededor del conocimiento desde una contextualización histórica, de tal manera que estos elementos históricos les facilite la reconstrucción de diversas relaciones e interacciones sociales y científicas, que

tuvieron que darse en su momento y que aportaron de forma significativa a la construcción de los conocimientos, para proveer de sentido y significado a los sistemas conceptuales que asimila el estudiante.

- *Contexto de justificación*, se redefine como la toma de conciencia por parte de los estudiantes con respecto a los mecanismos de validación y justificación del conocimiento a partir de una adecuada presentación de las construcciones teóricas desde las cuales se explicitan los conceptos y saberes.
- *Contexto de aplicación*, también presenta un cambio en la forma en cómo se concibe en esta visión didáctica, ahora, busca promover la transformación y aplicación instrumental del conocimiento científico, de esta manera los conocimientos impartidos a los estudiantes deberán tener una adecuada orientación a su formación profesional. Así por ejemplo, un estudiante de Ingeniería presenta una marcada inclinación hacia el conocimiento tecnológico, mientras que un estudiante de las ciencias de la salud podrá estar más abocado al desarrollo científico y sus implicaciones en la vida humana. De esta manera, debe tenerse en cuenta cuál será el contexto de aplicación como característica para la integración entre los estilos de conocimiento, el científico y el de aplicación.
- *Sub-contexto didáctico*, se concibe este sub-contexto como una propuesta que integra las diferentes formas de trabajo en el aula, como un eje articulador de los objetivos de clase tales como: presentación del problema, formulación de hipótesis, desarrollo de prácticas de laboratorio, contrastación, análisis de resultados, entre otros.

En otra mirada y enfocado en aspectos puntuales del desarrollo de la clase, Posada (1996), plantea la discusión sobre la relación existente entre las respuestas de los estudiantes y el

contexto en el que se desenvuelven, dependiendo si este es el formal de la clase (denominado academicista) o el informal de la vida real (denominado no academicista). Propone que el pensamiento de los alumnos depende del contexto en que se active, es decir donde requieran usar sus conocimientos formal o informal, y éste puede ser caracterizado de acuerdo a los métodos de análisis utilizados por los individuos cuando dan respuesta a tareas propuestas; estas respuestas pueden estar representadas a través de las dos orientaciones, academicista y no academicista, dependiendo si están en contextos académicos o experienciales respectivamente. Se encontró que los estudiantes frecuentemente utilizan en contextos experienciales métodos de análisis superficiales y en contextos académicos tradicionales, los alumnos tienden a utilizar métodos de análisis academicistas. Aquí, se hace una distinción entre las formas de razonar de los estudiantes de acuerdo al contexto en el que se trabaje, como si se tratara de respuestas formales o informales en relación con la rigurosidad de los conocimientos requeridos, utilizando a conveniencia representaciones de la memoria semántica experimental o semántica academicista, según el requerimiento de cómo se presente la situación o problema a analizar.

En este mismo ámbito didáctico resulta pertinente identificar el contexto histórico, para ubicar el papel que puede jugar la historia de la ciencia en su enseñanza. Numerosos trabajos discuten como en la enseñanza de las ciencias tradicional generalmente no se tiene en cuenta el contexto histórico del que forman parte y en el que se construyeron las teorías científicas. Investigaciones como las desarrolladas por Gagliardi & Giordan (1986); Gil (1993); Izquierdo (1994); Izquierdo, Auduriz & Quintanilla (2007); Matthews (1990); Solbes & Traver (2001) entre otros, muestran como esta deficiencia del contexto histórico en la enseñanza de las ciencias provoca que los estudiantes tengan una visión de la ciencia caracterizada por considerarla como

un descubrimiento y no como una construcción de conocimientos, desligando e ignorando el rol que jugaron los problemas y circunstancias que intervinieron en el desarrollo de la mayoría de teorías científicas, es decir se desconoce el papel del contexto de la historia social en la construcción de ciencia. De igual manera, se encuentra que esta problemática deviene no solamente desde las prácticas pedagógicas en el aula, sino que el problema se instaura desde las mismas herramientas de formación que tienen los profesores, si se tiene en cuenta que los aspectos históricos están ausentes de la mayoría de los libros de texto y los pocos que los incluyen lo hacen de forma superficial (Zapata, 2015).

Para esta inclusión del contexto histórico como contribución a la contextualización de la enseñanza de las ciencias, se hace necesario involucrar elementos inherentes a la historia relacionados con el entorno de ciencia, tecnología, sociedad (CTS), esto considerando que la apropiación de conocimientos a partir de una mirada holística de las relaciones CTS, podría mejorar las actitudes y creencias de los estudiantes hacia la ciencia para transformar la imagen pública que de ésta se tiene y complementar los currículos relacionados con las ciencias a la luz de sus aportes e implicaciones (Fourez, 1997; Membiela, 2001; Aikenhead, 2003).

En este horizonte, Solbes & Traver (1996) presentan una propuesta sobre el papel de la historia de la ciencia (HC) y las relaciones CTS en la enseñanza de las ciencias, aquí se identifican las relaciones entre HC y CTS como dos campos de investigación que se cruzan a través de la historia social de la ciencia, interpretando ésta última como las relaciones CTS a lo largo de la historia. De acuerdo a esto, resulta relevante identificar como la introducción de estos dos contextos, el de HC y el CTS, deben procurarse entrelazar en el ámbito de la didáctica de las ciencias con el propósito de mejorar el aprendizaje de las ciencias por parte de los estudiantes, de

tal manera que se podría contribuir en evitar las recurrentes imágenes desdibujadas y deformadas de la ciencia.

De otro lado, es una queja constante en el profesorado de ciencias la escasez de material de apoyo en la literatura que aporte al planteamiento de situaciones y actividades prácticas en contexto para la clase de ciencias. Resulta importante, por ejemplo, mencionar el material desarrollado por el Center for Occupational Research and Development, Inc. (CORD), que ha generado herramientas para la enseñanza y el aprendizaje en contexto. Dentro de sus propuestas se encuentran dos ediciones del libro para la enseñanza de la *Física en Contexto* (Crawford, et al., 2001), manuales para prácticas de laboratorio basados en mecánica, fluidos electricidad y termodinámica denominados *Principios de Tecnología* (CORD, 1990), ocho ejemplares de los módulos *ABC Tecnologías* como un curso completo para las clases de Biología y Química aplicada que buscan ubicar las clases de ciencias en el "mundo real", a partir del desarrollo de habilidades de pensamiento crítico (Ulmer y Ulmer, 2009), las *Aplicaciones en Biología / Química ABC* que es un curso de laboratorio interdisciplinario para enseñar conceptos de la ciencia a través de situaciones relacionadas con el trabajo, el hogar, la sociedad y el medio ambiente, a través de publicaciones en CD, y libros de preparación técnica (CORD, 1999; Crawford, 2001).

El material complementario para la contextualización de las clases de ciencias, descrito en el párrafo anterior, se manifiesta como una de las grandes excepciones a la falta de elementos académicos de apoyo para llevar al aula, que actualmente existe en la didáctica de las ciencias experimentales. Considerando que una de las grandes falencias que encuentran los profesores cuando intentan contextualizar su enseñanza, es que además de no contar con cursos de capacitación o formación en esta línea, les resulta también difícil encontrar este tipo de material

que les sirva de soporte para enriquecer sus formas de enseñar, dejando en evidencia que aunque posiblemente exista la voluntad de los profesores por modificar sus estilos de enseñanza buscando promover aprendizajes más significativos para los estudiantes, no es sencillo para ellos encontrar libros, artículos, experiencias o actividades que les orienten en la manera de cómo puedan introducir en la enseñanza de sus disciplinas, elementos de la contextualización de la enseñanza de las ciencias.

Contexto en la enseñanza de la física

Para discutir la contextualización en la enseñanza de la física, se plantean a continuación algunos factores representativos que buscan dibujar el panorama existente y las problemáticas más representativas en este campo, asociadas con lo que se denominará más adelante física basada en contexto. Se abordan aspectos sobresalientes relacionados con las diferentes maneras de interpretar el contexto inmerso en las relaciones de los estudiantes y sus percepciones, orientaciones para la enseñanza de la física basadas en el contexto, la pertinencia y problemáticas del uso de la contextualización histórica en la enseñanza, aspectos sobre la introducción del contexto en la evaluación y la enseñanza de la física en el contexto cultural, discutiendo elementos sobre los contextos académicos de formación y ejercicio profesional de los profesores; finalmente se plantean algunas críticas a la enseñanza de la física basada en el contexto.

El contexto y su relación con los estudiantes y sus percepciones

En relación con el contexto y la enseñanza de la física particularmente, se encuentran algunas posiciones claras sobre el papel del contexto y las concepciones de los estudiantes. Driver (1988) por ejemplo, propone que las ideas de los estudiantes están asociadas a esquemas activos a través de un razonamiento ligado a un contexto específico. En el caso de los niños, se discute como un

rasgo característico que sus ideas están limitadas a la generalización y tienden a estar relacionadas con dichos contextos específicos. Las interpretaciones de los niños pueden ser algo totalmente diferente a las interpretaciones que se dan a través de la ciencia. Si se han de desarrollar esquemas, es importante el contexto en el cual se desarrollan los esquemas de la clase para mantener la atención y facilitar más tarde la aplicabilidad de las concepciones. Bao & Redish (2001) discuten sobre la asociación del contexto y los estados mentales al considerar que el conocimiento de un estudiante se organiza en el contexto de producción, que depende de unos patrones de asociación denominados como “esquemas de conocimiento” los cuales están directamente relacionados con el tipo de estudiantes (expertos o novatos). Es decir que el esquema de los estudiantes expertos posee estructuras más elaboradas y con mayores patrones de asociación entre las mismas.

En otra mirada, el contexto puede ser visto a la luz de las dinámicas de interacción de los estudiantes (Leander & Brown, 1999) al identificar y analizar las interacciones en la clase de física, es posible establecer relaciones y diferencias entre los componentes social, institucional, actitudinal, entre otros, de los comportamientos de los estudiantes y la estabilidad de sus relaciones en las aulas de clase.

Pero el contexto también podría ser visto como una “epistemología del estudiante”; en este sentido, diSessa, Elby & Hammer (2003), plantean detalladamente la utilidad de la epistemología para un modelo dependiente del contexto. Sistematizaron el modelo epistemológico de los estudiantes, a través de observaciones sobre sus comportamientos, concluyendo que es bastante frecuente observar que las creencias (explícitas o implícitas) no son suficientes para explicar las conductas de un individuo. Pero en cambio, esto ofrece una idea para juzgar el contexto, así un

juicio del contexto sirve para identificar como un individuo podría hacer un movimiento epistemológico en un contexto (por ejemplo, dividir un concepto), y como este individuo podría moverse en otro contexto (por ejemplo, desenvolverse en un núcleo de significados a través de diferentes ejemplos de un concepto). Ellos encuentran que el contexto es un punto crítico para el desarrollo epistemológico de los estudiantes, sugieren que se deben hacer investigaciones que indaguen sobre una detallada comprensión del contexto, para identificar los roles que afectan los comportamientos y creencias de los individuos.

La responsabilidad que se le da al contexto y su influencia en los aprendizajes pueden delimitar la forma en como conciben el conocimiento los estudiantes. Así diSessa (1988) interpreta que los conocimientos de los estudiantes están fragmentados "*en pedazos*", estos "*conocimiento en pedazos*" se caracterizan por poseer diferentes puntos de vista de acuerdo a la forma en como sean enseñados, de tal manera que para los estudiantes esto genera dificultad al tratar de relacionarlos adecuadamente con otros contextos diferentes, lo que denomina Redish y Smith (2008) "*contexto de la dependencia*". En esta línea, se encuentra que los estudiantes podrían poseer concepciones diferentes de aprendizaje de acuerdo a las diferencias de los enfoques profesionales de los contextos educativos, debido a sus campos de conocimiento específicos; así por ejemplo Eklund-Myrskog (1998), muestra que los estudiantes de enfermería conceptualizan el aprendizaje como "*comprensión*", mientras que los estudiantes de mecánica automotriz conceptualizan el aprendizaje como "*aplicar*". A este respecto se encuentran diversas investigaciones que discuten cómo las variaciones en las concepciones de aprendizaje de los estudiantes son dependientes del contexto (Marshall, Summer & Woolnough, 1999; Cooper, Yeo y Zadnik, 2003; Speltini, Cornejo & Iglesias, 2006; Lin & Tsai, 2009). De esta forma, es posible identificar que los procesos de

aprendizaje no son acciones asiladas e independientes, sino que deben ser entendidos como una actividad social influenciada por los contextos locales, relacionados con la formulación de tareas, las situaciones planteadas y la idiocultura, entendida esta última como el contexto más amplio que crea las condiciones para la situación particular planteada en la clase (Finkelstein, 2001).

Enseñanza de la física basada en el contexto

Para discutir el contexto desde enfoques o perspectivas más explícitas al desarrollo de las clases, se hace necesario abordar las relaciones y expectativas existentes en el contexto de la clase para el profesor y para los estudiantes, asociadas con diversos elementos y variables como los contenidos de la física, el profesor, los posibles asistentes de enseñanza, el salón de clases, el laboratorio y el tipo de estudiantes; además se espera que la problemática del aula debe procurar fascinar a los estudiantes para que se interesen por la física y no sea una disciplina orientada a esas pocas personas a quien se les facilita, sino que por el contrario un adecuado uso del contexto le permita a los estudiantes identificar, no solo lo que se les enseña sino también el para qué (Trigwell y Prosser, 1991; McDermott, 1993; Redish, 1994; 1997; McDermott & Redish, 1999; Finkelstein, 2005; Murphy, Lunn y Jones, 2006).

Se conocen variadas investigaciones sobre enseñanza de la física que han estudiado los problemas asociados con la enseñanza de la física tradicional con el objetivo de fomentar el uso de métodos de enseñanza más eficaces (Viennot, 1979; Watts, 1983; Hestenes, 1987; McDermott, 1984; 1993; 1999; 2001; Hake, 1998; Redish, 1998; 2003; Guisasola, et. al, 2003). En dichas investigaciones se desarrollaron estudios rigurosos que pretendían ahondar las causas y algunas posibles alternativas de solución a los varios problemas relacionados con los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física.

Entre estas propuestas existen numerosas investigaciones que apuntan a vincular el contexto como elemento que mejora la enseñanza y favorece la motivación de los aprendizajes por parte de los estudiantes. Se cree entonces que el uso de los conceptos y las habilidades en los procesos contextualizados del mundo real, que sean relevantes para los estudiantes de diversos orígenes, promoverá aprendizajes significativos con una construcción conceptual más sólida (Redish, 2003; 2008; Trumper, 2003; Glynn y Koballa, 2005).

En este punto cabe pensar que los estudiantes le dan un verdadero significado o relevancia a lo que aprenden cuando lo pueden relacionar con el mundo real, de esta manera el estudiante generalmente se cuestiona y se hace preguntas como: ¿Para qué aprendo esto?, ¿Este tema de qué me sirve en mi profesión?, ¿Dónde aplico estos conceptos en mi área?, etc. De esta manera, es notorio que para los estudiantes no siempre es clara la manera en cómo se puede poner en práctica o en cómo se materializa, por así decirlo, una determinada propiedad física o un formalismo conceptual en su vida cotidiana, y es éste posiblemente uno de los factores que podría ser el causante de la falta de interés que generalmente se encuentra en las materias que relacionan temas de física, provocando una baja motivación de los estudiantes por la comprensión de la misma, considerando así el conocimiento de la física como una área de comprensión solo para un pequeño grupo elite de personas con un nivel de razonamiento superior, que fácilmente puede tener una apropiación del conocimiento sin problemas y que además son los “únicos” que están en la capacidad de darle sentido al gran entramado de teorías físicas en el comportamiento del mundo real.

El contexto puede verse como el elemento mediador en la enseñanza de la física, los estudiantes aprenden una asignatura mediante la vinculación a un contexto del mundo real que les

permite hacer conexiones entre los conceptos y teorías aprendidas con su aplicación a la sociedad o a sus vidas como estudiantes o profesionales (Yam, 2005). Esta posición puede asociarse también con la cognición situada, en términos de Greeno (1998), que plantea cómo el conocimiento está permeado por las actividades, la cultura y el contexto en el cual éste se aprende y se utiliza. Así, la física basada en contexto busca que el conocimiento pueda abstraerse de las situaciones en las cuales la instrucción es presentada a los estudiantes, que puede ser denominada como la enseñanza basada en contexto, en la que están involucrados no solamente las situaciones sino los entornos físicos reales que son utilizados para la ilustración e introducción de conceptos y teorías. Se busca entonces, que estos contextos proporcionen situaciones que aproximen de mejor manera las percepciones de los estudiantes a los conocimientos científicos, dando una mayor relevancia a los aprendizajes a partir de la motivación contextual.

En este sentido, se encuentran trabajos que muestran la inclusión del contexto desde la contextualización de la enseñanza de la física, como una propuesta curricular que permita establecer la relación con la sociedad, la vida diaria, el desarrollo personal del alumno, la vida del trabajo y la física como una disciplina científica (Rioseco & Romero, 1997). Así, por ejemplo, se puede pensar que contextos con entornos físicos reales, como salidas de campo, visitas a fábricas, laboratorios, museos de ciencias, parques temáticos, etc., podrían proporcionar situaciones que privilegien los aprendizajes a partir de la motivación contextual. En esta línea Kaschalk (2002), presenta un estudio que examina el impacto de una propuesta de enseñanza basada en contexto con estudiantes de secundaria, utilizando la visita a una planta de producción para contextualizar una situación y resolver un problema real sobre potencia y voltaje; Kaschalk encontró que para los

estudiantes, la experiencia develó una elevada motivación para su realización, diferente a la que normalmente obtenía cuando trataba de enseñar la temática de circuitos de manera tradicional.

El planteamiento de fondo de Rioseco & Romero (1997), propone que el contexto y las circunstancias sociales son variables importantes que interactúan con las características individuales para promover el aprendizaje y el razonamiento, porque la adecuada elección e introducción de un contexto sería la responsable del interés que genere la actividad en los estudiantes. Se plantea además que los profesores prácticamente no consideran ningún contexto al realizar sus clases. Los profesores se preocupan simplemente por considerar diversos métodos para enseñar física y casi nunca hacen que los alumnos se enfrenten a los fenómenos de forma directa a través de la observación o la experimentación, tampoco explican las aplicaciones de la física sobre los avances tecnológicos o los posibles riesgos que puede tener con la sociedad o el impacto ambiental que pueden provocar, es decir se omiten las interacciones entre la física y las relaciones CTSA.

Camacho y Gallegos (1999) desarrollan un trabajo donde discuten la influencia del contexto en la construcción de conceptos físicos en estudiantes, utilizando algunas experiencias para la enseñanza de conceptos básicos de mecánica de fluidos. Presentan una definición sobre el *contexto físico*, en el cual se hace una distinción entre contexto físico y contexto de generalización. El contexto físico es el aparato conceptual que permite realizar la construcción de conceptos, para luego poder extenderlos fuera de este mismo contexto en otros escenarios posiblemente del mundo real y generalizarlos, en el contexto de generalización. Se plantea que el contexto en la formación y comprensión de conceptos físicos, al igual que en el desarrollo histórico, es un factor importante, porque permite orientar las representaciones que se tienen de los problemas fenomenológicos

requeridos para la construcción y precisión de los conceptos. De esta manera, cuando los conceptos físicos trascienden la dependencia del *contexto físico*, se puede decir que son aplicables a generalidad de situaciones.

El papel de la contextualización histórica en la enseñanza de la física

Otro aspecto importante sobre la problemática del contexto en la enseñanza de la física, para traer a la discusión, es la relevancia de la contextualización histórica en la enseñanza de la física, la cual se enmarca en la investigación en historia y filosofía de la ciencia como una línea de investigación en didáctica y epistemología de las ciencias con emergencia, entre otros lugares, en la Universidad de Harvard con los trabajos de Conant (1957) y Holton (1978). Sobre el problema de la contextualización histórica en las ciencias particularmente en su enseñanza, se consideran fundamentales para la comprensión de las ciencias su abordaje desde miradas filosóficas, epistemológicas y sociales dado que sus aportes contribuyen a mejores aprendizajes no solo desde la perspectiva conceptual sino valorativa de las ciencias. En este horizonte, se encuentran diversos autores como Matthews (1991; 1994); Gil (1993); Izquierdo (1994); Duschl (1997); Solbes y Traver (1996; 2001); Hottecke et al (2010), entre otros, que discuten y justifican la pertinencia de la incursión de la filosofía e historia de la ciencia en la enseñanza de la ciencia por considerarla un elemento de acercamiento y contextualización. A tal punto, que en el ámbito local se ha consolidado como línea de investigación y como parte de los programas curriculares en carreras de formación de licenciados en física, química, biología etc., por ejemplo, en la Universidad Pedagógica Nacional con Ayala, Malagón, y Guerrero (2004), en la Universidad del Valle con García (2011) y en la Universidad Distrital con García (2009), por mencionar algunos.

En esta dirección las investigaciones que se desarrollan buscan clarificar los papeles que puede jugar la historia de la ciencia en la enseñanza de la misma, dentro de las cuales se encuentra que en la enseñanza de las ciencias habitualmente se hace caso omiso del contexto histórico global del que forman parte dichas teorías científicas, lo que origina que el estudiante tenga una visión de la ciencia caracterizada por considerarla como un descubrimiento y no como una construcción de conocimientos. Además, se ignora el papel de los problemas que se presentaron en la construcción de la ciencia y en particular los problemas que originaron el desarrollo de algunas teorías importantes. De otro lado se encuentra que los aspectos históricos están ausentes en la mayoría de los libros de texto y los pocos que los incluyen lo hacen de forma superficial. Así en la enseñanza habitual, generalmente están ausentes aspectos históricos, lo que transmite a los estudiantes una imagen deformada de la actividad científica, puesto que la mayoría de los alumnos creen que la ciencia consiste en descubrir una realidad preexistente, ignorando el papel fundamental del trabajo científico que pretende la resolución de problemas mediante la investigación de hipótesis y la edificación de conceptos (Gagliardi y Giordan, 1986; Sánchez Ron, 1988; Gil, 1993; Izquierdo, 1994; Fernández, et. al, 2002).

Se ha discutido además en algunas investigaciones en didáctica de las ciencias, que la implementación de la historia de la ciencia como un elemento de contextualización para la enseñanza de la física puede generar algunos posibles logros importantes en el impacto de los aprendizajes por parte de los estudiantes (Solbes, 1996), los cuales pueden manifestarse en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias como: generar en los estudiantes una imagen crítica de la ciencia; tener una mejor información sobre las dificultades de los estudiantes relacionadas con las dificultades de la historia misma; favorecer una reconstrucción curricular a la

luz de los obstáculos epistemológicos; tener en cuenta el contexto histórico en el planteamiento de problemas significativos para los estudiantes; identificar y caracterizar los conocimientos sobre las crisis de la ciencia y los cambios de paradigmas de la misma con el reconocimiento de los obstáculos epistemológicos que favorecerían un adecuado cambio en las concepciones alternativas de los estudiantes; generar una imagen de las dificultades en la construcción de la ciencia sin verla como algo acabado y por el contrario como una refinación de saberes que se han desarrollado y generalizado a lo largo de la historia; adquirir una visión de ciencia como la construcción de un colectivo y no como creación individual de genios; y finalmente tener una visión de las interacciones CTS a través de la historia, con las implicaciones ideológicas religiosas sociales y tecnológicas desde las que se han construido. De acuerdo con Solbes estos elementos enunciados se manifestarían como logros importantes en el mejoramiento no solo de los aprendizajes sino de las actitudes por parte de los estudiantes hacia las ciencias.

En esta misma mirada, Solbes y Traver (2001), plantean que es posible aumentar el interés de los estudiantes hacia el estudio de la física y la química a través de un tratamiento mínimamente detenido de algunos aspectos históricos introducidos en el proceso de adquisición de los diferentes conceptos y teorías científicas, en relación a que esta contextualización histórica permite mostrar una imagen de la ciencia más acertada y próxima a la realidad del trabajo de los científicos y al contexto en que éste se desarrolla y se ha desarrollado a lo largo de la historia. Esto podría mostrar que la adecuada introducción del contexto histórico y social en que han aparecido determinadas teorías y las influencias que han ejercido sobre el propio entorno social, puede cambiar la imagen ahistórica de los estudiantes tienen sobre la ciencia, la cual puede ser considerada como una de las causas de la falta de interés y motivación por aprenderla.

Sin embargo, la inclusión de la HFC en la enseñanza de las ciencias, ha sido objeto de discusiones por parte de detractores que posicionan la HFC como elementos acomodados que solo reconstruyen o inspeccionan los hechos históricos con argumentos cronológicos, en relación a los momentos históricos en que se presentan avances significativos, esbozando aspectos geográficos y de temporalidad, o también visualizan este abordaje histórico como compendio de meros eventos anecdóticos de los científicos, al inmiscuirse en los posibles percances o curiosidades que intervinieron en el desarrollo de sus trabajos (Matthews, 1998a). Inclusive se ha llegado a plantear que para formar buenos profesionales en carreras relacionadas con las ciencias o las ingenierías, no se ha demostrado que la incursión de la historia de la física, ya sea desde lo general o particular, sea necesaria. Y por el contrario, se argumenta que podría incluso llegar a ser perjudicial por imponer restricciones en la búsqueda de explicaciones satisfactorias por parte de los estudiantes (Brush, 1974; Sánchez Ron, 1988).

La evaluación orientada en el contexto

Como otro enfoque dentro de la enseñanza de la física basada en contexto se encuentra la evaluación orientada en el contexto, en la que prevalece la utilización de problemas contextualizados a situaciones reales, en algunos casos a problemas particulares de la profesión (aunque en la bibliografía consultada en esta investigación no se encontró investigaciones que indaguen particularmente en la utilización de problemas contextualizados en la profesión específica de los estudiantes). En esta modalidad para la inclusión del contexto en la enseñanza de la física, a través de la evaluación, se busca presentar a los estudiantes problemas en contexto que requieran de estrategias de solución diferentes a la mecanización de procedimientos o al inventario de variables y remplazo en formulas (Niss, 2012). El desarrollo de estas estrategias pretende

promover en los estudiantes una adecuada y rigurosa conceptualización, que les permita desarrollar habilidades mentales para analizar situaciones, relacionar variables, generar hipótesis, estudiar comportamientos, examinar opciones y considerar situaciones para discutir y proponer alternativas de solución.

Algunos estudios adelantados para analizar la solución de problemas basados en contexto, donde no necesariamente se incluyó una enseñanza basada en el contexto, muestran que los estudiantes preferían los problemas basados en el contexto porque los encontraban más interesantes (Rennie & Parker, 1996; Park & Lee, 2004; Murphy, Lunn y Jones, 2006). En los análisis sobre las discusiones de los estudiantes y las soluciones escritas de los problemas, se encuentra que el trabajo y discurso de los estudiantes al resolver problemas tradicionales se centra en averiguar que formula debe aplicar, mientras que cuando el problema está basado en el contexto, el trabajo y discurso gira en torno a que leyes o principios físicos debería aplicar (Heller & Hollabaugh, 1992; Enghag, 2004), evidenciado una mayor profundidad en la conceptualización si se tiene en cuenta que la discusión de los estudiantes se centra en la física que subyace en el problema.

Enseñanza de la física en contexto cultural y la cultura profesional de los profesores de física

En la última década se desarrolló *The International Conference on Physics Education in Cultural Contexts*, que tuvo como objetivos explorar maneras convergentes y divergentes sobre el aprendizaje de la física más allá de los límites de la escuela, para mejorar la enseñanza de la física a través del uso de los contextos culturales tradicionales y modernos, junto con el intercambio de experiencias e investigaciones en enseñanza de la física entre las diferentes culturas. De los trabajos presentados se seleccionaron un total de 45 que hacen parte de la recopilación hecha por Park (2004); el texto se divide en tres partes: Contexto y la Historia, Cambios Conceptuales y los

Medios de Comunicación. La primera parte presenta tres trabajos destacados sobre física en el contexto cultural y la relación de física, tecnología y sociedad, que se plantean alrededor de la discusión sobre la educación en física y el contexto cultural. En estos tres trabajos se propone la inclusión del contexto cultural en la física como un contenido para ser enseñando, donde se plantea que la física que se enseña debe tener un punto de vista humanístico, así un curso de física debe contener un componente cultural necesario para el mundo actual. Se argumenta que tradicionalmente, los conceptos de la física y los esquemas conceptuales han sido considerados como los principales contenidos del plan de estudios de la física, pero recientemente las habilidades en los procesos, la naturaleza de la ciencia, la historia de la ciencia y la construcción social de la ciencia, han sido también objeto de estudio para la inclusión en los contenidos.

De acuerdo a esto, se debe buscar la manera de incluir el contexto cultural en el currículo escolar de física (Gunstone, 2004; Pak, 2004; Solomon, 2004). A este respecto Glynn y Koballa (2005) y Redish (2012) proponen que el uso de los conceptos y las habilidades para los procesos de enseñanza en contextos del mundo real que sean relevantes para los estudiantes de diversos orígenes, promoverá aprendizajes significativos con una construcción conceptual más sólida.

En otra perspectiva de la problemática, emerge un concepto denominado la cultura profesional asociado a los contextos de formación y ejercicio de los profesores, Milicic (2004) relaciona la cultura profesional como un componente incidente en la adaptación de los profesores a la enseñanza de la física. Problemática recurrente cuando se analizan los diversos contextos académicos en los que se enseña física, encontrando algunas diferencias en las actitudes y posiciones de los profesores que enseñan en currículos con orientación diferentes, unos en donde la física es un área disciplinar y otros en los que la física es complementaria.

Milicic, en su tesis doctoral realiza un estudio para relacionar la cultura profesional como un componente que incide en la adaptación de los profesores a la enseñanza de física, se discute esta problemática a partir de dos grupos, como ella los denomina la física para ciencias e ingeniería y la física para no físicos, en este trabajo se plantea la existencia de dos contextos académicos denominados también como cultura académica. Estos contextos se denominan como: *la cultura de origen*, definida como el grupo donde el profesor se formó como físico, el cual condiciona sus concepciones epistemológicas, profesionales, didácticas y además orienta sus criterios de actuación; de otro lado, está *la cultura de destino*, entendida como el contexto de interacción cuando el profesor cambia de entorno y realiza su labor docente en una facultad distinta a donde se forma, teniendo que interactuar con un grupo y un entorno cultural diferente en valores, procedimientos y criterios. Se caracterizó el pensamiento del profesor a partir de sus concepciones profesionales, didácticas y epistemológicas desde la transposición didáctica. A partir de esta caracterización se buscaron las relaciones del profesor con las culturas de origen y destino, su afinidad con ellas, el enfoque de la asignatura hacia la cultura de destino y el rol que tienen los profesores y la cultura de destino de acuerdo a esa orientación. Como resultados importantes se encontró que la distancia epistemológica, entre el saber sabio y el saber enseñando es pequeña en las carreras de ingeniería, es decir que la enseñanza en estos espacios académicos está bastante cerca de la enseñanza que se daba en las clases de física para físicos, lo que evidencia una escasa adaptación de la enseñanza de la ciencia a las necesidades formativas de la cultura de destino para contextos profesionales específicos, en este caso ingeniería (Milicic, et. al, 2007).

De otro lado la distancia epistemológica en la física para no físicos, como ciencias de la salud o ambientales, por ejemplo, es mayor, encontrándose que el saber enseñando en estas

carreras se caracteriza por tener un menor formalismo matemático y rigor conceptual, con una mayor adaptación de los contenidos a la cultura de destino. Teniendo en cuenta, además, que en estos contextos la física cumple un rol meramente instrumental (Milicic, et. al, 2008).

Como un aporte de suma relevancia para la formulación del problema de esta tesis, que además dentro de las consultas iniciales para la definición del problema mismo se convirtió en la semilla para la idea principal del problema de tesis, se encuentra que resulta importante entonces tener en cuenta los distintos comportamientos que se generan en los profesores cuando se ejerce la labor docente, en entornos profesionalmente diferenciados.

Aquí es relevante ver, que en los elementos de contextualización de la ciencia no solo es importante dibujar el panorama de los factores asociados con las interacciones del profesor para los desarrollos de su transposición didáctica, sino que es también un componente importante el papel que juega la física en la cultura de destino, así de acuerdo a esto como lo presenta Pozo (1998), los estudiantes no tienen la fascinación y el amor por la física y usualmente la ven a través de una imagen de ciencia desdibujada de la realidad o de la misma aplicación al área profesional de su carrera.

Algunas críticas a la enseñanza de la física basada en el contexto

Sin embargo y a pesar de todas las ventajas y posibles aportes que la contextualización en la enseñanza de la física podría brindar a la enseñanza de las ciencias, como se ha presentado a lo largo de este capítulo, existen importantes aspectos a mejorar e investigaciones por cubrir en la construcción colectiva de este ámbito emergente de la didáctica de las ciencias. En esta lógica, se deben discutir los aún posibles puntos de quiebre de este campo. Como los planteados por Taasobshirazi & Carr (2008), quien recoge un análisis profundo de investigaciones desarrolladas

en el campo de la enseñanza de la física, en este trabajo se realiza una crítica de la enseñanza de la física basada en el contexto, a partir del análisis de diferentes trabajos desde dos enfoques: la evaluación en física basada en el contexto y la instrucción de física basada en el contexto.

Los resultados de esta investigación se pueden resumir en tres aspectos: 1) La dificultad para designar un currículo de física basado en contexto dada la falta de actividades preparadas. Para este aspecto, sea hace evidente que generalmente es difícil para los profesores encontrar recursos que puedan proporcionar el material que contextualiza la física, los problemas de aplicación o las ayudas para diseñarlos por su cuenta; prueba de esto, se refleja en los pocos libros de texto que se encuentran para apoyar la enseñanza de la física basada en el contexto. 2) La falta de investigaciones que muestren resultados acerca de si la enseñanza de la física basada en el contexto es más eficaz que la enseñanza tradicional para mejorar el rendimiento de los estudiantes, teniendo en cuenta que las investigaciones existentes no presentan resultados contundentes con análisis que manifiesten los alcances específicos que se logran con la utilización del contexto en la enseñanza, debido entre otras cosas, a las pocas muestras de estudiantes con los que se ha trabajado y a no tener un comparativo entre grupos diferenciados por enseñanza tradicional y enseñanza contextualizada en una misma investigación. 3) La limitación proveniente de los notables problemas metodológicos debido a las pocas investigaciones desarrolladas en este campo, esto considerando que son insuficientes las investigaciones que proporcionen recomendaciones para los profesores con estrategias o diseños concretos para la generación de cambio didáctico, a partir de una adecuada contextualización en la enseñanza de la física desde las construcciones históricas, sociales o de contextos profesionales específicos (Zapata y Mosquera, 2017), considerando que hasta el momento es un área emergente en la investigación en didáctica de la

física, lo que origina que no se tengan consensos o mecanismos claros sobre la metodología necesaria para su inserción en las aulas.

Otra de las debilidades halladas en las investigaciones existentes, deriva en que generalmente los estudios desarrollados se han llevado a cabo con grupos de estudiantes novatos, es decir estudiantes que apenas están acercándose a los conocimientos de la física y aún no se tienen pesquisas adelantadas con grupos de estudiantes expertos en la física.

Como una preocupación adicional, se observa que la enseñanza dentro de un contexto específico podría impedir que los estudiantes tengan la posibilidad de generalizar su conocimiento fuera del contexto en que se aprendió inicialmente, ocasionando un aprendizaje demasiado centrado en el contexto particular de un saber y con una baja comprensión que permita asociarlo a otros contextos o la ciencia misma (Rayner, 2005). Es decir que si el contexto es demasiado emocional, pertinente o interesante, podría dar lugar a que el aprendizaje de los estudiantes tienda a tornarse demasiado centrado en el contexto, lo que podría generar que el contenido de la física subyacente quede en un segundo plano o inclusive sea obviado (Shiu-sing, 2005).

Finalmente, en la justificación de este problema de investigación se debe dar una mirada a cómo dentro de la enseñanza de la física se hace necesaria la contextualización de acuerdo a los diferentes contextos profesionales en los que se enseña, donde se hace notorio como se discutió anteriormente, que los procesos de enseñanza se ven afectados por el contexto académico de destino en el que se desenvuelven los profesores. Este contexto de destino, está permeado por diversos factores como la solución de problemas del mundo real relacionados con la física (Niss, 2012), y la relación del contexto como un aprendizaje situado que incluye lo social, ambiental y

cultural (Johri & Olds, 2011), con lo cual, se busca llevar a los estudiantes y a los planes de estudios a lo que algunos autores denominan como desarrollo profesional vinculado (Edelson, 2008).

Síntesis de elementos relevantes para el cierre de la problemática

El contexto y sus diferentes interpretaciones se manifiestan como un concepto polisémico, desde su concepción epistemológica, el cual ha sido introducido con sus propias interpretaciones en la ciencia y en la enseñanza de las ciencias. En ambos campos, se comparte el mismo fundamento en su definición, pero se tiene una mirada diferente en su enfoque; así en la perspectiva didáctica el contexto se orienta a las formas en cómo se concibe en el aula.

Las relaciones entre contexto y estudiantes muestran en consecuencia diversas miradas de cómo estas relaciones se han interpretado a través de dinámicas de interacción, esquemas activos en contextos específicos, contextos de producción y las denominadas epistemologías de los estudiantes, todos estos enfoques han consolidado un marco teórico para la configuración del contexto y la manera de asociarlo a los comportamientos de los estudiantes.

Según lo expuesto, los estudiantes le dan un mayor significado a lo que aprenden cuando lo pueden relacionar con el mundo real, presentando valores motivacionales y de interés más altos. Además, se debe considerar que los estudiantes generalmente no tienen clara la forma de cómo llevar a la práctica una determinada propiedad física o una construcción conceptual en su vida cotidiana, originando recurrentes cuestionamientos por parte de los estudiantes sobre la pertinencia de la física en sus futuros contextos profesionales, relacionados con el para qué aprender un determinado concepto, su posible uso en la profesión y la manera de aplicarlo a la misma.

Las investigaciones en enseñanza de la física develan cómo el contexto ha sido estudiado con las interacciones de los diversos elementos inherentes a la enseñanza, tales como, las

relaciones de la física con la historia de las ciencias, las relaciones CTS y el contexto cultural. De igual manera se hacen evidentes las limitaciones de la enseñanza de la física basada en el contexto, debido principalmente a la falta de diseños curriculares, investigaciones que relacionen contexto en la enseñanza de la física y limitaciones por la falta de propuestas metodológicas sobre la incursión del contexto en la enseñanza.

Aunque se han hecho bastantes investigaciones en el campo del contexto y la enseñanza de las ciencias, las interpretaciones y uso del contexto se manifiesta como un campo emergente de indagación, que aún presenta falencias importantes. Esto abre potenciales problemas de investigación en el área, teniendo en consideración que no existe actualmente estudios que muestren resultados que den cuenta si la enseñanza de la física basada en el contexto es más eficaz que la enseñanza tradicional para mejorar el rendimiento de los estudiantes; adicionalmente aún no se tienen consensos o mecanismos claros sobre la metodología necesaria para el uso del contexto en la enseñanza, debido posiblemente a la falta evaluaciones rigurosas de las investigaciones sobre enseñanza en contexto y al bajo número de las mismas. Además, los estudios desarrollados se han realizado en su gran mayoría con grupos de nivel secundaria y a nivel universitario su desarrollo se ha llevado acabo con estudiantes novatos, es decir estudiantes que apenas están acercándose a los conocimientos de la física y aún no se tienen pesquisas adelantadas con grupos de estudiantes con conocimientos superiores o de profundización de física.

Hasta este punto se ha discutido la problemática existente sobre la enseñanza de la física en contexto, se hace necesario entonces centrar la discusión en lo que constituye el problema que se abordó en esta tesis doctoral, en el cual se realizó un estudio de caso con dos profesores de física para caracterizar la forma cómo enseñan la física en dos contextos profesionales diferentes: un

curso de electromagnetismo para estudiantes que se forman como licenciados en física y un curso de electromagnetismo para estudiantes que se forman como ingenieros. Se buscó estudiar en consecuencia la naturaleza de los contenidos que se enseñan, la perspectiva histórica con que se presentan y la relaciones entre las actividades de enseñanza y las finalidades formativas del programa académico donde se inserta el curso de electromagnetismo. También se quería indagar sobre las concepciones didácticas y prácticas de los profesores que permitieran identificar lo que piensan sobre la enseñanza de la física, la manera como se seleccionan y secuencian los contenidos, las implicaciones sociales de la física, la evaluación, entre otros componentes determinantes. Una vez identificados los factores más relevantes en las prácticas educativas de los profesores, se desarrollaron un conjunto de actividades de formación conducentes a favorecer cambios didácticos incorporando en las actividades que se realizaron con los profesores, una aproximación al estudio del electromagnetismo desde una perspectiva histórica interna y externa en entornos académicos situados y específicos.

Para este propósito y con el objetivo de incursionar en innovadoras y actuales metodologías de enseñanza, que utilicen estrategias didácticas y promuevan ejercicios docentes alternativos para dejar de lado la enseñanza tradicional y permitir involucrarse en nuevas tendencias en la enseñanza de la física, teniendo en cuenta la problemática anteriormente expuesta, el problema a trabajar dentro de esta investigación se puede enunciar en la siguiente pregunta:

¿Cómo diseñar un programa de formación de profesores universitarios de física, para la generación de cambio didáctico, que haga uso de la historia del electromagnetismo en contextos profesionales diferentes?

Para abordar esta problemática se hace necesario complementar el objeto de estudio del problema a través de las siguientes preguntas subsidiarias:

¿Cuáles elementos caracterizan la epistemología personal docente de dos profesores universitarios de física que se desempeñan en contextos profesionales diferenciados?

¿Qué tipo de reflexiones se pueden lograr con los profesores sobre su práctica profesional, a partir del reconocimiento de elementos introductorios de la didáctica de las ciencias experimentales y el papel de su contexto profesional de desempeño?

¿Cuáles aspectos del contexto histórico interno y externo del desarrollo teórico y práctico del electromagnetismo, pueden ser posibles de incorporar como estrategia de cambio didáctico para la enseñanza de la física en contextos profesionales específicos?

Hasta este punto se ha descrito la problemática planteada a partir de los elementos relacionados con las diversas interpretaciones del concepto contexto y sus aproximaciones a la cultural, el contexto en la enseñanza de las ciencias y concretamente se discuten factores representativos, y de fondo importantes, sobre la contextualización en la enseñanza de la física procurando identificar aspectos sobresalientes relacionados con los elementos que permean el currículo y las clases, como lo son los estudiantes, la enseñanza, la evaluación, entre otros, además se abordó la mirada del uso de la contextualización histórica en la enseñanza para finalmente presentar algunas reflexiones importantes sobre las críticas a la enseñanza de la física basada en el contexto. De acuerdo a la problemática expuesta y con el propósito de dar respuesta a la pregunta de investigación se proponen los siguientes objetivos:

Objetivo General

Diseñar un programa de formación de profesores universitarios de física que favorezca el cambio didáctico, a partir del uso de la historia del electromagnetismo en el contexto profesional de programas universitarios diferentes por sus finalidades formativas.

Objetivos Específicos

- Caracterizar los escenarios y práctica profesional, a partir de la epistemología personal docente, de dos profesores universitarios de física que se desempeñan en contextos profesionales diferenciados.
- Reconocer con los profesores partícipes de la investigación reflexiones sobre su práctica profesional, a partir de elementos introductorios de la didáctica de las ciencias experimentales y el papel del contexto profesional de desempeño.
- Identificar colaborativamente con los profesores participantes algunos aspectos del contexto histórico interno y externo del desarrollo teórico y práctico del electromagnetismo, que puedan ser posibles de incorporar como estrategia de cambio didáctico para la enseñanza de la física en contextos profesionales específicos.

Con la intención de profundizar en los fundamentos teóricos que soportan esta tesis, en el siguiente capítulo se discutirán a profundidad los elementos presentados en este problema a partir de posiciones argumentadas sobre la manera en como surgieron y se han posicionado, algunos como campos consolidados de la didáctica de las ciencias experimentales y otros como campos emergentes de la misma. Se busca presentar los argumentos teóricos que han configurado el andamiaje conceptual sobre el que se fundamenta la propuesta de contribución, a la enseñanza de las ciencias y particularmente de la física, que se propone en este trabajo de tesis doctoral.

Capítulo II

Fundamentación teórica

En este capítulo se presenta una descripción de la fundamentación teórica que se considera necesaria para el problema de investigación, el capítulo está dividido en cuatro partes, en la primera parte se discute cómo se ha desarrollado la inclusión de la historia y filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias, describiendo aspectos que generaron su inclusión, como la crisis de la educación científica, y otros que discuten las implicaciones didácticas y curriculares. En la segunda parte, se realiza un recorrido histórico externalista sobre la construcción de conocimientos del electromagnetismo identificando elementos didácticos que pueden ser tenidos en cuenta en la enseñanza de un curso de electromagnetismo, este apartado se manifiesta como el producto de la construcción inicial realizada al interior del programa de formación de profesores adelantado en el desarrollo de esta tesis. En la tercera parte, se hace un acercamiento a las relaciones CTS en el contexto de la enseñanza de las ciencias, que se consideró necesario, para identificar posteriormente las implicaciones de la física en los contextos de aplicación y desarrollo científico y tecnológico. Finalmente, se hace una discusión sobre la formación de profesores y el cambio didáctico, que pudieran aportar elementos teóricos para las interpretaciones posteriores sobre la epistemología personal docente y el cambio didáctico generado (Carnicer, 1998). Además es importante declarar que parte de los insumos de este capítulo fueron presentados como resultados parciales de esta investigación doctoral, como requisitos de candidatura en dos capítulos de libro, uno en Zapata (2015) y otro en un próximo capítulo que se espera publicar en 2017 o 2018.

La historia y filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias

La inclusión de la historia y filosofía de las ciencias (HFC) en la enseñanza de las ciencias ha girado alrededor de dos problemas: El primero, referido a la justificación de la pertinencia de la HFC en la enseñanza de las ciencias, bajo el argumento que dicha inclusión favorece los

aprendizajes desde la perspectiva conceptual (Conant, 1957 y Holton, 1978) y valorativa de las ciencias (Matthews, 1991; 1994; Gil, 1993; Izquierdo, 1994; Duschl, 1997; Solbes y Traver, 1996; 2001; Hottecke, et. al., 2010); el segundo problema referido a la construcción de modelos didácticos de los procesos de enseñanza de la ciencia desde la orientación de la HFC (Mellado y Carracedo, 1993).

Cuando se habla de la inclusión de la HFC en la enseñanza de las ciencias, implica tener en cuenta, por un lado, los problemas que involucra la enseñanza de la ciencia en ausencia de la HFC y por otro lado, el hacer visible los beneficios que tiene incluirla. En relación a los problemas de la enseñanza de la ciencia en ausencia de la HFC, se ha identificado que en general en la enseñanza habitual de las ciencias están ausentes aspectos históricos, lo que transmite a los estudiantes una imagen deformada de la actividad científica. La mayoría de los alumnos creen que la ciencia consiste en descubrir una realidad preexistente e ignoran el papel fundamental del trabajo científico, el cual busca la construcción de modelos teóricos explicativos para interpretar los comportamientos de la naturaleza, a partir de la resolución de problemas, la investigación de hipótesis y la edificación de conceptos. Así mismo, se hace evidente que los aspectos históricos están ausentes en la mayoría de los libros de texto y los pocos que los incluyen lo hacen de forma superficial (Gagliardi y Giordan, 1986; Sánchez Ron, 1988; Gil, 1993; Izquierdo, 1994). De igual manera cuando se trabaja la inclusión de la HFC en la enseñanza de las ciencias generalmente se suele caer en errores como incurrir en visiones anacrónicas del pasado (García, 2011), lo que puede generar juicios a priori o interpretaciones erróneas de la historia, al mirar el pasado con los ojos del presente.

En referencia a los beneficios que conlleva la inclusión de la HFC en la enseñanza de las ciencias, es importante destacar algunos aspectos relevantes sobre cómo esta inclusión contribuye al aprendizaje conceptual y de valoración de la ciencia como una construcción de conocimientos. Estos aspectos pueden ser enmarcados en dos escenarios, los asociados con la enseñanza y los componentes curriculares y los relacionados con el aprendizaje en la formación del estudiante. Sobre los aspectos curriculares y de enseñanza es posible identificar como la contribución de la HFC permite favorecer las reconstrucciones curriculares a la luz de los obstáculos epistemológicos, mejorar la significatividad que los estudiantes le dan a los problemas que se le plantean cuando estos son ambientados desde el contexto histórico y proporcionar una mejor información sobre las dificultades de los estudiantes relacionadas con las dificultades de la historia misma.

Por otro lado, la inclusión de HFC puede contribuir al favorecimiento de una imagen crítica de la ciencia en el aprendizaje de los estudiantes, visibilizada como una construcción de conocimientos que no están acabados y que permanecen en constante refinación, además, entender que esta construcción ha estado marcada por el aporte de muchos pequeños y grandes científicos que la han consolidado a través de la historia y que no puede ser vista como una creación individual de algunos pocos genios. La ampliación de este panorama sobre la visión de ciencia, posibilita también extender el horizonte hacia las interacciones CTS a través de la historia, con las implicaciones ideológicas, religiosas, sociales y tecnológicas desde las que se han construido. Todos estos aspectos logran nutrir los conocimientos de los estudiantes para identificar y caracterizar los acontecimientos sobre las crisis de la ciencia y los cambios de paradigmas,

aportando a un adecuado cambio en las concepciones alternativas de los estudiantes (Solbes y Travel, 1996).

Una de las propuestas relevantes sobre la inclusión de modelos didácticos para la enseñanza de la ciencia orientados por la HFC, se encuentra en el trabajo de Izquierdo, Audúriz-Bravo y Quintanilla (2007) enfocada a la formación de profesores. En la cual se plantea la necesidad de actualizar el conocimiento profesional del profesorado de ciencias en formación y en ejercicio a través de una inmersión en la historicidad de la disciplina a enseñar, en tanto que se reconoce que profesores y científicos desconocen y se muestran apáticos a realizar análisis críticos y reflexivos de los sucesos históricos, dando prelación a la formación técnica y algorítmica; a esto se suma la ausencia de la HFC en los contenidos educativos de todos los niveles, inclusive es notoria la persistencia de concepciones dogmáticas e instrumentalistas de la ciencia en centros de docencia e investigación, lo que se refleja en la carencia de investigaciones y publicaciones suficientes en relación a la HFC y la educación científica.

La crisis de la educación científica propicia la inclusión de la HFC en la enseñanza de las ciencias

La emergencia de la incursión de la historia y la filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias, surgió como complemento necesario en la configuración de las ciencias, que buscaba acercarla de mejor manera al conocimiento científico de la sociedad. Pero esta inclusión no fue sencilla ni rápida, requirió que se dieran algunas crisis en la educación científica y dentro de las mismas fueron evidentes las carencias en las construcciones y concepciones históricas y filosóficas de las ciencias; que originaron, entre otras cosas, contenidos científicos descontextualizados, los

cuales generaron por algunas décadas (inclusive actualmente) una visión positivista y absolutista de la ciencia (Matthews, 1998b).

Una de las primeras crisis de la educación científica tuvo lugar en las reformas educativas de finales de los años 50 y principios de los 60 del Siglo XX, las cuales tenían como uno de sus principales objetivos, la creación de “pequeños científicos” (Roberts,1975). En estas propuestas sobre la educación científica, aprender sobre la naturaleza de la ciencia, su historia, filosofía y contexto social estaba en un segundo plano, lo importante era saber de ciencia y hacer ciencia. Esta crisis tuvo como uno de sus orígenes, las políticas planteadas por algunos países que veían en la educación científica una potencial estrategia para aumentar sus desarrollos en ciencia y tecnología e incrementar la población de científicos en sus filas. La crisis generada por la guerra fría y las carreras espaciales de las décadas de los 50s y 60s, que buscaban la conquista del espacio y el posicionamiento de las naciones como potencia mundial, movilizó a algunos países a la generación de propuestas educativas que buscan incluir la enseñanza de las ciencias dentro de un papel protagónico en la educación escolar y universitaria.

Por un lado aparecieron propuestas como la desarrollada en Estados Unidos con el Proyecto de Ley de Educación para la Defensa Nacional (National Defense Education Bill) en 1958, que ponía en práctica nuevos cursos de ciencias como el PSSC e IPS para Física, BSCS para Biología, CBA y CHEM Study para Química y el ESCP para las Ciencias de la Tierra. Estos proyectos se caracterizaron por el desarrollo de material especializado, como libros didácticos, manuales de laboratorio, guías para el profesor, equipos de laboratorio, videos educativos, lecturas complementarias, materiales dirigidos a alumnos especiales, entre otros. Todos orientados a promover la formación de nuevos científicos desde la educación en la escuela, seguido de la

educación en la universidad. Como crítica a este modelo, se encontró que estos cursos generalmente estaban diseñados para potenciar a los estudiantes más brillantes o a los más interesados por las ciencias y no para involucrar o rescatar a la población estudiantil del común (Matthews, 1991).

De acuerdo con Matthews (1991), estos proyectos educativos buscaban dar relevancia al papel de las ciencias y fueron puestos en práctica además de Estados Unidos en Inglaterra y Australia con los planes Nuffield (cursos de biología, física y química) y los cursos de Messel y ASEP (Australian Science Education Project) respectivamente. Como el objetivo de estos cursos era el de crear científicos, el método que primó para su desarrollo fue el método constructivista de “aprendizaje por investigación” de Bruner, el cual de acuerdo a sus propósitos se acercaba de mejor manera al método real que utilizaba el científico.

Además de estos proyectos se conforman organizaciones para promover la educación científica como la Asociación Británica para la Educación Científica (Association for Science Education, ASE), las Asociaciones Británica y Americana de la Historia de la Ciencia, la Asociación de Maestros de Ciencias (Science Masters Association), la Asociación de Profesoras de Ciencias, la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (American Association for the Advancement of Science), entre otras. Dichas organizaciones buscaban tomar partido de las reformas educativas debidas a las situaciones generadas con los desarrollos que sobre la enseñanza de las ciencias se hacían protagónicas y definían los horizontes de la educación.

Dentro del surgimiento de estos movimientos y proyectos educativos se encuentran algunos referentes importantes que favorecieron la inclusión de la HFC como elemento inherente a la enseñanza de las ciencias. Uno de ellos, fue el poco éxito alcanzado por estos cursos,

encontrándose que, a pesar de los esfuerzos, la intencionalidad de los cursos estaba demasiado enfocada a los estudiantes brillantes, originando como efecto colateral el dejar más rezagados a los estudiantes promedio, sin conseguir el objetivo que era lograr promover y potenciar la actitud científica en la mayor cantidad de alumnos posible. La problemática se profundizó, por la manifiesta falta de interés y comprensión de los profesores por la naturaleza de la ciencia (NC), revelado en un estudio de la Association for Science Education (ASE) en (1963), el cual mostraba desconocimiento de los profesores por la enseñanza de la ciencia contextual, entendida ésta, como el contexto social, histórico, filosófico, ético y tecnológico, que de acuerdo con Matthews (1994) puede entenderse mejor como *“una enseñanza sobre la ciencia y en la ciencia”*. Posteriormente esta misma entidad británica en sus informes (Alternatives for Science Education 1979 y Education Through Science 1981), recomendaban la incorporación de la historia y la filosofía dentro de los contenidos de ciencias, así como una ampliación en relación a la problemática de los profesores, pero ahora desde la evidencia.

En consecuencia, en 1981 y 1983 la ASE encuentra que no es suficiente tratar de llevar una educación científica al alcance de todos a través de proyectos como el Science and Society (Ciencia y Sociedad) de 1981 y Science in its Social Context (Ciencia en su Contexto Social) de 1983 propuestos por esta misma entidad, reconociendo explícitamente la importancia de la historia y la filosofía de la ciencia en la educación en ciencias. A esta postura se suma la Junta Nacional para la Revisión de Programas Científicos de Enseñanza Secundaria, (National Secondary Science Curriculum Review), afirmando que se hace necesario que los estudiantes reciban en el marco de sus currículos de ciencias un conocimiento sobre el desarrollo histórico de las teorías y principios

científicos con el objetivo de lograr un acercamiento a la ciencia desde una postura más constructivista, que discuta y presente la ciencia como una construcción de conocimientos.

Estas posturas aparecían acordes con los principios filosóficos que empezaban ya a tomar fuerza por esta época, al igual que los desarrollos científicos en el marco del contexto histórico, de modos que se tuviera en cuenta, por ejemplo, la ciencia como cambios de paradigmas (Kunh, 1970) o la ruptura y sobrepaso de los obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1976) para que el conocimiento se concibiera como un producto de la actividad del sujeto y no la reproducción del mundo de las cosas. Ello permitió fundamentar evidencias de la ciencia desde la dinámica de la construcción de modelos para interpretar y describir el comportamiento de los fenómenos más que para descubrir verdades de la naturaleza.

Aunque la problemática descrita anteriormente se dilucidaba entre los 50s y 80s, se encuentra que recientemente trabajos como el de Hottecke et al (2010), plantean como actualmente existe una deficiencia por la aplicación de la enseñanza de las ciencias desde la filosofía e historia. Ello debido principalmente a una serie de obstáculos que impiden una adecuada implementación de la HFC en la educación formal, caracterizados por profesores que siguen creencias acerca de la enseñanza y el aprendizaje con orientaciones tradicionales, lo cual origina una carencia de habilidades profesionales para enseñar acerca de la naturaleza de la ciencia (NC) y HFC; adicionalmente es notoria la deficiencia en el desarrollo de planes de estudio que involucren HFC, acompañado además, de la falta de libros de texto que introduzcan HFC y NC en sus contenidos.

Hace casi dos décadas, Duschl (1997) reconocía como un problema en los programas de formación de profesores de ciencias la falta de una rigurosa introducción sobre cómo establecer la relación entre la estructura del conocimiento, los métodos de la lógica, los métodos de análisis

empírico con los criterios para analizar las teorías científicas, así como, los principios psicológicos del aprendizaje. Relaciones que pueden ser establecidas o comprendidas de una mejor manera si se cuenta con una adecuada formación en HFC, lo que permitiría interpretar y comprender de mejor forma el vínculo entre el desarrollo del conocimiento en los individuos y en las disciplinas, interpretado esto como el vínculo entre la psicología y la epistemología.

La HFC y su relación con el currículo

La inclusión del estudio de la HFC en la enseñanza de las ciencias, tiene su origen en la crisis de los procesos de enseñanza dados en dos momentos históricos. El primero, luego de la segunda guerra mundial, durante los años cincuenta y sesenta del siglo XX, cuando se hizo necesario incrementar los cursos de ciencias especializados con los que se pretendía aumentar los concomimientos de la ciencia y la población de científicos, pero que originó éxitos de formación solo a unas pocas mentes privilegiadas para la ciencia. El segundo, que se dio durante los años 80, cuando el rápido avance de la ciencia y la tecnología incrementaba la distancia entre la elite científica y el común ciudadano iletrado de la ciencia (Duschl, 1994), lo que implicó retos para los profesores y los diseños de los currículos, en busca de disminuir la distancia entre el saber de los expertos y el saber de los profesores, estudiantes y ciudadanos del común.

La emergencia de la historia de las ciencias como una disciplina académica, tuvo su origen a mediados del siglo XX en Estados Unidos y Europa. George Sarton es reconocido como el precursor de los primeros estudios históricos sobre el desarrollo de la ciencia y quien fundó la primera revista en este tema (*Isis: international review devoted to the history of science and civilization*) al igual que el primer programa doctoral en Historia de la Ciencia en Estados Unidos en la Universidad de Harvard. Sarton promovió un estilo de hacer historia más allá de la

acumulación cronológica de desarrollos científicos, propuso una metodología orientada a la comprensión de los acontecimientos históricos sociales y personales, mediando el trabajo de los científicos en la búsqueda de explicaciones.

De esta manera, Harvard se empezó a convertir en referente fundamental para la comprensión de las ciencias desde los referentes históricos. En cabeza de su presidente Janies B. Conant, quien promovió no solo cursos de historia de la ciencia para no científicos, sino que, además, escribió populares libros de texto utilizados en cursos de ciencias como *Understanding Science: An Historical Approach* (1947) y *Haward case Histories in Experimental Science* (1957). Conant es también reconocido por Thomas Kuhn como su iniciador en el estudio de la historia de la ciencia, desde la epistemología y la filosofía de ciencia. Estas miradas históricas que comprendían por tanto aportes filosóficos, epistemológicos y sociales para una perspectiva no solo conceptual sino valorativa de las ciencias, fueron también influyentes en Gerald Holton, quien a raíz de un curso que tuvo que liderar sobre educación general desde la perspectiva de la historia de la ciencia, reconoce haberse involucrado en esta disciplina. Holton, además, desarrolló el *Harvard Proyect Physics Course* (Curso de Física Proyecto Harvard), para la enseñanza secundaria, caracterizado por considerar seriamente la historia y el contexto cultural de la ciencia (Holton, 1978). Particularmente en el área de la física, el Curso de Física Proyecto Harvard se consolidó como uno de los de mayor éxito en América del Norte a mediados de los 70s. La motivación de los alumnos radicaba en que la mirada a través de la historia de la ciencia les mostraba cómo se desarrollaron los conocimientos de la física, distanciados de los marcos rígidos de la ciencia positivista, para poder presentar una visión social, contextual e histórica de la búsqueda del conocimiento científico (Matthews, 1991).

Adicionalmente, como otros episodios sobresalientes en las aportaciones curriculares de la HFC, se encuentran otros movimientos importantes como el reconocimiento a la utilidad de la historia de la física en la enseñanza de la física, promovido en los años 60s por la International Commission on Physics Education y que en los 70s continuó la expansión en más escenarios académicos, con la aparición de la sección de historia de la física en los contenidos de la American Physical Society. De igual forma, la History of Science Society, abrió un espacio sobre educación, estableciendo un Comité de Educación, con el cual se logró generar un espacio de investigación para desarrollar estudios históricos que pudieran ser llevados a las clases de ciencias. En relación a la biología, se resaltan programas como el Estudio Curricular de Ciencias Biológicas (Biological Science Curriculum Study, BSCS), desarrollado a inicios de los 60s en diferentes países, el cual se fundamentó en la ciencia como indagación y enriquecido con una considerable documentación histórica (Matthews, 1994). Con respecto a la química, se debe mencionar que la introducción del aporte histórico de la misma a su enseñanza se ha caracterizado por tener una mayor resistencia, y aunque existen trabajos al respecto, no han tenido el impacto y despliegue mundial como el de otras áreas, por ejemplo, los que se han descrito para la enseñanza de física, además no se profundizó en este tema considerando que no hace parte de los intereses de esta tesis.

Implicaciones didácticas de la inclusión de HFC en la enseñanza de las ciencias

Como se ha descrito anteriormente, el papel de la HFC en la enseñanza de las ciencias ha tomado paulatinamente más importancia en el ámbito de la didáctica de las ciencias desde mediados del siglo XX y su importancia se refleja cada vez en mayor medida en los diferentes ámbitos académicos de divulgación científica en educación, que la han posicionado como una línea de investigación con numerosos aportes a partir de resultados que se evidencian en diversas

publicaciones especializadas (Gabel, 1994; Fraser & Tobin, 1998; Perales & Cañal, 2000; entre otros) y la aparición de revistas especializadas como *Science & Education*, entre otras.

En la década de los 90s y enmarcado en estos movimientos de *enseñanza sobre la ciencia y en la ciencia*, han seguido tomando fuerza las propuestas que plantean que en la enseñanza de las ciencias se hace necesario un conocimiento sobre el desarrollo histórico de las teorías y principios científicos, para lograr un acercamiento a la ciencia desde una postura más constructivista, que discuta y presente la ciencia como una construcción de conocimientos (Izquierdo, 1994). Además, se busca fomentar actitudes positivas de los alumnos hacia la ciencia, que les permita reconocer la historicidad, la dimensión humana de la ciencia y menguar el dogmatismo con que ésta se presenta, al mostrar las interacciones entre ciencia-tecnología-sociedad (CTS) y poder aproximarse más acertadamente a la naturaleza, método y evolución de la ciencia; ello podría ayudar para reconocer mejor las dificultades y concepciones de los estudiantes, de tal manera que sea posible reorientar la manera en cómo se introducen los contenidos en las clases de ciencias (Fernández, 2000).

El reconocimiento de la importancia de la inclusión de la HFC en la enseñanza de las ciencias, sin embargo ha sido objeto de cuestionamientos entre posturas dicotómicas que dividen los discursos y fomentan la fragmentación. Como se planteó en el capítulo anterior, por un lado, están los detractores que posicionan la HFC como una reconstrucción de hechos históricos con argumentos cronológicos a partir de un mero abordaje de eventos anecdóticos de los científicos, en hitos de la historia de la ciencia que representaron avances significativos (Matthews, 1998a). En el otro extremo, están los defensores de la HFC, quienes la consideran como un recurso didáctico facilitador, o mejor como un puente alternativo para reducir las distancias subyacentes entre los conceptos científicos y los imaginarios de los estudiantes, permitiendo así mejorar los

acercamientos a la comprensión de la ciencia, identificar posibles obstáculos en la comprensión de los estudiantes y contribuir de manera significativa en la reelaboración de la imagen de ciencia, lejos de esa idea de entidad hegemónica, configurada, clara, individualista y terminada, ahora dirigida hacia una realidad de la ciencia construida desde los procesos de comunidades como “*actividad humana*” (Izquierdo, 2000, p. 37) y que se ha legitimado a lo largo de la historia a través de diversos procesos económicos, sociales, religiosos, políticos y paradigmáticos (Matthews, 1991; 1998a).

Particularmente en la formación del profesorado de ciencias, Harre (citado por Matthews, 1994, p 266) plantea la importancia de una formación en HFC a través de la analogía con un profesor de música o literatura, el cual debe conocer elementos históricos como crítica literaria o musical y su relación con los intereses sociales o la historia de las formas literarias. De igual forma, un buen profesor de ciencias debe tener un conocimiento razonablemente elaborado, no solamente de su disciplina, sino de la dimensión cultural e histórica de la misma. Esto permite delimitar la frontera entre “*ser educado en ciencias o simplemente ser formado en ciencias*”.

En esta dirección se encuentran, entre otras, algunas propuestas con modelos para introducir la historia de las ciencias en la formación del profesorado (Izquierdo, Auduriz-Bravo y Quintanilla, 2007; García, 2009), para visibilizar una enseñanza de las ciencias soportada en algunas estructuras metodológicas que buscan contextualizar la puesta en escena de un sentido histórico de los procesos de la ciencia, para reconfigurar las posturas didácticas de los futuros profesores y reajustar el conocimiento profesional de los profesores de ciencias en formación, a partir de una actualización del bagaje histórico de la disciplina.

Finalmente, es importante tener en cuenta que todos estos esfuerzos deben abocar al propósito de formar profesores con un conocimiento disciplinar y pedagógico del contenido (Shulman, 1986), que no solamente se limite a definir verdades aceptadas en la ciencia, sino que además esté en la capacidad de justificar la idoneidad de las proposiciones y teorías científicas, al argumentar con criterio su pertinencia, relevancia y relación con otras posturas dentro de la misma disciplina y fuera de ella (Matthews, 1994; 1998b).

En esta mirada, el planteamiento de esta sección del capítulo se ubica desde la posición de los abocados a la necesidad y pertinencia en la incursión de la HFC en la enseñanza de las ciencias, y particularmente en la formación de profesores. Por esta razón se ha considerado importante visibilizar, como se ha descrito y argumentado anteriormente, cuales fueron esos marcos circunstanciales en los que la HFC se ha visto embebida para emerger como campo de estudio y cómo estos procesos le han permitido abrirse paso en su diletante trasegar dentro de la también emergente didáctica de las ciencias.

Ahora bien, bajo el convencimiento que la inclusión de la HFC es necesaria y pertinente en la enseñanza de las ciencias, y en particular de la física, se considera oportuno adelantar dicha inclusión en la comprensión de los fenómenos electromagnéticos, en tanto que es uno de los campos de la física que más se le dificulta comprender a los profesores de física en formación inicial (McDermott, 1990; García, 1998; Guisasola, et al, 2003; 2005) y particularmente porque es el campo de conocimientos de la física que ha sido el objeto de estudio en el desarrollo de esta investigación doctoral. De acuerdo a esto, se discute a continuación un recorrido histórico del electromagnetismo, resaltando diferentes aspectos didácticos de importancia que favorecerían el

desarrollo de un curso de física y que están relacionados con la importancia de incluir la HFC, en la enseñanza de las ciencias (Zapata y Mosquera, 2012).

Aproximación al recorrido histórico del electromagnetismo, una interpretación desde la didáctica

En este apartado se presenta la discusión de una aproximación al recorrido histórico del electromagnetismo, resaltando durante el escrito (en cursiva al final de algunos párrafos) diferentes aspectos didácticos de importancia que posiblemente puedan contribuir para favorecer el desarrollo de un curso de física y que están relacionados con la relevancia y los aportes que pueden ser tenidos en cuenta al incluir la HFC en la enseñanza de un curso de electromagnetismo. Estos aspectos están relacionados principalmente con: a) el trabajo científico visto no solo desde hallazgos individuales sino de comunidades, b) las polémicas y divergencias científicas que se presentan durante la construcción del conocimiento, c) el sentido de la no indispensabilidad de un método científico, d) las interpretaciones teóricas que han tenido que hacer los científicos en fenómenos que requieren de modelos explicativos teóricos más que de la observación, e) la naturaleza dinámica y cambiante del conocimiento científico, con los cambios de paradigmas, f) las relaciones de la física con otras disciplinas y g) los contextos sociales en los que se ha desarrollado la historia de la ciencia y la historia de los científicos que la protagonizaron.

Consolidación formal de los fenómenos eléctricos

Posterior a los primeros modelos y explicaciones de los fenómenos eléctricos conocidos desde la antigua Grecia, una de las primeras interpretaciones formales de comportamientos de la naturaleza explicados desde las interacciones eléctricas, se desarrollaron paralelo a los trabajos de

Newton sobre gravitación¹, por el físico alemán Otto von Guericke quien propuso explicaciones sobre el comportamiento de los planetas y el sol a través de interacciones eléctricas, explicaciones que no tuvieron acogida ni relevancia alguna. A este científico también se le atribuyen además las primeras explicaciones que describían como el ámbar tenía un comportamiento particular; al ser frotado lograba atraer pequeños objetos como el papel y otros objetos adquirirían propiedades eléctricas al estar en contacto con el ámbar. Posteriormente a principios del siglo XVIII Du Fay realizó estudios de los fenómenos eléctricos, encontrando que existen dos tipos de carga eléctrica (para la época se llamaban tipos de electricidad), una la producida por el frotamiento de sustancias resinosas como ámbar y lacre, y otra la producida por frotar sustancias vítreas como cristal o mica (Furio, Guisasola y Zubimendi, 1998). Estos dos tipos de carga se denominaron resinoso y vítreo; se estableció también que clases iguales de carga se repelen y las de carga diferente se atraen. Es interesante prestar atención al lenguaje usado para la época, en que además de llamar a los cuerpos con carga eléctrica como que poseían algún tipo de electricidad, también se le denominaba fluido eléctrico (Einstein y Infeld, 1986). Así, se tenía la idea que los cuerpos que contenían iguales cantidades de fluido eléctrico eran neutrales y los cargados eléctricamente tenían un exceso de fluido eléctrico, fuese resinoso o vítreo (Gamow, 1987). *En este momento histórico se evidencia el acercamiento a la construcción de conocimientos de las ciencias desde la mera observación, lo que deja rastros marcados del método científico.*

Para las primeras interacciones en el laboratorio con las cargas eléctricas (aún no llamadas así), se crearon el electroscoipo de panes de oro (1705) y la botella de Leyden (1745), que se

¹ Los trabajos de Newton sobre las interacciones gravitacionales se demoraron en salir a la luz pública, porque él los mantuvo en secreto sin publicar por varios años.

usaban para detectar y almacenar cargas eléctricas respectivamente. La botella de Leyden consistía en una botella de cristal recubierta por una delgada capa de plata en el interior y exterior; al conectarse a un cuerpo electrizado una de las dos capas de plata y la otra a tierra se lograba acumular electricidad en el interior de la botella, de la que se podían obtener chispas cuando se ponían en contacto la capa exterior con la interior mediante algún alambre conductor. Este modelo de botella dio origen a los condensadores actuales, que son utilizados para acumular carga eléctrica.

Una de las primeras evidencias de la utilización de botellas de Leyden, se encuentra en el libro *Experiments and Observations on Electricity Made Philadelphia in America* publicado en (1753) y que reúne los trabajos de Benjamín Franklin. En este se describe como las botellas se cargaban por electricidad recogida de las nubes, a través de cometas que hacían volar en las tormentas y que conducían la electricidad hasta la botella por la cuerda mojada. Luego de la publicación de este libro y gracias a sus aportes a la física, Franklin fue nombrado como miembro de la Real Sociedad de Londres y otras importantes entidades académicas de Europa y Norte América (Gribbin, 2005). *Resulta importante hacer notar este suceso como un ejemplo de las comunicaciones existentes entre comunidades científicas, que da cuenta sobre como para esta época ya se compartían conocimientos entre Norteamérica y Europa.*

Dentro de las interpretaciones teóricas hechas por Franklin, él afirmaba que el fluido eléctrico era producido exclusivamente por la ausencia o exceso de electricidad vítrea, así, si un material tenía deficiencia de carga vítrea se le rotulo como cargado negativamente y el exceso de electricidad vítrea en un cuerpo se llamó como cargado positivamente. Aunque los planteamientos

de Franklin no eran del todo correctos sobre la naturaleza del flujo eléctrico, sí se mantuvo el nombre de positivo y negativo para la naturaleza y los tipos de carga.

Pero los fenómenos eléctricos no solamente tenían lugar en los recintos privados o laboratorios de física, la magia de la electricidad se empezaba a mostrar en otros escenarios de la naturaleza. Tal fue el caso de un pez proveniente de África y Sudamérica, al que posteriormente se le llamó anguila eléctrica, debido a las descargas que producía cuando se tocaba la cabeza del pez y la parte inferior del cuerpo con una mano. El fenómeno empezó a interesar a físicos y biólogos por su comportamiento atípico, del cual hasta el momento sólo se conocían efectos similares en las construcciones de fenómenos experimentales que se obtenían artificialmente con la botella de Leyden.

El efecto producido por el pez tomó definitivamente su tinte de eléctrico cuando se demostró que podía utilizarse para cargar la botella de Leyden. Este fenómeno llamó la atención al físico italiano Luigi Galvani, que se interesaba por el estudio de la contracción muscular en las patas de las ranas. Galvani experimentaba colocando dos metales diferentes, uno al nervio y otro al músculo de la pata de la rana observando que la pata se contraía en cada contacto; cuando conoció el efecto de la descarga eléctrica de la anguila, inmediatamente lo asoció con los efectos obtenidos en su laboratorio (Kistner, 1934). *Este suceso muestra como en la historia también se han hecho relaciones erróneas de la física con otras áreas, y que en su momento se han tomado como válidos.*

El italiano Alessandro Volta, físico y amigo de Galvani, se dio a la tarea de reconstruir el experimento; al probar con diferentes partes de la rana demostró que la corriente eléctrica que causaba la contracción muscular en la pata de la rana no era un fenómeno como el de la anguila, es decir, de origen orgánico que producía electricidad. Sino que se trataba de un suceso meramente

inorgánico, de circulación de electricidad a través de un tejido acuoso o cualquier cuerpo húmedo, debido al contacto entre este y dos metales diferentes conectados entre sí. Gracias a la cercanía con Galvani, Volta llamó a este fenómeno galvanismo. Posteriormente realizó variaciones a la forma de las conexiones entre los dos metales acumulando mayor cantidad de ellos, generalmente cinc, cobre o hierro, que acondicionó hasta llegar a formas de discos; varió el medio entre ellos para ya no necesariamente separar los metales con tejido biológico, utilizando solución salina, papel absorbente mojado o madera húmeda. Construye entonces lo que él bautizó como una fuerza electromotriz, llamada posteriormente la pila de Volta o pila voltaica (Guisasola, Montero y Fernández, 2005). Esta pila fue reconocida como la primera fuente de corriente eléctrica continua, prototipo base incluso de las pilas actuales, siendo presentada en 1800 por Volta ante la Royal Society en un manuscrito que describía su descubrimiento, lo que le representó, entre otras cosas, una condecoración de Napoleón por su gran aporte a la ciencia de la época (Silver, 2005). *Este acontecimiento muestra como la historia puede ayudar a identificar relaciones de la física con otras disciplinas y formas de conocimiento, que en determinadas circunstancias se han validado al proporcionar explicaciones a comportamientos propios de la naturaleza.*

En otro ámbito, de la era de la electricidad y en el estudio de fenómenos diferentes asociados igualmente a las cargas eléctricas, se encuentran trabajos relevantes como el de Henry Cavendish en la década 1760. Cavendish vivía en Londres y se caracterizaba por ser un hombre bastante solitario, temeroso de las mujeres y apartado del mundo, inclusive de su servidumbre con la que se comunicaba por notas dejadas en la mesa. Consagrado a realizar experimentos de física y química en su laboratorio particular, demostró experimentalmente la ley que describía el comportamiento del inverso al cuadrado de la distancia para los comportamientos de la fuerza

eléctrica y gravitacional; y aunque la historia ha demostrado que Cavendish fue el primero que realizó trabajos en esta línea, no fueron conocidos durante su vida, porque solo publicó algunos trabajos sin importancia. Cien años después esta verdad salió a la luz cuando en 1879 James Clerk Maxwell dio a conocer en una publicación dichos resultados, desconocidos hasta ese momento para este científico (Silver, 2005). Entre sus trabajos se encontró además de las leyes de interacciones eléctricas y magnéticas, atribuidas por la historia a Coulomb, planteamientos en química del nivel de Lavoisier y su reconocida balanza para el estudio de las fuerzas gravitacionales que le sirvió de soporte para calcular experimentalmente el valor de la masa de la Tierra. *Este es un ejemplo de uno de los pocos trabajos aislados de científicos en la historia de la ciencia, que sin una adecuada interpretación podría contribuir en distorsionar la imagen de ciencia de los estudiantes, cuando se generaliza estos comportamientos y se asume que todos los científicos fueron genios solitarios.*

Charles Augustin de Coulomb publicó sus estudios entre 1785 y 1787, que explicaban el comportamiento de las fuerzas eléctricas en función del inverso al cuadrado de la distancia entre las cargas, similares a los de Cavendish que se conocieron casi un siglo después. Para estos desarrollos Coulomb construyó la balanza de torsión con el objetivo de medir fuerzas muy débiles; consistía en una varilla suspendida y equilibrada horizontalmente de un hilo y tenía dos esferas colocadas en cada extremo. A partir de una posición de equilibrio la varilla tiene la libertad de girar cuando una de sus esferas está cargada y se le acerca otro cuerpo cargado; debido a la fuerza eléctrica que actúa sobre la esfera, la varilla gira hasta que la torsión del hilo equilibre la fuerza ejercida sobre la esfera (Kistner, 1934). Coulomb encontró que el ángulo de rotación era proporcional a la fuerza, estableciendo que la fuerza eléctrica era directamente proporcional al

producto de las cargas y como se mencionó anteriormente inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas (Furio, Guisasola y Zubimendi, 1998).

Hasta este momento los fenómenos eléctricos se habían estudiado a profundidad y los acontecimientos descritos anteriormente representan un recorrido que involucraba netamente los estudios en relación a lo eléctrico. Los experimentos y trabajos que comprendieron la parte magnética se desarrollaron generalmente en otros escenarios, con otros científicos reconocidos que fueron protagonistas de su avance. Aun así, el avance histórico de la ciencia llevó a una construcción que unificaba la electricidad y el magnetismo.

Sobre el magnetismo y su carrera hacia el estatuto epistemológico del electromagnetismo

Existe el mito que el magnetismo fue descubierto por los chinos en 3000 a.c., al encontrar las primeras piedras magnetizadas. Para la cultura occidental el magnetismo tiene sus primeros vestigios en el modelo Vitalista-Animista de Aristóteles (siglo IV a. C.) que mantuvo su vigencia hasta la Edad Media. Para este modelo el magnetismo y los fenómenos magnéticos conocidos eran producidos por una “oculta cualidad magnética”; esta cualidad que poseían los imanes podía propagarse a través del espacio hasta ponerse en contacto con el hierro cercano, transfiriéndole una especie de poder que le confería movimiento propio y lo llevaba a unirse con el imán (Heilbron, 1979).

Este modelo animista, aunque prevaleció por siglos, presentaba deficiencias teóricas para explicar algunos sucesos. Sus limitantes se debían principalmente a que la forma de ser abordado era netamente cualitativa pero con explicaciones poco rigurosas sobre fenómenos asociados a la interacción magnética. En esta dimensión, las falencias de este modelo se caracterizaban

principalmente en que no se identificaba ni se daba razón a la repulsión entre imanes, la polarización magnética no era abordada y la interpretación de las fuerzas gravitacional, eléctrica y magnética aún no tenía un modelo sólido, de tal manera que no se distinguía su forma de actuar en los fenómenos de la naturaleza conocidos hasta el momento.

Las explicaciones y trabajos relacionados con el magnetismo desde las ideas aristotélicas permanecieron sin aportes sustanciales hasta el siglo XIII, cuando Santo Tomás, manteniéndose en una línea aristotélica agregó algunas explicaciones al modelo. Para este filósofo católico, fundador de la escuela tomista de teología y filosofía, la acción magnética estaba mediada por el “área de influencia del imán”, que hacía referencia a la región espacial cercana al imán donde los efectos magnéticos pueden causar el efecto de atracción al hierro, así que, si el metal se encuentra fuera de esta área de interacción magnética del imán no será atraído. También se reconoce a Santo Tomás, proponer una de las primeras explicaciones para aislar los efectos gravitacionales de los magnéticos, aunque de forma meramente cualitativa su intervención apuntaba a describir la caída de los cuerpos a partir de la no necesidad de un “área de influencia”, de tal forma que la caída de un objeto, puede producirse a cualquier distancia de la tierra y no requiere de una región específica de cercanía, algo así como una región de influencia de la Tierra, mientras que la atracción entre el hierro y el imán solo es posible si el hierro se encuentra en el “área de influencia del imán” (Almudí, 2002). *Se evidencia un apartado histórico donde predomina la visión empirista, basada en la mera observación.*

También en este siglo XIII se publica el tratado más antiguo de física del cual se tiene evidencia, que es adjudicado a un soldado del ejército de Carlos I de nombre Pedro de Maricourt, conocido como Peter Peregrinus. En este trabajo, Peregrinus desarrolló algunas construcciones

experimentales con piedras de imán, que lo llevaron a configurar los polos de un imán, caracterizando las reglas de interacción entre ellos, según las cuales polos semejantes se atraen y polos opuestos se repelen; la publicación de su trabajo fue dada a conocer en el manuscrito *Epistola Petri Peregrini de Maricourt ad sygerum de foucaucourt mileton de Magnete* en 1269 (Gribbin, 2005). *Se aprecia aquí la evidencia de comunicaciones científicas entre comunidades nacientes sobre un objeto de estudio común, el magnetismo, además este es un ejemplo que desmitifica una vez más la creencia sobre el hecho que los avances en la ciencia se debieron exclusivamente a genios científicos.*

Epistemológicamente hablando este modelo considerado como una extensión del animista de Aristóteles, aún se caracterizaba por ser sencillamente cualitativo, al adjudicar las propiedades magnéticas a una particularidad inherente de los imanes, sin ahondar en descripciones que involucraran elementos externos a los imanes como agentes asociados al magnetismo. Esto originaba que hasta ese momento se desconociera cualquier modelización cuantitativa sobre el comportamiento del magnetismo o la fuerza magnética. A pesar que aún no se encontraba un marco teórico suficientemente elaborado en relación al magnetismo, los escritos de Peregrini se consideraban como el tratado más completo conocido hasta entonces en la Europa de este siglo, que demarcaba los referentes teóricos del cuerpo de conocimientos de occidente sobre el magnetismo.

El proceso del cambio de pensamiento aristotélico que se empezó a dar en la edad media en distintos ámbitos de la ciencia, tuvo en el magnetismo sus primeros aportes a principios del siglo XVII con los trabajos de William Gilbert, médico personal de la reina Isabel I y su sucesor Jacobo I; a pesar de ser médico, las mayores contribuciones de Gilbert a la ciencia fueron en física, con

detalladas investigaciones sobre magnetismo, gracias a su privilegiada posición económica que le permitió gastarse una gran fortuna en trabajos científicos que abarcaban estudios en física y química. Sus cuidadosos estudios de las interacciones magnéticas fueron publicados en 1600 en un libro titulado *De Magnete Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure* (Sobre el magnetismo, los cuerpos magnéticos y el gran imán que es la Tierra) más conocido como *De Magnete*, que es considerada como la primera gran publicación en el campo de la física realizada en Inglaterra (Silver, 2005). En esta publicación y basado en el escrito de Peter Peregrinus, Gilbert llevó a cabo numerosos experimentos con piedras de imán, que consistían en observar el comportamiento de hilos metálicos alrededor de piedras de imán esféricas, encontrando que este fenómeno era similar al observado por las agujas de una brújula alrededor de la tierra, fenómeno que lo llevó, por primera vez, a plantear la teoría que la tierra se comportaba como una gran imán con los polos norte y sur orientados cerca de los polos geográficos. *Nuevamente aparece aquí un episodio donde se ratifica el hecho que algunos avances en la historia de la física no se debieron exclusivamente a físicos, teniendo en cuenta que la profesión de Gilbert era médico.*

Este comportamiento de la tierra como un gran imán le dio cabida para que Gilbert propusiera adicionalmente al magnetismo y las fuerzas magnéticas como responsables del movimiento de los planetas alrededor del sol. Estas ideas no tuvieron gran acogida y fueron desechadas por completo medio siglo después, cuando Newton explicara estos movimientos a partir de La ley de gravitación universal, teoría que se construyó independiente por completo del magnetismo.

La obra de Gilbert contribuyó a darle un estatus científico más sofisticado al magnetismo, despojándolo de algunas creencias místicas que se le adjudicaban, como propiedades curativas o

que las características magnéticas de un imán podrían activarse o desactivarse al frotarlo con algo. *Se identifican aquí nuevamente escenarios en que se relacionaban eventos de la física con otras formas de conocimientos, que en su momento eran válidos y generaban explicaciones satisfactorias para los seres humanos, al explicar comportamientos o conocimientos del sentido común.*

El aporte de este modelo tiene una importante trascendencia en las formas metodológicas del proceder científico, porque deja de lado la dinámica de análisis cualitativo del pensamiento vitalista-animista para pasar a un nuevo enfoque que detalla los criterios de evidencia empírica. Así, parece ser Gilbert el primero en describir minuciosamente sus procedimientos experimentales, a tal punto que Galileo quien se inspirara en el libro *De Magnete* para desarrollar sus trabajos, lo calificara como el fundador del método científico experimental (Gribbin, 2005). *Aquí se refleja evidencias de la fuerza que tuvo en su momento el método científico, considerado por un largo tiempo como el generador de la actividad científica.*

Como un factor relevante en los aportes del trabajo de Gilbert, relacionados con la configuración conceptual del campo de conocimientos del magnetismo, se distingue la separación de la electricidad del magnetismo, otorgándole a este último un estatus de ciencia. En el surgimiento de este nuevo campo de estudio como ciencia, ya para entonces quedaban sentadas las bases conceptuales de una distinción fenomenológica entre las interacciones eléctricas y magnéticas, ahora a la Tierra se le adjudicaban propiedades magnéticas intrínsecas similares a los imanes que la ubicaban como un gran imán, y que una de esas propiedades (que posteriormente se conocería como “campo magnético”) decrecía con la distancia. Es importante tener en cuenta que este modelo aún no contaba con una caracterización de resultados cuantificable, además de carecer

de una adecuada estructura fenomenológica para identificar, relacionar y describir elementos asociados al magnetismo (Almudí, 2002).

En 1820 Hans Christian Oersted, quien se desempeñaba como profesor en la Universidad de Copenhague, conocía el trabajo adelantado por Volta y construyó su propia pila con la que desarrollaba experimentos con sus alumnos. Los experimentos estudiados para esa época no mostraban que existiera algún tipo de relación entre la electricidad estática y los efectos magnéticos de los imanes, razón por la cual se interesó en estudiar qué sucedía con la electricidad que se movía. Luego de una brillante y accidental idea, que se le ocurrió en el desarrollo de una clase, observó que al conectar un alambre a cada extremo de la pila de Volta y al colocar una aguja de brújula, que usualmente se orientaba en dirección norte sur, cerca del alambre, la aguja se orientó perpendicular al alambre. Asombrado en la soledad de su descubrimiento, porque los estudiantes no entendían lo sucedido (Gamow, 1987), realizó variaciones al montaje colocando aislantes de cartón entre el alambre y la brújula para verificar que el efecto no fuese producido por algún tipo de corriente de aire debida al calentamiento del cable por la circulación de electricidad; igualmente invirtió el sentido de la corriente y encontró que la brújula cambiaba también el sentido del giro ubicándose anti paralela al primer caso. *Este es un importante momento histórico en el que se hace presente uno de los cambios paradigmáticos según Kuhn, si se considera que por primera vez se relacionaba la electricidad con el magnetismo, hasta entonces separados.*

El 21 de julio de 1820 presentó su trabajo a la revista francesa Annales de Chimie et de Physique, que fue publicado a finales de este año, con una gran acogida por parte de los editores, debido a lo detallado de sus explicaciones y la contundencia en sus resultados que relacionaban la electricidad y el magnetismo. La evidencia experimental demostraba ahora la existencia de

“interacciones transversales” entre la corriente eléctrica y la brújula, distinto a la noción de “fuerzas centrales” que se confería hasta entonces para todas las acciones a distancia. Con el trabajo de Oersted en que una corriente podía conseguir el mismo efecto magnético que un imán, surgió lo que él llamó electromagnetismo. *Nuevamente se evidencia aquí la comunicación que ha existido entre comunidades científicas, como eje fundamental del contexto de justificación, donde se validan los resultados de la investigación científica.*

El experimento de Oersted tuvo eco en distintos lugares no solo de Europa sino de Norte América, en ese mismo año William Sturgeon soldado profesional de la artillería real inglesa enrolló alambre en una herradura haciendo pasar corriente por el alambre, creando el primer electroimán. Simultáneamente en Estados Unidos Joseph Henry realiza el mismo experimento, pero con muchas más espiras logrando levantar una tonelada de hierro (Silver, 2005).

Francia también tuvo su protagonismo con trabajos inspirados en el naciente electromagnetismo, con el físico matemático André Marie Ampère, fundador de la electrodinámica y llamado por Maxwell el “Newton de la electricidad”, que amplió el estudio de la acción de una corriente sobre una brújula a la interacción entre las corrientes que circulan por dos alambres. En sus investigaciones encontró que los alambres son atraídos uno al otro si las corrientes circulan paralelas en el mismo sentido o repelidos si las corrientes recorren los alambres paralelos en sentido contrario. Los experimentos de Ampère y sus interpretaciones proponían un modelo fundamentado en la acción a distancia con el cual explicaba la fuerza magnética que aparecía entre los alambres.

Ampère propuso un modelo para describir el comportamiento magnético de los imanes a partir de la existencia de corrientes circulares moleculares que formaban pequeños electroimanes

dentro de los cuerpos magnetizados. Según este modelo, los cuerpos que no se magnetizaban se debía a que los electroimanes de sus moléculas estaban orientados al azar de tal forma que el resultado neto era igual a cero, mientras que en los cuerpos magnetizados los electroimanes moleculares están aproximadamente orientados en la misma dirección produciendo el efecto magnético neto de atracción o repulsión diferente de cero. La proximidad de este modelo con lo que sucede realmente a escala molecular, ha sido confirmada por los estudios recientes de la física del estado sólido. El trabajo de Ampère fue publicado en 1826 en un libro titulado "*Theorie mathématique des phénomènes électrodynamiques uniquement déduit de l'expérience*" (Teoría de los fenómenos electrodinámicos deducida únicamente de la experiencia) considerada por muchos como la mayor obra de física matemáticas desde los Principia de Newton (Holton, 1978). *Este es un ejemplo de la interpretación de los científicos a fenómenos que no eran posibles de observar, y que requirieron de construcciones teóricas puestas a prueba y sometidas a debate en comunicaciones científicas.*

Según Ampère la metodología utilizada en sus investigaciones estaba fundamentada en el método empírico-inductivo que recogía elementos importantes de las reglas inductivas de la filosofía natural propuestas por Newton. Pero la forma en cómo presentaba sus resultados revela que este modelo no era realmente la base metodológica que uso para sacar las conclusiones de sus teorías; de acuerdo con Kragh (1989), Ampère veía el modelo empírico como el ideal, al mismo tiempo que estaba muy bien acreditado debido a la gran reputación alcanzada por los trabajos de Newton. Al parecer Ampère quería hacer creer que seguía rigurosamente este método para asegurar una mayor credibilidad a sus trabajos. Duheim (citado por Kragh, 1989, pag 203) señala que el modelo de trabajo de Ampère no estaba acorde con las conclusiones inductivas que

proponía, además la descripción que presentaba de sus experimentos era poco precisa y falta de detalles, incluso al final de su escrito Ampère reconoce no haber realizado algunos de los experimentos planteados. Según esto, el método usado por Ampère distaba bastante de la manera en como exponía sus resultados. *Se puede apreciar aquí la inherente necesidad de los cuestionamientos al método científico, teniendo en cuenta que no necesariamente fue el método seguido por todos en los avances de la ciencia.*

Sin embargo y pese a los considerables avances que el trabajo de Ampère aportó al electromagnetismo, todavía este campo de conocimientos no se encontraba claro y algunos fenómenos, aunque abordados por Ampère no tenían la suficiente profundidad para establecer modelos y teorías contundentes sobre su comportamiento. En este horizonte el trabajo de Ampère no era concluyente con su explicación sobre la instantaneidad de propagación de la interacción magnética, además la verificación de los experimentos para el caso de corrientes abiertas manifestaba un difícil problema de contrastación y no se tenía claridad de lo que representaba físicamente la intensidad eléctrica (Almudí, 2002), sin olvidar que la ventana hacia la inducción electromagnética, como se llamaría posteriormente, se encontraba todavía cerrada para la ciencia y el mundo de la física.

La llave de esta ventana, sobre la inducción electromagnética, aún no aparecía y solo fue hasta años después cuando el ingenio creativo de los experimentos de Michel Faraday lograra encontrarla para descifrar su cerradura. Faraday nació en Londres el 22 de septiembre de 1791, hijo de un herrero creció en un hogar muy pobre sin posibilidades de recibir una educación formal escolar y menos universitaria, a los 13 años empezó a trabajar como mensajero y posteriormente como operario de encuadernación con George Riebeau, un pequeño librero que tenía un taller cerca

de la casa de Faraday. Su interés por la ciencia se vio enriquecido por el acceso con el que contaba a todos los libros que llevaban a encuadernar, interesándose particularmente por los de divulgación científica como la Enciclopedia Británica (Gamow, 1987).

Su primera incursión en asuntos científicos, fuera de la librería y gracias al patrocinio de su hermano Robert, se debió al hacerse miembro de la City Philisophical Society, una pequeña sociedad de jóvenes autodidactas que se reunían a discutir los descubrimientos científicos recientes. Su pasión por los eventos científicos empezó a mostrar evidencias cuando el mismo empastó y reunió en cuatro volúmenes la recopilación meticulosa de sus primeros experimentos sobre electricidad y las notas de sus debates en la sociedad. Uno de sus clientes impresionado por el notable interés de Faraday en los asuntos científicos le regaló entradas para asistir a las conferencias de química que dictaba Humphry Davy en la Royal Institution (RI) para la primavera de 1812. Al igual que hizo con los debates de la sociedad Faraday, transcribió minuciosamente las conferencias encuadernándolas en un libro, que luego de un acercamiento con Davy en su laboratorio, se las envió con una carta en la que le solicitaba ansiosamente le tuviera en cuenta para algún empleo en la RI. Con la fortuna que a principios de 1813 el ayudante del laboratorio de la RI fue despedido por borracho, Davy ofrece entonces a Faraday el cargo, convirtiéndolo inicialmente en su auxiliar y seis meses después se lo lleva como ayudante científico en un recorrido por Europa durante año y medio. Esta gran experiencia le sirvió a Faraday no solo para conocer científicos de diferentes países y aprender francés e italiano, sino que pasó de ser ayudante a colaborador científico, lo que le sirvió para retornar a su trabajo en la RI, pero ahora como director de mantenimiento y luego del retiro de Davy ocupar su lugar. *Se presenta en este apartado de Faraday un interesante aporte desde la perspectiva social de la ciencia y del contexto en que*

ésta se desarrolló, que abordado más profundamente podría contribuir a ahondar en el quehacer científico y la influencia que en su trabajo tuvo el entorno y el momento histórico.

Cuando tenía 30 años de edad en 1821, sin ser reconocido aún en el ámbito científico, empezó sus primeros trabajos en electricidad y escribió un informe histórico sobre el trabajo de Oersted por solicitud de la revista *Annals of Philosophy*, para este fin tuvo que replicar los experimentos, y a partir de ellos diseñó un experimento para demostrar que un cable por el que circula una corriente tiende a moverse en círculo alrededor de un imán, al igual que un imán se mueve alrededor de un alambre por el que circula una corriente. Fenómeno conocido como “rotaciones electromagnéticas”, este descubrimiento sirvió como fundamento para el motor eléctrico. Luego de esta publicación el nombre de Faraday empezó a tomar posición en Europa, a tal punto que en 1824 fue nombrado miembro de la Royal Society (Gribbin, 2005).

Durante el tiempo restante de esta década, los trabajos de Faraday en electricidad no fueron relevantes, aparte de algunas notas sin importancia y su notable ascenso dentro de la RI, que lo llevó a convertirse en director del laboratorio. Solo fue hasta 1831 que retoma sus trabajos relacionados con electricidad y magnetismo planteando la ley de inducción magnética al crear una corriente eléctrica al hacer variar la intensidad del campo magnético en el interior de una espira de alambre (un imán en movimiento entrando y saliendo de la espira, que dio lugar al principio de una bobina de inducción). Propone, además, que se encuentra el mismo fenómeno si hace circular la corriente sobre una primera bobina lo cual genera un cambio en la corriente de una segunda bobina (que dio lugar al principio del transformador). Estos impresionantes descubrimientos adjudicados al genio y gran habilidad experimental de Faraday, hicieron evidente que podía producirse una corriente eléctrica debido a un cambio de otra corriente o al cambio en la posición

de un imán. *Nuevamente se hace evidente aquí, uno de los cambios de paradigma que trascendieron el desarrollo de la física y que contribuyeron de forma contundente al avance de la ciencia y los desarrollos tecnológicos que han sacudido el mundo, con la generación de magnetismo a partir de electricidad y viceversa.*

De nuevo Joseph Henry, quien ya trabajaba con electroimanes, descubre efectos similares en Estados Unidos, pero al demorarse en publicarlos son atribuidos a la genialidad de Faraday. Posteriormente Faraday propone la idea de campo y fuerzas de interacción a distancia, para él la idea de acción a distancia no era suficiente explicación para describir el comportamiento de los efectos que el magnetismo, la electricidad y la gravedad ocasionaban en diferentes cuerpos. Faraday imaginaba que esta interacción requería que el espacio intermedio estuviese lleno de “algo”, inicialmente propone que debería existir algo similar a tubos de caucho, que se ubican entre dos cargas o entre los polos contrarios de los imanes y tira de ellos para atraerlos; para hacer una analogía propuso que esos tubos deberían ir en la misma dirección en que se ubican los trozos de limadura de hierro alrededor de un imán. Estas primeras aproximaciones de Faraday se consolidarían posteriormente bajo la idea que más que ese “algo” que ejercía fuerza debería existir un agente más complejo, surge entonces la idea de *campo de fuerzas* (Schurmann, 1946; Gamow, 1987). *Se evidencia en este suceso histórico, un ejemplo de construcciones teóricas al margen del método científico, que planteaban estructuras conceptuales que generaron cambios paradigmáticos en la física, al construir modelos contrarios a los que se proponían por la observación.*

La trascendencia de la ideas de Faraday, obedecen a su fundamental aporte de explicar las interacciones desde la teoría de campo, remplazando la noción Newtoniana de acción a distancia.

Comparable con los cambios paradigmáticos cruciales de la física que trajeron consigo la Mecánica Clásica de Newton, la relatividad de Einstein y la Mecánica Cuántica de Heisenberg, de Broglie, Schrödinger, Planck, Dirac y otros (Holton, 1978; Eisberg, 1997). Con este nuevo modelo se proponía además de un cambio científico (Kitcher, 2001), un cambio filosófico profundo sobre la manera de concebir los esquemas explicativos en el que Faraday buscaba comprender los fenómenos eléctrico y magnético en términos de líneas de fuerza, que son producidas por los cuerpos cargados o magnetizados interactuando con el espacio que los rodea, mientras que los teóricos de la época la concebían, en el caso de la electricidad, como fluidos eléctricos que actuaban a la distancia.

Este modelo de campo de Faraday, al igual que las explicaciones de la rotación electromagnética e inducción magnética, no dependía de las teorías existentes y se caracterizaban por ser verificables experimentalmente, lo cual las posicionaba como neutrales respecto a las teorías. Esto sentó como precedente, debido a las evidencias experimentales, que irremediamente todas las teorías existentes estaban obligadas a tomarlas en cuenta estos nuevos modelos explicativos (Chalmers, 1989). *Se evidencia aquí un buen ejemplo de las polémicas necesarias en las construcciones teóricas científicas, las cuales debieron abrirse paso entre posturas tradicionales positivistas, que se arraigaban en el método científico, en el que prevalecía la observación sobre la construcción teórica.*

No obstante los modelos explicativos de Faraday presentaban carencias en relación a la falta de modelización matemática, el desconocimiento de la concepción sobre intensidad de corriente que llevo a Faraday a no tener claridad en la estructura de la electricidad, aunque tampoco se

casaba con la idea de los fluidos eléctricos predominante para la época; además el modelo no aborda explicaciones sobre la fenomenología por la que las fuerzas se propagan (Almudí, 2002).

Faraday soñaba con una teoría que debería unificar la luz, la electricidad y el magnetismo, que tuvo que esperar casi 50 años para que la pudiera ver cumplida, cuando Maxwell lograra transcribir en lenguaje matemático los descubrimientos más importantes del electromagnetismo que habían surgido a principios de este siglo.

James Clerk Maxwell (1831-1879), quien naciera el mismo año que Faraday publicara sus resultados, contaba con una prodigiosa habilidad matemática contrario a Faraday, quizás porque logró acceder a educación formal y posteriormente graduarse de la Universidad de Cambridge. En 1873 presentó su libro *Electricity and Magnetism* en el que formuló en términos matemáticos los planteamientos físicos de Oersted, Amper y Faraday, construyendo los modelos matemáticos que describen la teoría electromagnética.

La unificación electromagnética de Maxwell establece matemáticamente la formalización de las relaciones halladas experimentalmente, para explicar cómo el cambio de los campos magnéticos induce fuerzas electromotrices y por consiguiente corrientes eléctricas. De manera similar matematiza cómo los campos eléctricos y las corrientes eléctricas variables en el tiempo generan campos magnéticos. Estas relaciones matemáticas se establecieron en las llamadas ecuaciones de Maxwell y relacionan el valor del cambio del campo magnético con la distribución espacial del campo eléctrico y viceversa. A través de estas ecuaciones también se logró construir el modelo que describe cómo los campos electromagnéticos oscilantes en el tiempo se pueden propagar en forma de ondas que transportan energía, las mismas que poco tiempo después se lograría, luego de la teoría corpuscular y ondulatoria, asociar con la luz y demás ondas

electromagnéticas, constituyéndose en uno de los fenómenos físicos que dieron origen al surgimiento de la Mecánica Cuántica. *Es importante verificar que este apartado histórico, muestra cómo a pesar de la trascendencia e imponencia del trabajo de Maxwell, éste no puede ser visto como el trabajo de un solo genio, porque se debe tener en cuenta que su trabajo se basó en la organización matemática de las contribuciones realizadas por los grandes aportes de Oersted, Amper, Faraday y otros.*

Enseñanza de las ciencias en el contexto CTS

Como se planteó en secciones anteriores, la búsqueda de una enseñanza de las ciencias contextualizada desde lo histórico, hace necesario recurrir a los elementos externalistas de la historia, que hacen referencia a esa historia social, la misma que se nutre de elementos de los contextos científicos, tecnológicos y sociales, esto considerando que si se quiere mirar la historia a partir de los aportes de su desarrollo para con la sociedad no es posible dejar de lado o sencillamente tratar de aislar alguno de estos tres entornos, porque todos y cada uno de ellos son necesarios y han influenciado de distintas maneras el avance de la historia de las ciencias y por consiguiente el avance de la física. A continuación, se presenta un desarrollo que busca mostrar una mirada sobre cómo se ha concebido la construcción de las relaciones CTS hacia el contexto de la enseñanza de las ciencias.

Enseñanza de las ciencias y alfabetización científica

Una de las primeras definiciones que se dio a la alfabetización científica fue elaborada por Hurd (1958) como un objetivo para la enseñanza de las ciencias. En este modelo se buscaba que los estudiantes estuvieran en la capacidad de vivir al ritmo de los avances científicos, que por la época apuntaban las carreras espaciales, armamentistas y los desarrollos en investigación que se

cocinaban al fuego de la guerra fría. Pero es a finales de la década de los noventa, cuando su importancia ha tomado un papel protagonista en los diferentes ámbitos de enseñanza de las ciencias donde han intervenido investigadores, diseñadores de currículos y profesores de ciencias, que buscan en la mayoría de los casos convertir la educación científica como parte de una educación general (Vilches, Gil y Solbes, 2001).

En el propósito de tratar de definir este enfoque de enseñanza de las ciencias, la alfabetización científica puede ser interpretada como una capacidad de saber leer los desarrollos científicos y tecnológicos para entender el mundo que nos rodea, de tal forma que la gran mayoría de la población disponga de los conocimientos científicos y tecnológicos necesarios para desenvolverse en la vida diaria y ser capaces de participar en el proceso democrático de toma de decisiones para la búsqueda de solución a los diferentes problemas de la sociedad, relacionados con la ciencia y la tecnología, considerando así la ciencia como parte de la cultura actual (Fourez, 1997; Furió y Vilches, 1997; Santos, 2003). Aquí, cabría pensar ¿Qué tanto de alfabetizar científicamente, se podría llamar a traer el contexto de la ciencia al contexto del común de los estudiantes?

Es importante tener en cuenta, que la alfabetización científica se manifiesta como un enfoque que proyecta la enseñanza de las ciencias más allá de un reduccionismo conceptual, en el que se busca no solamente tratar de llegar a una gran público masivo, sino que, su pretensión principal es servir como agente mediador desde el ámbito escolar y académico para que los estudiantes se posicionen frente a la sociedad y las implicaciones de los desarrollos científicos y tecnológicos. A través, de un aprendizaje enmarcado en la motivación por la aventura científica; así, el propósito no es asimilar conocimientos elaborados y acabados, sino ver la ciencia como una construcción

permanente, desarrollada en unos contextos históricos y sociales determinados, que a su vez genera unas repercusiones para con la sociedad. De tal manera, que como lo plantea Fourez (1997) pueda ser posible acceder a una alfabetización científico-técnica en que ya no se trata de dividir lo tecnológico de lo científico puesto que entre ellos se presenta una fuerte relación de coexistencia con un mutualismo funcional y conceptual que prevalece sobre las posturas individuales de aislarlas.

Es importante mencionar en este punto, que la alfabetización científica surgió en medio de los debates existentes sobre la neutralidad de las ciencias en los desarrollos nucleares y tecnológicos de mediados del siglo anterior, que posicionaban a la ciencia dentro de unos ámbitos de influencia social. Esta emergencia cultural requirió de personas con actitudes críticas y valorativas hacia la ciencia y las responsabilidades que ésta tenía con la humanidad. Se hacía evidente, que el papel de la ciencia debía dejar de ser neutral y su influencia en el desarrollo social y tecnológico debería ser no solamente tenido en cuenta sino comprendido y valorado por el común de las personas. En este proceso de culturización científica, denominado como alfabetización científica, se encuentra que uno de los principales problemas para su apropiación por parte del común de los ciudadanos, radica en la complejidad para el acceso al vocabulario científico altamente conceptual (Caamaño y Vilches, 2001; Marco-Stiefel, 2002), lo que origina una primera barrera cuando se pretende un acercamiento de temas científicamente elaborados en ambientes comunes de divulgación.

En la intención de una construcción de la definición de alfabetización científica, se encuentran autores como Shen (1975), quien la propone desde una división de tres facetas de acuerdo a orientaciones como alfabetización científica práctica, cívica y cultural. La alfabetización

científica práctica, busca que los conocimientos puedan ser utilizados en la vida cotidiana, con el objetivo de mejorar nuestro entorno con un sentido más situado de apropiación de los conocimientos; la alfabetización científica cívica, hace referencia a las herramientas que son adquiridas por las personas para intervenir socialmente, a partir de la apropiación de criterios científicos en las decisiones políticas; y por último la alfabetización científica cultural, es aquella donde se percibe la ciencia como una construcción cultural del hombre que busca interpretar la naturaleza de la ciencia, a partir de conceptualizaciones científicas e implementaciones de la tecnología, que pueden tener una incidencia en la configuración social.

En otra mirada, se encuentra la postura de Hodson (1992; 2003), quien propone que para la alfabetización en ciencias existen tres elementos diferentes pero que no son posibles de separar, así, una cosa es aprender ciencias (definido como la adquisición de conocimientos conceptuales y teóricos), otra es aprender acerca de las ciencias (que está relacionado con la comprensión de la naturaleza de la ciencia, sus métodos y sus complejas interacciones con la sociedad) y otro elemento diferente es hacer ciencia (que envuelve las actividades de investigación científica, como aquellas necesarias en la adquisición de herramientas para la solución de problemas). Es decir, que para tener un enfoque de la enseñanza de las ciencias en el contexto de las interacciones CTS, se hace necesaria una alfabetización científica en la cual intervengan estos tres elementos.

Un autor más reciente, Kemp (2002), realiza también una interpretación de la alfabetización científica desde tres elementos: elemento conceptual, que relaciona la comprensión de los conceptos de la ciencia y su relación con la sociedad; elemento procedimental, en el que se tienen en cuenta los procesos y se hace uso de la información científica en la solución de problemas de

la vida diaria y el elemento afectivo, con el que se busca crear una afinidad desde lo axiológico para motivar a las personas hacia un aprecio e interés por la ciencia.

En esta corriente, el marco de la alfabetización científica se ha propuesto desde instituciones como el Centro Internacional Para el Avance de la Alfabetización Científica, creado por la Academia de Ciencias de Chicago en 1991, hasta propuestas que contemplan estrategias para la enseñanza de las ciencias, cada una de ellas con un mismo objetivo de aumentar los niveles de alfabetización en los estudiantes y su entorno, a partir de las pretensiones de hacer crecer el entusiasmo de los estudiantes por la ciencia y que éste pueda ser mantenido inclusive cuando sean adultos, mostrando la relevancia de la ciencia en una sociedad tecnológica. Propone, además, fortalecer los vínculos entre profesores y las industrias e instituciones científicas, con miras de favorecer en los profesores una concepción de ciencia centrada no solo en su papel en el aula, sino en su rol dentro de la sociedad, en busca de sacar la ciencia del aula para ampliar la divulgación científica informal.

De esta manera, en las investigaciones en didáctica de las ciencias se busca promover al fortalecimiento de una ciudadanía científicamente culta. En busca de esta cultura científica y dentro de la particular necesidad de alfabetización, se encuentran dos crecientes corrientes en el ámbito de la enseñanza de las ciencias, la alfabetización científica y las relaciones ciencia tecnología y sociedad CTS, las cuales han dado origen a propuestas curriculares que pretenden abrir espacios de divulgación sobre la ciencia desde los currículos escolares y universitarios.

Es así, como surgen proyectos para diseñar enfoques curriculares de la alfabetización científica, algunos como proyectos alternativos a los convencionales, con el objetivo de aproximar la ciencia a problemas reales humanos, sociales, éticos, que presenten miradas alternas de la

ciencia, lejos de su rol cuadriculado y tipificado de ciencia pura y erudita de unos pocos, para ser llevada a una visión actualizada de los nuevos conocimientos científicos.

Solomon (1999), por ejemplo, propone algunos elementos que podrían contribuir hacia propuestas con enfoques curriculares orientados a una culturización científica en los que se deben tener en cuenta aspectos como: introducir elementos de la historia de las ciencias en la enseñanza, generar discusiones que involucren temas sobre democracia y los riesgos personales de la ciencia, hacer relevancia del contexto humano en la enseñanza de las ciencias y establecer relaciones entre las ciencias y los aspectos sociales y éticos, que permitan familiarizar a los alumnos con la ciencia y los conceptos científicos más allá de la memorización de definiciones, algo así como una ciencia en contexto y para el contexto.

En estas propuestas curriculares, se resalta además como la alfabetización científica requiere un cambio en las metodologías de enseñanza hacia formas más inductivas, con aprendizaje en contexto, donde prime la actualidad científica. De acuerdo a esto, una forma de involucrar la alfabetización científica en los ámbitos educativos es, por un lado, dando un mayor espacio a la historia de las ciencias, estudiando los entornos históricos que dieron lugar a la ciencia y las perspectivas históricas en la presentación de los temas, con lo cual se pretende dar importancia a los aspectos sociales, humanos y demás detalles históricos e inéditos que permitan tener un acercamiento a la ciencia de formas menos rígidas y con un mayor sentido humano. Por otro lado, los currículos además deben trabajar temas de actualidad científica que permitan generar debates desde lo social y lo tecnológico, con los cuales se incentive la significancia y el atractivo de la ciencia para los estudiantes (Marco-Stiefel, 2002).

El movimiento CTS

A mediados del siglo XX se plantea la necesidad de un cambio en la concepción de la enseñanza de la ciencia pura, hacia un proyecto que involucraba las ciencias y sus implicaciones tecnológicas y sociales denominadas como relaciones CTS. El movimiento CTS, nace en Norteamérica en los años 60s cuando se develaba la existencia de dos culturas, la científica y la humanista, dentro de una crisis por tratar de dar sentido a los desarrollos científicos y su incursión en la sociedad. De acuerdo con Membiela (2002, pp. 91), este movimiento fue el producto de la crisis generada por las críticas de diferentes influyentes en el campo intelectual como “*C. P. Snow, que planteaba la situación como dos culturas emergentes la científica y la humanista; Dennis Meadows, hacía alusión a los límites del crecimiento; Lewis Mumford, discutía sobre las consecuencias sociales de la tecnología; Rachel Carson, hacía relevancia a la creciente problemática ambiental; y Schumacher e Illich, planteaban el impacto de la tecnología en la sociedad*”. De acuerdo con Membiela, fueron estos críticos puntos de vista, entre otras cosas, los que contribuyeron e influyeron de forma determinante en el surgimiento de estos nuevos movimientos como el CTS, orientados a generar cambios sobre cómo la sociedad concibe la ciencia y cómo la ciencia debe concebir la sociedad.

El surgimiento del movimiento CTS se da a partir de la interrelación de tres sistemas: Técnico-Científico, Socio-Científico y Socio-Tecnológico, los cuales se manifiestan como un sistema dinámico en el que sus relaciones de correspondencia develan las implicaciones que cada uno de los factores tiene en los otros dos. Los cuales son abordados, no solo desde la investigación en enseñanza de las ciencias, sino desde ambientes de influencia política, cultural y ambiental a nivel de las naciones y mundo. Si se analizan las interacciones de estos tres sistemas, es notorio encontrar las diversas dinámicas de vínculo que se dan entre ellas y como estas conducen a

conformar un mayor andamiaje de interacción en el que actúan conjuntamente las tres: ciencia, tecnología y sociedad.

De primera mano, la relación entre la ciencia y la tecnología, denominada también como sistema Técnico-Científico (CT), se debe ver como una relación orgánica en la que prevalece la dependencia mutua, aquí, se tiene en cuenta que la esencia de la tecnología no es la dimensión ontológica y la dimensión pragmática no es la esencia de la ciencia. Para entender como se ha consolidado y funcionado esta relación entre ciencia y tecnología a través de la historia, es necesario identificar a que se denomina como ciencia moderna y ciencia posmoderna. Así, la ciencia moderna se reconoce como la que emerge del renacimiento, en la cual se pasa de una ciencia donde la mayoría de los científicos del siglo XVI eran técnicos, a una concepción científica más elaborada, caracterizada por la matematización, la interacción experimental y la invención tecnológica proveniente de reconocidos científicos como Copérnico, Galileo, Bacon y Descartes, entre otros. La ciencia actual o tecno-ciencia es reconocida como la ciencia posmoderna, la cual se ha venido reconstruyendo desde el renacimiento hasta tomar fuerza en el siglo anterior, con los desarrollos científicos y tecnológicos utilizados en las guerras mundiales, en los que la ciencia y la tecnología no son abordadas como entidades separadas, sino como un sistema cognitivo para la producción de nuevos conocimientos. Así, la ciencia actual se concibe como un modo de acción que debe ser integrado por la ciencia y la tecnología bajo una simbiosis que permea la vida diaria, reconstruyendo y modificando las interpretaciones del mundo y la forma en que el hombre se integra dentro de él, al influenciar culturalmente las formas de pensar y de comportarse (Santos, 2002; Aikenhead, 2003).

De esta manera, la ciencia y la tecnología son interdependientes, debido a que los avances de una se transforman en avances de la otra, a través de recursos mutuos o instrumentos usados entre ellas, que las convierte en condición y consecuencia una de la otra, de tal manera que ambas recuren a procesos y conocimientos existentes, para avanzar o refutar, evocando una interdisciplinaria que requiere de equipos humanos donde intervienen técnicos y científicos, encontrándose concretamente que en la ciencia estratégica se ha privilegiado el aspecto operativo, lo que la ha acercado a la tecnología (Santos, 2002; Esteban, 2003).

Las relaciones entre ciencia y sociedad que dan origen al sistema Socio-Científicos (CS), representa las relaciones existentes entre las estructuras lógicas del conocimiento científico y el contexto de la sociedad, en el que los impactos éticos, filosóficos, culturales, políticos, económicos y educativos de los desarrollos científicos, son tan amplios y diversos que no es posible pasarlos por alto sin tener en cuenta las interacciones actuales de la ciencia en la sociedad y viceversa.

Desde esta perspectiva la ciencia moderna y la posmoderna juegan unos roles diferentes en su concepción. La ciencia moderna de acuerdo con Santos (2003), privilegia la idea de la ciencia pura en la cual su horizonte está delimitado exclusivamente por la búsqueda de la verdad a través de unos métodos y razones propias, sin tener en cuenta el papel del contexto social. Se diferencian claramente dos contextos académicos, el de la producción de conocimiento y el de aplicación, entendiéndose este último como aquel en donde los conocimientos son utilizados de diversas maneras. En la ciencia posmoderna se percibe el trabajo de los científicos en un contexto más social, saliendo del encajamiento del contexto disciplinar. Esta nueva forma de ver la ciencia se caracteriza por la transdisciplinaria, que tiene en cuenta el saber práctico y el sentido común en el que la ciencia opera, evidenciándose además las relaciones culturales, éticas y sociales

presentes (Gibbons et al., 1994; Santos, 2003), lo cual se enmarca también de acuerdo Hennessy (1993) y Young (1994), como las relaciones e implicaciones de los ámbitos donde la ciencia se desenvuelve, en el marco de las tendencias curriculares de la cognición situada.

Finalmente es interesante analizar que de acuerdo con Santos (2002), las relaciones de interdependencia entre la ciencia y la sociedad presentarían una mayor claridad si en la enseñanza de las ciencias se buscara mejorar o consolidar de una mejor manera aspectos trascendentales como la comprensión pública de la ciencia, las implicaciones entre acciones prácticas con la toma de decisiones, el situar el conocimiento científico en las prácticas cotidianas, la comprensión de la ciencia como empresa social, el promover una aproximación cultural de la ciencia y diferenciar entre ciencia, pseudociencia y no ciencia.

En el tercer sistema, de interacción de las relaciones entre tecnología y sociedad, denominadas como el sistema Socio-Tecnológico (ST), la técnica deja de ser neutral y se deben tomar en cuenta los lazos sociales que unen la tecnología con la sociedad, y aunque la técnica tenga un lazo de interacción con la ciencia, es más fuerte su lazo con la sociedad, debido a que su intervención modifica directamente los comportamientos sociales (donde se hacen ahora relevantes los momentos históricos), los conceptos intelectuales y el contexto cultural en los que se hace uso de la tecnología. Para estas interacciones es importante ver también que las decisiones tecnológicas no solo dependen de los criterios y conocimientos científicos, sino de otros tipos de conocimientos de importancia social y de las maneras cómo la técnica se sumerge en la sociedad. Por lo tanto, como lo plantea Lévy (1992), citado por Santos (2002), la crítica de la técnica no puede ser reservada a los técnicos, si se considera que la naturaleza de las interrelaciones existentes

de la técnica está caracterizada por tener influencia de factores humanos, sociales, culturales físicos y biológicos que participan de ella.

Como resultado a esta serie de interacciones, en los respectivos sistemas descritos, Técnico-Científico, Socio-Científico y Socio-Tecnológico, surge un sistema más complejo en el que ahora se articulan las tres para conformar el denominado sistema CTS, que define las relaciones epistemológicas, axiológicas y pragmáticas que se presentan entre estos tres factores, los cuales están inmersos en una simbiosis de causas y efectos de unos sobre otros.

El movimiento CTS en la enseñanza de las ciencias muestra que el medio socio cultural juega un papel fundamental en los cambios de comportamientos de la ciencia y la tecnología, los cuales a su vez trascienden a cambios sociales que no pueden estar lejos de los currículos. En esta mirada, la alfabetización científica y tecnológica se piensa desde el convencimiento del estudiante como un ciudadano que tiene derecho a instruirse para interpretar y tomar partida de las incursiones intelectuales que la ciencia y la tecnología puedan tener para con sus vidas (Solbes, Vilches y Gil, 2002).

Relaciones CTS en el contexto de la enseñanza de las ciencias

El papel de las relaciones CTS en la enseñanza de las ciencias, se ha convertido en un aporte fundamental para la amenización de la imagen de las ciencias para los estudiantes, debido a la gran apatía que estos presentan ante el aprendizaje de las ciencias (Pozo y Gómez, 1998). Así, dentro de las finalidades de las relaciones CTS en la enseñanza de las ciencias, se busca tener ciudadanos científica y tecnológicamente alfabetizados, capaces de tomar decisiones y acciones responsables para con la sociedad o como es definido por algunas otras corrientes, alcanzar el pensamiento crítico y la independencia intelectual (Rubba y Wiesenmayer, 1988). Sin embargo, es importante

resaltar que a pesar de la gran cantidad de trabajos que se encuentran sobre las interacciones CTS e incluso su ampliación CTSA (que agrega el factor ambiental), se muestra con preocupación que aunque se han promovido investigaciones en esta línea, se pone de manifiesto que las interacciones CTSA tienen una baja incursión en la enseñanza secundaria y mucho menos en la superior (Vilches, Gil y Solbes, 2001).

Se plantea la necesidad de un cambio de concepción sobre la enseñanza de la ciencia pura, a una concepción que discuta las problemáticas científicas desde el enfoque CTS y su relación con los diferentes contextos profesionales. El requerimiento de estos cambios en la educación científica, debe estar dirigido a la incorporación del enfoque CTS en los contextos profesionales, que generalmente se hace con una visión desproblematizada de los conocimientos científicos, olvidando aspectos históricos, sociales, éticos, etc., como se discutió en el capítulo uno. De acuerdo a esta urgencia, en los cambios curriculares se encuentra que uno de los principales problemas sobre los materiales curriculares en CTS es su notoria escasez, debido principalmente a la falta de tiempo y disposición de los profesores para su diseño (Membiela, 2002). Adicional a esta problemática y en relación a los materiales de apoyo para los docentes, se evidencia como en los libros de texto los temas asociados con CTS solo se presentan al final del capítulo o en los apéndices con algunas intervenciones sobre actualidad científica, pero los contenidos siguen presentándose de forma descontextualizada en tanto a las relaciones CTS.

Sobre las causas de estas distancias entre los diseños curriculares y la actividad en el aula, se encuentra que gran parte de ellas, están originadas por la influencia de las concepciones de los profesores en sus procesos formativos y de implementación curricular. Aspecto que puede ser tan relevante como las concepciones de los estudiantes (Cronin-Jones, 1991), considerando que estas

concepciones están influenciadas por el contexto en que fue formado el profesor desde el colegio hasta la universidad, el cual se pudo desarrollar con una visión sobre la naturaleza de las ciencias, generalmente deformada.

Adicionalmente, dentro de la construcción de esta educación científica, se requiere incluir en el currículo objetivos, contenidos conceptuales, contenidos procedimentales y contenidos axiológicos, para que los estudiantes puedan desenvolverse en un mundo científico con una mejor comprensión de la actividad científica y tecnológica, que les permita enfrentarse de mejor manera a los problemas de la vida cotidiana (Vilches, Gil y Solbes, 2001). Esto quiere decir, que de acuerdo a lo que las investigaciones están mostrando, para una comprensión significativa de los conceptos, se debe replantear el actual reduccionismo conceptual en la enseñanza, con miras a buscar un nuevo planteamiento de la enseñanza de las ciencias como una actividad orientada desde la investigación científica con la integración de aspectos conceptuales, procedimentales y axiológicos del contexto.

Formación de profesores y cambio didáctico

La línea de investigación en formación de profesores ha surgido a partir de las necesidades formativas de los profesores y la búsqueda de nuevos enfoques y modelos de enseñanza que favorezcan el aprendizaje de las ciencias (Martínez, 2009; Mosquera, 2011), los cuales se han visto abocados a requerir de escenarios de enseñanza y aprendizaje más acordes con las dinámicas actuales tanto de la didáctica de las ciencias como de las nuevas formas de percepción y visibilización que del mundo tienen los estudiantes y la sociedad. En esta mirada, es pertinente que los profesores no solamente participen como consumidores de las investigaciones, sino que se requiere que ellos sean partícipes en la producción de las mismas aportando desde sus experiencias

profesionales y sus espacios de trabajo como campos de investigaciones, que pueden estar orientadas en colectivos docentes o redes interinstitucionales de formación docente. De acuerdo con Furió Más (1994), estos programas concebidos en la experimentación de la clase podrían tener como resultado aportes al análisis y la reflexión que contribuyen al conocimiento didáctico y a su desarrollo profesional.

Sobre este campo, las investigaciones más relevantes en el ámbito anglosajón hasta la década de los 90s, alrededor de la formación de profesores de ciencias, mostraban múltiples perspectivas como: psicológica, sociocultural (sociología y antropología), filosófica y la relacionada con el saber disciplinar denominada ciencias naturales. Las cuales se caracterizaban por hacer evidente la falta de consensos en las perspectivas teóricas en la formación de profesores según el *Handbook of Research on Teaching Education* (Houston, 1990). Anterior a estas investigaciones y de acuerdo con el *Handbook of Research on Teaching* (Wittrock, 1986), se abordaban temas afines con la formación de profesores en cuatro ámbitos: la educación de profesores, la enseñanza de estudiantes, los currículos de enseñanza y la aparición del concepto de profesor investigador como factor relevante.

En relación a la emergencia de este campo, de acuerdo con Gabel (1994), emanaron seis dominios principales para la caracterización de la formación del profesorado de ciencias desde principios de siglo hasta la década del 90, que pueden ser descritos como: 1) Establecimiento del modelo de pregrado: el cual fue modificado a través de los años e interpretado en diferentes contextos, aunque básicamente su estructura era la misma, fundamentada en tres estándares, la educación general, la preparación disciplinar y la formación profesional. 2) Inadecuada formación disciplinar: en la que se encontraba que las críticas a los profesores de ciencias, particularmente

en formación elemental, se debían a la escasez de conocimientos en ciencias, esencialmente en física y ciencias de la tierra, lo que daba muestra de una inadecuada comprensión de la naturaleza de las ciencias. 3) Preparación de la educación al azar: la educación de los profesores de ciencias fue citada por muchos años como casual, al azar, esta educación profesional se caracterizaba por un lado como irrelevante, carente de marco teórico y carente de atención para planear y desarrollarse; por otro lado, los programas de pregrado se caracterizaban por una gran discrepancia entre la investigación basada en la práctica y la real practica de enseñanza, de esta manera la formación de pregrado de profesores de ciencias se caracterizaba en esta época como poco congruente con las practicas escolares. 4) Dependencia del laboratorio: se describe como desde el 1969 con Ramsey y Howe se empieza a hablar de la importancia de los laboratorios en la enseñanza y además se investiga cómo los profesores incorporan las prácticas de laboratorio en el aula al igual de cómo las aprenden ellos. 5) La importancia de cuestionarse: desde inicios de los 90s se habla de la importancia de generar interrogantes en la enseñanza como medio para comprender la naturaleza de la ciencia, empiezan a surgir las estrategias de instrucción asociadas con la enseñanza por indagación. 6) Valor de la tecnología en educación: relacionada con el surgimiento de la educación tecnológica de profesores con la incursión de la computación como herramienta complementaria de la enseñanza, como por ejemplo la introducción de minicomputadores, equipos de laboratorio, sistemas de adquisición de datos y demás elementos de incursión tecnológica del aula.

En este mismo Handbook de Gabel, se discute el hallazgo de investigaciones sobre la instrucción en programas de pregrado para la formación de profesores de ciencias, que se caracterizaban por la naturaleza de sus investigaciones en dos categorías: una enfocada a los

cambios en los profesores de ciencias, encontrándose que los esfuerzos en estas investigaciones podrían ser categorizados en cambio de actitudes, cambio en los procesos de habilidades (para desarrollar en los estudiantes mejores procesos de aprendizaje y potenciar sus habilidades) y cambio en la enseñanza de comportamientos. De otro lado, en la segunda categoría, dirigida a investigaciones más significativas en la formación de profesores en ciencias, se abordaban trabajos en el tratamiento de problemáticas relacionadas con los conocimientos que se desarrollaban en la formación, los cuales parecían estar alejados de las prácticas de los profesores, encontrándose que la mayoría de la literatura sobre educación eran críticas hechas por profesores, además, lo que se conocía acerca de los profesores era parcial y distorsionado.

Ya para esta década, se manifestaban como investigaciones emergentes sobre la enseñanza de las ciencias y los profesores de ciencias, algunas líneas que demarcaban los derroteros particularmente en la educación posgradual. Así, por ejemplo, se trataba el desarrollo individual del profesor motivado por intereses personales, el desarrollo de los profesores en el contexto escolar que se suponía motivado por el entorno y potenciador de los crecimientos individuales, y finalmente el desarrollo del profesor como ayuda para el cambio curricular. Adicionalmente, aparecían las creencias de los profesores y el conocimiento profesional del profesor como elementos importantes para las investigaciones y configuración de los programas de formación inicial y continuada de profesores.

Como otras alternativas, en las perspectivas teóricas que para los 90s emergían en el ámbito de didáctica de las ciencias, es importante reconocer las propuestas de Feiman-Nemser (1990) que exponían cinco orientaciones conceptuales para la formación de profesores: 1) La orientación académica relacionada con el desarrollo de habilidades y conocimientos propios de la disciplina,

particularmente vista desde la perspectiva de Shulman (1986) sobre el Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK); 2) La orientación práctica que centra su objetivo en la experiencia de clase como fuente de aprendizaje para los profesores; 3) La orientación tecnológica que busca que los profesores puedan llevar a cabo sus tareas de forma eficiente y con un alto rendimiento; 4) La orientación personal que pretende la preparación de los profesores en su aprendizaje para enseñar; y 5) La orientación crítico social que aborda la preparación de los docentes como agentes de cambio social.

Sobre las creencias de los profesores aparecen fundamentos teóricos como el de Koballa (1992), quien plantea que los profesores tienen diferentes concepciones acerca de las creencias, que se pueden agrupar bajo algunos elementos comunes dentro de las definiciones de creencia así: relación entre creencia y conocimiento, la idea que las creencias son adquiridas a través de la comunicación, el concepto que las creencias son un sistema en acción y un continuo que refleja un rango de creencias de los hechos a la evaluación. De otro lado, de acuerdo con Tobin et al (1994) toda creencia tiene un componente social a través de una interpretación personal. Otros autores hacen una distinción entre creencias ordinarias y creencias de la visión del mundo. Se reconocen también investigaciones sobre el uso de metáforas y como éstas pueden tener relación con las creencias, se encuentra que los profesores utilizan constantemente metáforas como mecanismo de ejemplificación y de esta manera un conjunto de creencias es asociada con unos roles y metáforas específicas, las metáforas ayudan al profesor a recontextualizar los roles de la enseñanza. Las investigaciones sugieren que la metáfora es una poderosa herramienta cognitiva para categorizar experiencias y organizar acciones, teniendo la claridad que las metáforas sirven para ejemplificar, pero no permiten generalizar ya que tienen sus limitaciones de aplicación en relación al contexto.

Se encuentran estudios que abordan las relaciones entre las creencias del profesor acerca de la naturaleza de la ciencia, los cuales reflejan la construcción de una imagen personal de la ciencia (Gallager, 1991), así como creencias sobre CTS, autoeficacia, reforma educativa, etc. A manera de conclusión, se puede decir que las creencias de los profesores son ingredientes críticos dentro de los factores que determinan lo que sucede al interior del aula; de esta manera, estas creencias deben tener un lugar importante cuando se trata de generar estudios o investigaciones que pretendan generar cambios didácticos en las clases de ciencias.

En relación al conocimiento profesional del profesor se debe tener en cuenta la diferenciación entre conocimiento pedagógico del contenido PCK y conocimiento disciplinar de contenido DCK. El conocimiento disciplinar solo hace relación al conocimiento de la asignatura como ciencia, mientras que el conocimiento pedagógico hace referencia al conocimiento disciplinar y cómo debe ser enseñado el mismo, así de acuerdo con Shulman (1992), el conocimiento de los profesores de ciencias es organizado desde la perspectiva de la enseñanza, mientras que el conocimiento de los científicos es organizado desde la perspectiva de la investigación. Las investigaciones muestran una clara distinción entre estos dos tipos de conocimiento PCK-DCK. Investigaciones como la de Tamir (1988), describe que el marco para el conocimiento del profesor debe estar delimitado por seis categorías: educación liberal general, rendimiento personal, disciplinar, pedagogía general, pedagogía específica de la disciplina y los fundamentos de la profesión de enseñar.

Tobin & Garnett (1988), desarrollaron una investigación relacionada con la influencia que genera en los procesos de enseñanza que el profesor tenga conocimiento del PCK, es decir que involucre conocimientos pedagógicos en el aula y no solamente conozca la disciplina. De esta

manera, toma relevancia la importancia de la formación pedagógica para los profesores en formación. De acuerdo con Mason (1988), se debe enseñar a los profesores como llevar a cabo la pedagogía al aula. Por otro lado, sobre la relación entre PCK y el aprendizaje, se encuentran estudios que ponen de manifiesto cómo el conocimiento de los profesores es fundamental e influencia el modo de aprendizaje de los estudiantes (Magnusson, et al, 1992).

Se puede decir entonces, que los conocimientos de la disciplina y los pedagógicos influyen notablemente en la formación de los profesores y colateralmente en la naturaleza del currículo y en la calidad de la enseñanza. Tobin et al (1994), proponían que futuras investigaciones debían considerar cómo el conocimiento y las creencias de los profesores influyen en la visión de ciencia que los estudiantes adquieren, las investigaciones además deberían tener en cuenta los contextos de enseñanza, el currículo y las complejas relaciones que se dan entre el profesor y los estudiantes, lo cual puede ser reducido de acuerdo a como lo proponía Shulman (1992), *“la manera en como los profesores aprenden influencia la forma en cómo ellos enseñan”*.

Posterior a estas perspectivas, marcadas por la investigación en didáctica de las ciencias que se dibujaban en el ámbito académico de inicios de la década de los 90, se encuentra evidencia de campos de investigación dentro de la línea de formación de profesores que fueron y son actualmente foco de atención como referencia teórica y metodológica en trabajos de investigación; es así, como en los dos Handbook de Fraser y Tobin (1998) y su segunda versión Fraser, Tobin y McRobbie (2012), se abordan aspectos relacionados con investigaciones en formación de profesores en los capítulos Teacher Education y Teacher Education and Professional Development respectivamente. En ellos se encuentran secciones importantes relacionadas con: teacher development in science education, professional development of science education, teacher

educator and the practice of science teacher, science teacher learning, teacher learning and professional development in science education, developing science teacher educators' pedagogy of teacher education, professional knowledge of science teachers. Estas secciones presentan una mirada a los campos involucrados en la formación de profesores, tanto de finales de los 90 como recientes.

En el Handbook didáctica de las ciencias experimentales de Perales y Cañal (2000), se discuten algunos capítulos sobre la formación de profesores específicamente en didáctica de las ciencias experimentales, en los cuales se abordan temáticas referentes a las concepciones científicas y didácticas de los profesores (aquí se reconocen tres enfoques: científicista, interpretativo y crítico). De igual manera, se discuten los resultados de algunas investigaciones desarrolladas entre 1986 y 1993 que buscaban mostrar el panorama del conocimiento profesional del profesor en relación con la imagen de ciencia, los modelos didácticos, las teorías del aprendizaje y los enfoques curriculares. También se realiza una aproximación a la epistemología de los profesores desde una caracterización del contexto escolar, en los cuales se construye unas categorías sobre el conocimiento escolar a través de lo que denominan epistemología escolar, dividida en: conocimiento escolar como producto formal, conocimiento escolar como proceso técnico, conocimiento escolar como proceso espontáneo y conocimiento escolar como proceso complejo. En este Handbook, también se hace una revisión de la formación inicial del profesorado de ciencias y la formación del profesorado en ejercicio, dentro de estos horizontes se hace una reflexión de los conocimientos profesionales necesarios para aprender a enseñar ciencias, la formación inicial de maestros de educación primaria y secundaria, entre otros.

Como un elemento necesario, para la realización de programas de formación continuada de profesores que ambicionen propuestas de cambio didáctico, se debe tener en cuenta la epistemología personal docente, como el catalizador entre el programa y los conocimientos y costumbres que posee el profesor. La epistemología personal docente, permite identificar y entender la manera como los profesores llevan a cabo su práctica docente. Mosquera (2011), la sintetiza como la coexistencia dentro del ejercicio del profesor de las concepciones sobre la ciencia, la actividad científica, la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, junto con las actitudes que el profesor manifiesta. Esta interpretación de epistemología personal docente, es la que se asume en esta tesis, y bajo la cual se interpretó esta categoría de análisis dentro del desarrollo del programa de formación desplegado.

Cambio didáctico para la formación continuada de docentes

Las transformaciones de la epistemología del profesor y la manera como realizan su práctica profesional, requieren un desarrollo profesional que puede estar orientado hacia el cambio didáctico, que de acuerdo con Mosquera y Furió (2008), está relacionado con el cambio en las concepciones, actitudes y los esquemas de acción del profesorado. Estas innovaciones buscan modificar las formas de interpretar, concebir y desarrollar el proceso propio de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. En esta mirada, de acuerdo con Furió-Más (1994), el cambio didáctico debe ser entendido como el resultado de un cambio conceptual, metodológico, epistemológico, axiológico y ontológico, todo esto aplicado a la enseñanza. Es decir, que el cambio didáctico está intrínsecamente conectado con la reestructuración del quehacer docente, lo cual requiere de una reorientación de por sí de la epistemología personal docente, que sólo se logra si lleva a cabo una

reflexión profunda por parte del profesor, a partir de una intervención internalista en la forma de pensar, sentir y actuar (Mosquera 2008).

El cambio didáctico en la formación de profesores no tiene una única forma de ser visto, existen de acuerdo con Mellado (2003) posibles analogías entre las estructuras y desarrollos de la filosofía de la ciencia y el cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales. Estas caracterizaciones sobre el cambio didáctico en términos de concepciones o etapas filosóficas y epistemológicas de las ciencias como positivistas, falsacionistas, constructivistas, de cambio conceptual, de investigación científica, de cambio paradigmático, etc. Todas ellas muestran un panorama sobre el cambio didáctico que, de acuerdo como lo discute este autor, podría asumirse quizá como una visión ecléctica, pero necesaria. Tenido en cuenta, que todas ellas no pueden tomarse como excluyentes sino complementarias, de forma que buscan darle un sentido al complejo proceso del cambio en los roles profesionales y personales de los profesores, a través de la coexistencia de escuelas divergentes de pensamiento.

Además, una de las razones que esta complejidad esté en aumento, tiene que ver con el cambio en la escuela actual, porque ahora los procesos sociales, culturales, contextuales y tecnológicos permean en mayor medida el escenario de enseñanza. Así, en la escuela intervienen cada vez más factores que llevan al profesor a transformar la manera como enseña. La complejidad y heterogeneidad que delimita el escenario escolar, dibujan un ambiente que dista mucho del ambiente de origen donde el profesor fue formado, creando barreras que pueden ser tecnológicas o comunicativas, las cuales el profesor debe tener en cuenta cuando busca realizar un cambio en los procesos de enseñanza.

De otro lado, los programas de formación de profesores generalmente no suelen ser bien vistos por los profesores en ejercicio, debido principalmente al escepticismo de los mismos por la resistencia al cambio (Appleton y Asoko, 1996). Además, habitualmente las dinámicas de estos programas, se configuran con un grupo de expertos que presentan los resultados de investigaciones y les enseñan a manera de instrucción como deberían modificar sus clases; lo cual origina, que cuando el profesor regresa a su entorno y luego de un tiempo de tratar de aplicar la innovación, retorne a su habitual manera de enseñar (Mellado, 2001). Estos procesos de formación tradicionales de pocos resultados, en cuanto a los cambios de concepciones y prácticas docentes, a partir de la transmisión de nuevos modelos a cargo de expertos, han mostrado que pueden ser más eficaces cuando se hacen a partir del trabajo colaborativo de discusión y reflexión entre grupos de trabajo, es decir programas de orientación constructivista (Garret et al, 1990; Furió y Carnicer, 2002). Posición y propuesta que se asume en esta tesis, al desarrollar un programa de formación desde esta perspectiva.

En esta mirada, se requieren entonces programas de formación de orientación constructivista que aporten elementos formativos a las falencias existentes en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Estos programas deben estar enmarcados en un entorno de investigación didáctica que contenga unas condiciones particulares para favorecer los entornos de enseñanza y mejorar la eficacia de los programas de formación de docentes, en concordancia con lo que propone Carnicer (1998), quien plantea que un programa de orientación constructivista debe contener las siguientes condiciones: 1) Abordar los problemas didácticos de forma colegiada en grupos de trabajo cooperado. 2) El contenido del programa de innovación debe tener claramente definidos sus objetivos y finalidades. 3) El problema objeto de estudio debe ser de interés para los

profesores participantes. 4) Se debe integrar teoría y práctica en el programa de formación. 5) La dinámica del grupo debe tender a pasar de la interregulación a la autorregulación. 6) Es necesario la elaboración de productos como muestra del trabajo realizado.

En síntesis, un programa de formación de docentes para la generación de cambio didáctico, como el que se desarrolla en esta tesis, requiere inicialmente de un reconocimiento de las concepciones de ciencia y enseñanza de las ciencias que moldean la acción docente. El programa debe estar intencionado desde una orientación constructivista, que motive el interés de trabajo colaborativo y participativo de todos los integrantes del programa. Así, los profesores deben no solamente ser parte de la investigación, sino también desempeñarse como investigadores; porque al involucrarse en la investigación activamente, diferente a recibir la información como una mera instrucción de expertos, se obtendrán mejores resultados en las transformaciones de las concepciones epistemológicas que poseen los docentes en favor de la generación de cambio didáctico. Esto se consigue a través de un ejercicio teórico práctico, donde los profesores están en la capacidad de evaluar y reflexionar sobre la problemática planteada y resultados obtenidos, a partir de la ejecución simultánea del programa en sus clases.

Elementos de cierre del capítulo

Las posiciones que fundamentan la investigación doctoral sobre la que se inscriben las ideas de este capítulo, que relacionan las implicaciones didácticas de la inclusión de HFC, la contextualización histórica del electromagnetismo, la enseñanza de las ciencias en el contexto CTS y la formación de profesores para la generación de cambio didáctico, delimitan algunos elementos estructurantes, que se presentan como argumentos de cierre para la propuesta de marco teórico desarrollada en este apartado.

En este sentido, cuando se enseñan las ciencias desde una perspectiva social, se enseña una ciencia más enriquecedora. Por ser más consistente con lo que hacen las personas, al desmitificar el rol del científico, teniendo en cuenta que las consideraciones históricas en detalle muestran no solamente aspectos intrínsecos conceptuales, sino que alimentan lo contextual con las polémicas que genera una nueva teoría; no solamente en ámbitos teóricos o disciplinares sino del entorno político y social que rodeó a los autores de una determinada construcción científica. El hacer evidente el carácter social, permite enseñar una ciencia más completa, más consistente con lo que realmente se hace, menos mítica y menos distante, como plantearía Novak, ayudaría la historia a enseñar una ciencia conceptualmente transparente.

De acuerdo a lo discutido, diversos autores han dado claros debates sobre la pertinencia o no de la inclusión de la HFC en la enseñanza de las ciencias. Y particularmente en este texto se deja una clara evidencia de la postura que defiende la importancia de considerar la historia de las ciencias para lograr aclaraciones y precisiones conceptuales indispensables en la comprensión de los componentes sociales de la ciencia; como un elemento clave, para que el profesor pueda enseñar una ciencia que se aleje de presentar conceptos como algo acabado. Por el contrario, se busca llevar, tanto a estudiantes como profesores, hacia una idea de ciencia enfocada desde una perspectiva que promueva el interés por conocer cómo se produce el conocimiento científico y cómo se desarrolla.

En lo relacionado a las implicaciones didácticas de la inclusión de HFC en la enseñanza de las ciencias, es importante mencionar que algunas cosas clave que un profesor puede reflexionar y argumentar con los estudiantes, giran en torno a una discusión crítica sobre la ciencia, cuando ésta es presentada desde una perspectiva apoyada en historia de la ciencia. Sería muy útil que el

profesor muestre una ciencia que se desarrolló en términos de polémicas, porque habitualmente los estudiantes piensan la ciencia como una producción de expertos, que una vez se produce se asume como una interpretación correcta del mundo, la cual deja de lado la discusión y únicamente hay que repetir y usar lo que el experto ha planteado.

Uno de los aportes del uso de la HFC, es que podría ayudar a superar las perspectivas inductivistas y positivistas de la ciencia si se pasa a considerar que puede contribuir a derribar las concepciones que plantean que el conocimiento está en el mundo, que es el conocimiento verdadero y que lo que han hecho los científicos, a través de la historia, es descubrir esas grandes verdades preestablecidas por la naturaleza. En este sentido, la investigación didáctica que incorpora la HFC, ha evidenciado que se promueve el desarrollo de un modelo epistémico que supera la tendencia de asumir la ciencia como el resultado de observaciones cuidadosas, que luego generaliza de manera inductiva estas observaciones hasta que llegan a construir teorías, las cuales son corroboradas cuando se deducen aplicaciones desde dichas teorías. Se supera, así, la idea que la deducción a partir de teorías coincide con lo que se observa desde la inducción, promoviéndose cambios en la concepción y representación del método científico.

De igual manera, se evidencia como una ambición inminente en la didáctica de las ciencias, el cambiar la imagen sociológica habitual que se tiene del conocimiento científico cuando se entiende como el producto del trabajo independiente de una elite de personas que en algún lugar del mundo plantean una producción científica y ésta es asumida sin objeción por el resto del mundo. En esta dirección, habría que mostrar que desde la antigüedad las personas interesadas por comprender el mundo, por estudiarlo, por pensarlo han conversado entre sí, generando algún tipo de comunicación (ágoras, foros, escritos, comunidades, congresos, etc.), para estar en contacto y

plantear sus desarrollos en comunidades abiertas y algunas cerradas. Así, siempre la ciencia ha sido el producto de trabajos colectivos donde la polémica es parte importante, a partir de los apoyos y complementos de unos y otros. De tal manera, que esto se ha visto reflejado en las necesidades de las comunidades por tener espacios de divulgación para tener sus propias publicaciones, lo que derivó en la aparición de revistas especializadas y eventos académicos, para socializar y defender sus tesis o para atacar posturas contrarias.

Resulta ineludible denotar la naturaleza dinámica y cambiante del conocimiento científico de la ciencia a través de la historia. De acuerdo con autores como Kuhn (1970), a lo largo de la historia, las ideas científicas dominan el conocimiento hasta ser sustituidas por otras, de esta manera la estructura del avance en los desarrollos científicos, se ha dado en términos de paradigmas. Así, un paradigma se mantiene hasta el surgimiento de uno nuevo que remplace el anterior. Por esta razón el progreso científico no es acumulativo, de menor a mayor conocimiento o como se proponía en la mirada positivista, de lo teológico a lo metafísico a lo positivo. El verdadero progreso científico se da cuando se producen saltos en las concepciones y se presenta una revolución científica, es decir un cambio en la mirada de cómo se concibe un determinado conocimiento, un cambio de paradigma.

Sobre el recorrido histórico del electromagnetismo, que se planteó con el ánimo de mostrar la interpretación de algunos aspectos didácticos relevantes sobre el camino seguido a lo largo de la historia en la construcción de conocimientos de este ámbito de la física, se encontró que las diversas tramas de los sucesos teóricos y experimentales no fueron producidas solamente por observar el mundo, sino que se dieron por la generación de polémicas construcciones teóricas, que demostrarían como el método donde se plantea que el conocimiento surge a partir de lo que se

observa, quedaría reducido a poco. Se evidencia que era muy difícil tratar de explicar algo a partir de la observación, en situaciones o fenómenos que no permitían abiertamente la interacción con el fenómeno y que fueron producto de construcciones conceptuales a partir de modelos físicos elaborados para dar explicación a comportamientos de la naturaleza, como por ejemplo, la interpretación de los electrones como unidades de carga o el modelo de las líneas de fuerza y los campos para explicar las interacciones eléctricas y magnéticas producidas entre cargas eléctricas, fuentes de campo y corrientes eléctricas. En este sentido, como se planteará en los dos capítulos siguientes, y que se manifiesta como una de las pretensiones de la apuesta didáctica en la que se fundamenta esta tesis, se busca la utilización de la historia como una herramienta para generar reflexiones alrededor de la construcción del conocimiento, que ayuden a cambiar esa imagen positivista del conocimiento científico de la física. Se consideran para ello, los elementos propios del contexto profesional de los estudiantes donde se enseña la física, que permita privilegiar concepciones epistemológicas, cognitivas y praxitivas de los contenidos y enfoques, de acuerdo a las futuras necesidades profesionales, caso particular de estudiantes de licenciatura en física e ingeniería eléctrica.

En este punto, es importante reflexionar como enriquecimiento a la discusión y fortalecimiento de la posición teórica de esta tesis, que se hace necesario tener en cuenta que el aporte de una enseñanza de la ciencia contextualizada con una contribución desde el enfoque CTS, permitiría que la imagen de la ciencia universitaria tenga un mayor contenido del pragmatismo científico así como de los aspectos históricos, sociales, filosóficos y políticos que fueron necesarios para que se pudiera dar su construcción; además ayuda a fundamentar mejor la ciencia y la tecnología como espacios de conocimiento que penetran cada vez más en los cotidianos sociales

y futuros profesionales de los estudiantes, fomentando debates y reflexiones sobre su rol como principal agente transformador del mundo actual (Aikenhead, 2003).

Finalmente, la formación de profesores y las necesidades de cambio didáctico, se manifiestan como una de las problemáticas actuales de la enseñanza de las ciencias, las cuales develan focos de acción emergentes que requieren de propuestas de investigación que aporten al desarrollo profesional de los profesores, encaminado al mejoramiento de sus conocimientos sobre didáctica de las ciencias y prácticas de enseñanza. Este cambio didáctico busca generar un aporte al conocimiento didáctico del contenido con que cuentan los profesores, de tal forma que sea posible contribuir al cambio conceptual, metodológico, epistemológico, axiológico y ontológico de elementos relacionados con la enseñanza. En esta lógica, el cambio didáctico pretende en su trasfondo promover y poner en escena la reestructuración del quehacer docente, a partir de una reorientación de la epistemología docente, que de acuerdo a lo planteado en este capítulo, solamente se lograría si lleva a cabo una reflexión profunda por parte del profesor, a partir de una intervención internalista, en la forma de pensar, sentir y actuar en y para su ejercicio profesional. En este panorama, la apuesta de innovación de esta tesis está centrada en una interpretación del cambio didáctico a la luz de la diferenciación de los contextos profesionales del ejercicio docente, de tal manera que este cambio se concibe no como evolución, sino como diferenciación de contextos, es decir se plantea una coexistencia de modelos, en los cuales el profesor debe estar en la capacidad de sopesar aquello que se debe privilegiar en cada contexto y en consecuencia enseñar su disciplina orientada al contexto de formación profesional de los estudiantes. Teniendo en cuenta aspectos históricos de la física, e involucrando aspectos relevantes de las relaciones CTS, se busca

enriquecer y aprovechar los elementos inherentes de cada contexto profesional para mejorar la motivación y el desarrollo didáctico de las clases.

En el siguiente capítulo se presentará el planteamiento metodológico que se desarrolló durante este trabajo, a partir del despliegue de un programa de formación de profesores para la generación de cambio didáctico, encaminado a la inclusión de aspectos históricos de la física en un curso de electromagnetismo, teniendo en cuenta la diferenciación de los contextos profesionales de las carreras donde se enseña, licenciatura en física e ingeniería.

Capítulo III

Diseño metodológico de la investigación

En el desarrollo de esta investigación se realizó un estudio de caso con dos profesores universitarios de física (Cohen y Manion, 1990; Stake, 1998), para caracterizar la forma como enseñan la física en dos contextos profesionales diferentes: un curso de electromagnetismo para estudiantes que se forman como licenciados en física y un curso de electromagnetismo para estudiantes que se forman como ingenieros. Posteriormente se desplegó un trabajo colaborativo con los dos profesores para el desarrollo de un programa de formación continuada de docentes orientado al cambio didáctico, a partir del análisis de los elementos del contexto histórico que son, o no, posibles de introducir en un curso de electromagnetismo, teniendo en cuenta el contexto profesional donde se imparte el curso de física. Para este propósito, el marco metodológico de esta tesis doctoral, de acuerdo a la dinámica y los objetivos de trabajo que delimitan el problema en estudio, se inscribe como una investigación de corte cualitativo (Vasilachis, 1992), a partir del uso de los métodos de investigación fenomenológico, e investigación-acción. Las características de la investigación definen el trabajo en dos momentos importantes, un primer momento se realizó en la fase 1 y consistió en un acercamiento al trabajo de los profesores en su ambiente natural de clase, para identificar la epistemología personal docente de los profesores Cano y Alex y caracterizar sus concepciones de ciencia, trabajo científico, enseñanza, rol de la física y sus modalidades de enseñanza en los escenarios y práctica profesional de estos profesores. Un segundo momento, se llevó a cabo en las fases 2 y 3, en un trabajo conjunto con los dos profesores participantes, con el propósito de reflexionar sobre las prácticas de los profesores y desarrollar el programa de formación para la generación de cambio didáctico, orientado a partir de los dos elementos diferenciadores que soportan la propuesta de innovación de esta tesis doctoral,

categorizados como el uso del contexto histórico de la física y el contexto profesional de los estudiantes donde se enseña.

En relación a este planteamiento, se discuten a continuación los principales referentes teóricos que consolidan los enfoques metodológicos que mejor se aproximan a la dinámica de trabajo que se desarrolló en esta tesis doctoral, la investigación fenomenológica y la investigación-acción.

Investigación fenomenológica

La expresión fenomenológico tiene sus orígenes en el siglo XVIII con Fichte (1762 – 1814) y Schelling (1775 – 1854), quienes utilizaron el término para relacionarlo con las actitudes interiores de la conciencia y como una escala de ascenso en el nivel espiritual de la conciencia respectivamente; de otro lado Hegel (1770 – 1831) lo abordó a partir de la ciencia de las experiencias de la conciencia en su obra “Fenomenología del Espíritu”. Pero solo fue con Edmund Husserl (1859-1938) que la fenomenología toma estatus como escuela del pensamiento. Así, para Husserl la fenomenología es la ciencia que trata de descubrir las “estructuras esenciales de la conciencia”, para describir no solamente un fenómeno particular sino profundizar en él y revelar su esencia, de tal forma que sea posible posicionarlo y darle validez científica (Fermoso, 1989). Se pasa así, de la dimensión fáctica de la subjetividad que se afronta en una investigación, a una dimensión eidética o esencial de esta subjetividad para buscar la esencia del significado (trascendental) de dicha subjetividad.

El método fenomenológico se centra en el estudio de realidades y vivencias de un sujeto o un grupo de sujetos, caracterizadas por ser poco comunicables debido a su naturaleza personal, cultural o de comportamiento, debido a esto el método fenomenológico tiene la particularidad de

respetar la interpretación o percepción que una persona hace de su experiencia; por ejemplo no es posible saber a qué le sabe un alimento a otra persona, inclusive si la persona trata de describirlo, solamente es posible conocer la descripción que de ello haga el individuo mas no la totalidad de la propia sensación de su experiencia (Paupart et al, 2010). En esta mirada, el enfoque pretende estudiar los fenómenos con la mayor objetividad posible a como son experimentados y percibidos por los sujetos, acercándose al estudio de las realidades desde dentro del fenómeno, al procurar ponerse en el marco de referencia interno del sujeto que las vive y experimenta.

Para el enfoque fenomenológico, se parte de la concepción donde, el mundo tal como lo conocemos hace parte de una construcción no acabada susceptible a ser cambiada en sus formas y significados. Para este fin, el contexto de estudio marca importancia en la concepción de lo que se quiere estudiar, así, es necesario tener en cuenta que un fenómeno no puede ser estudiado con completa objetividad por dos razones, una porque el investigador al interactuar modifica lo que estudia y segundo porque el significado de los eventos está delimitado por el sentido o significado que le adjudican los sujetos que lo viven y como ellos lo interpretan. En este sentido, el método fenomenológico tiene como propósito comprender el significado que las personas involucradas le dan a un fenómeno en estudio, el cual constituye lo que se conoce como la realidad, que no es otra cosa que el significado que los sujetos dan a un fenómeno y su manera de ver el mundo. Conocida esta realidad también como la matriz epistémica (Martínez, 2006), que representa los modos propios que tiene un grupo de personas para asignar significados a las cosas y a los eventos bajo unas condiciones de pensamiento.

Así, para situar al investigador dentro del marco de referencia interno del sujeto que hace parte del fenómeno en estudio, para lograr comprender de forma adecuada y lo menos

subjetivamente posible los puntos de vista, se hace necesario que el papel del investigador en este enfoque esté limitado a comprender las construcciones que los sujetos de estudio hacen de la realidad. Se requiere entonces que el investigador se desprenda por completo de prejuicios o posibles intentos de juzgar lo observado. La interpretación que se haga del fenómeno debe estar libre de prejuicios e incluso ser ingenua, es decir se debe tratar de reducir en la mayor medida la influencia de las propias teorías, ideas e intereses, con el objetivo de capturar la realidad presentada en su esencia (Martínez, 2006).

Características metodológicas de la investigación fenomenológica:

En la metodología fenomenológica de acuerdo con Martínez (1989; 2006), las etapas que se deben tener en cuenta son:

- Primero la etapa previa o de clarificación de los presupuestos, de los que parte el investigador y que están relacionados con creencias, intereses, valores, actitudes e hipótesis que deben ser tenidas cuenta para valorar su posible influencia en la investigación.

- Segunda etapa descriptiva, en la que se realiza una descripción lo más compleja y no prejuiciada posible para reflejar, de la manera más cercana, la realidad vivida por los sujetos de la investigación; los pasos que hacen parte de esta etapa son: la elección y aplicación de técnicas o procedimientos apropiados para recolectar información, como la observación directa o participativa, entrevistas, encuestas, cuestionarios y a partir de la información recolectada con estos instrumentos se debe construir una descripción protocolar con base en esta observación fenomenológica.

- Tercera etapa estructural, que implica el estudio y análisis de las descripciones contenidas en los protocolos y para la cual se debe tener en cuenta: la delimitación de las unidades

temáticas de análisis y del tema central que domina cada temática, adecuación y expresión del tema central dentro de un lenguaje científico adecuado, integración de los temas centrales en una estructura particular descriptiva, integración de todas las estructuras particulares en una estructura general y finalmente una nueva entrevista con los sujetos estudiados para comparar los resultados con sus vivencias y experiencia personal, corroborando posibles aspectos omitidos, ignorados o añadidos.

- Como cuarta etapa se realiza la discusión de los resultados para contrastar con otras investigaciones o posiciones teóricas del tema en estudio.

Investigación-acción

El origen de la investigación acción se dio en la psicología, con el propósito de mejorar las relaciones sociales y las dinámicas institucionales de las organizaciones transformando comportamientos, costumbres y actitudes de los individuos. Pero la expresión “investigación acción” fue introducida por Kurt Lewin en 1946, para describir los estudios relacionados con actividades desarrolladas por colectivos o comunidades interesadas mancomunadamente en un mismo fin, que les permitiera modificar algún tipo de circunstancia de su grupo social. Este tipo de investigación está caracterizada además por ser una práctica reflexiva en la que se diluye la frontera entre la práctica sobre la que se investiga y el proceso de investigación que se hace sobre esta práctica, que de acuerdo con Elliott (1994) puede ser entendido como las “teorías en la acción”. Particularmente en la investigación educativa, la investigación-acción se desvela cuando se hacen procesos intencionados bajo reflexiones profundas sobre la práctica docente, su papel en la enseñanza, las formas en que se realiza, las estrategias utilizadas, el éxito de las mismas y

paralelamente se implementan trabajos direccionados a cambiar estos modelos de enseñanza en la práctica in situ.

Este movimiento tomó fuerza en la segunda mitad del siglo XX, con los trabajos de Kemmis, Carr, Stenhouse, Elliot, Giroux y otros, que contribuyeron al acercamiento de los profesores a un nuevo rol como docente-investigador. En el ámbito educativo la investigación-acción está dirigida a la formación permanente del profesorado para fortalecer su desarrollo profesional a través de reflexiones profundas sobre sus propias prácticas y lograr generar nuevas alternativas que permitan mejorar su quehacer, convirtiendo al docente en autor de su propio aprendizaje.

El desarrollo de una investigación-acción puede estar dirigido en dinámicas semejantes de acuerdo a la forma en cómo se construya el objeto de investigación y se constituya el grupo de trabajo. La variación en la dinámica de la investigación radica principalmente en la manera cómo se concibe el inicio de la investigación, de esta forma se pueden considerar cuatro casos particularmente. 1) Un grupo de profesores detecta un problema o una situación a mejorar y la convierten en su objeto de estudio, generalmente se debe buscar a un experto en investigación-acción para que les asesore y guíe su proceso. 2) Un equipo de investigación decide conjuntamente el objeto de estudio y participa activamente durante toda la investigación. 3) Una institución determina el objeto de estudio y busca un experto en la temática para conformar un grupo de trabajo. 4) Un investigador determina el objeto de estudio y conforma un grupo de trabajo con profesores que estén interesados en el tema a abordar (Blández, 1996).

Los dos primeros tipos de investigación descritas anteriormente hacen parte de la llamada *investigación-acción participativa*, que se caracteriza por involucrar al grupo de docentes a participar activamente en todo el proceso de la investigación, desde la definición del objeto de

estudio y el desarrollo del proceso investigativo hasta la elaboración del informe final. Los otros dos tipos de investigación corresponden a la denominada *investigación-acción colaborativa*, en la que un investigador principal requiere de la colaboración de un grupo de docentes para adelantar el estudio sobre un tema que sea también de interés para los docentes que participen.

De acuerdo a este planteamiento y en relación a la forma como se desarrolló la investigación, que se describe más adelante en las fases de la ruta metodológica, se determinó que para el desarrollo de la segunda parte de la investigación (fases 2 y 3) la investigación-acción colaborativa es el enfoque metodológico que mejor se ajusta a la dinámica de trabajo abordada en esta tesis doctoral.

Características metodológicas de la investigación-acción:

La estructura de este enfoque metodológico está constituida por tres etapas, que regulan el diseño de la investigación, el desarrollo de la investigación y la elaboración del informe final. A su vez, estas etapas están traspasadas por cuatro elementos característicos que determinan los momentos del estudio y que pueden describirse como: a) la planificación, en la cual el docente busca nuevas estrategias didácticas, b) la actuación, que requiere de la ejecución de las propuestas de innovación que surjan en el proceso de investigación para generar cambios en la práctica tradicional, c) la observación, que comprende la recolección de datos en los mismos escenarios de la acción donde se implementa la innovación, y d) la reflexión que condensa, discute y analiza los resultados, avances, inconvenientes, y detalles de importancia que se revelan de las acciones y procesos que hacen parte de la investigación-acción (Cohen & Manion, 1990).

De igual manera, las características metodológicas de la investigación-acción requieren una serie de componentes inherentes a este estilo de investigación, así, por ejemplo, de acuerdo con

Blández (1996) la investigación-acción debe ser colectiva, puesto que es necesaria la participación de un grupo de personas interesadas en el tema de estudio y en mejorar sus prácticas docentes. Dentro de la cual, debe hacer evidente un encuentro entre teoría y práctica para mantener una dinámica de conexión permanente entre lo que se piensa y lo que se hace, relacionando los planteamientos e ideas que se proponen paralelo con las acciones que se llevan al aula; en esta mirada se implementan las acciones o estrategias desarrolladas, se analizan, se evalúan, se reflexiona y reelaboran nuevas propuestas para ponerlas otra vez en práctica, de forma tal que sea posible nuevamente evaluarlas y buscar las condiciones más óptimas en el proceso para su aplicación final.

Esta dinámica identifica la investigación-acción, como un enfoque que se adelanta en el seno del ámbito educativo, con intervenciones directas e inmediatas en los escenarios naturales de la educación a través de una participación activa, discursiva, protagonista y sobre todo reflexiva por parte de los sujetos participantes del proceso. Además, debe ser flexible en la medida que el camino a seguir no es una camisa de fuerza ni está delimitado desde el principio de la investigación, aquí se da cabida a las acciones o desarrollos que puedan devenir en el mismo ámbito de estudio y que sirvan para favorecer el problema de estudio, mejorando los criterios y elementos sobre los que se construye la investigación. Se presupuesta también, que la investigación-acción deber poseer características formativas en tanto que el profesorado participa de un proceso de formación que enriquecerá su práctica docente, experimentando y propiciando escenarios de concienciación y transformación de su labor para mejorar su desarrollo profesional. De igual manera, fomenta en los participantes una actitud crítica y reflexiva frente al proceso educativo para emitir juicios reflexivos al analizar los procesos y actitudes en el aula.

Estrategia Metodológica

En el desarrollo de esta tesis doctoral se utilizaron los dos tipos de investigación descritos anteriormente, investigación fenomenológica e investigación-acción colaborativa; el propósito de abordar la metodología desde los dos enfoques tuvo como objetivo diferenciar dos momentos importantes dentro del proceso, uno relacionado con la identificación y caracterización de los escenarios donde trabajan los profesores y el otro intervenir colaborativamente con los profesores para analizar las prácticas, reflexionar y construir conjuntamente con ellos las bases teóricas de una estrategia de intervención para la posible generación de cambio didáctico en la enseñanza de la física.

Como primer paso, se seleccionaron dos profesores que imparten clase en la formación de licenciados en física e ingenieros en la Universidad Distrital, que manifestaron estar interesados en participar de esta investigación para mejorar sus prácticas de enseñanza. En un primero momento, fase (1), el enfoque metodológico bajo el cual se delimitaron las acciones de esta investigación se orientó desde la metodología fenomenológica; en este punto, se hizo un acercamiento al trabajo de los profesores en su ambiente natural de clase, para caracterizar los escenarios donde desarrollan su práctica profesional docente y para identificar los elementos que constituyen el cuerpo de conocimientos que se abordan en esta tesis y que están relacionados con la incorporación del contexto histórico de la física y el contexto profesional de los estudiantes para la enseñanza de un curso de física (electromagnetismo). En esta etapa y de acuerdo a como lo propone la fundamentación fenomenológica, se buscó hacer un estudio lo menos prejuiciado posible que reflejara con la mayor cantidad de detalles la realidad sobre la manera como los profesores planifican sus cursos y las actividades de enseñanza y evaluación que diseñan. Todo

con la pretensión de hacer un análisis que brindara información sobre si incorporan las dos categorías de contexto (histórico de la física y entorno profesional); para buscar caracterizar cómo lo incorporan y cómo organizan las actividades de enseñanza.

En las siguientes fases (2 y 3) y teniendo como precedentes los factores y elementos recolectados en la primera, se abordó un proceso de intervención en el que conjuntamente con los profesores se realizaron jornadas de trabajo para la discusión y reflexión de lecturas y material de apoyo, utilizando el enfoque de la investigación-acción colaborativa. El trabajo con los docentes tuvo varios momentos de desarrollo a lo largo de la investigación, durante aproximadamente dos años para estas fases. Dentro de los propósitos de esta intervención, estaba la discusión en grupo sobre algunas de las ideas previas que tienen los profesores del programa, sobre la concepción de ciencia, la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias; también se buscó acercar a los docentes hacia algunas de las estructuras contemporáneas de la didáctica de las ciencias, discutiendo aproximaciones conceptuales para tratar de respondernos, como lo planea Gil (1991), *¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias?* En este sentido, algunas ocasiones la reflexión giraba en torno a las necesidades de la enseñanza de las ciencias particularmente de la física, a la luz de planteamientos didácticos y de analizar los problemas frecuentes a los que nos enfrentamos los profesores de ciencias en nuestra práctica docente cotidiana.

Como aspecto a resaltar, en mayor medida, las sesiones de trabajo realizadas con los profesores se orientaron a identificar cuestiones históricas y filosóficas internalistas y externalistas, en el electromagnetismo, que propiciaron el desarrollo de conocimientos para la física e implicaciones técnicas y tecnológicas asociadas a los inventos, descubrimientos y modelos físicos elaborados. Paralelamente, se trató de introducir a los docentes en reflexiones asociadas con la

utilización de la HFC en la enseñanza; para reconocer las posiciones tanto en la literatura como en lo que ellos pensaban a favor y en contra de su inclusión, e identificar condiciones curriculares que promueven la mejora en la enseñanza y el aprendizaje de la física cuando se incluye la HFC. Cada una de estas discusiones estaba permeada por el papel del contexto profesional de los estudiantes y la enseñanza de la física, de tal manera, que la discusión giro constantemente en plantear las posibles restricciones que tiene la inclusión de la historia, y de qué manera debería hacerse, dependiendo del contexto profesional de los estudiantes, si es para licenciados en física o si es para ingenieros eléctricos.

Finalmente, se presentan reflexiones de los profesores sobre su participación en el programa y aportes sobre lo que ellos consideraron, a partir del trabajo desarrollado en esta investigación, modificó o representó mejoras en sus formas de enseñar de acuerdo al contexto profesional donde se desenvuelven. Adicionalmente, se presenta una propuesta para la estructura curricular de un programa de formación continuada de docentes universitarios, orientado al mejoramiento de las prácticas de aula y la generación de cambio didáctico para la enseñanza de la física, a partir de las categorías por las que apuesta esta tesis, el uso de la historia de las ciencias y tener en cuenta el contexto profesional de los estudiantes.

Ruta metodológica

En concordancia con los objetivos planteados para este proyecto de tesis doctoral y de acuerdo a la fundamentación teórica descrita anteriormente sobre la investigación fenomenológica y la investigación-acción colaborativa, el desarrollo de la investigación se realizó a través de una ruta metodológica que se compone de tres fases, la primera orientadas desde el enfoque fenomenológico y las dos restantes desde la investigación-acción colaborativa. Los resultados

obtenidos se analizarán exhaustivamente y se argumentarán a profundidad con el propósito de dar respuesta a la pregunta central de la investigación y a las preguntas subsidiarias.

Con el propósito de determinar puntualmente los alcances que se proyectaron en cada fase, se realiza a continuación una descripción de los componentes y actividades que se tuvieron en cuenta para cada una de las fases.

Profesores participantes de la Investigación

La investigación realizada se desarrolló con dos profesores de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de Bogotá Colombia, uno de los profesores está vinculado al programa de Licenciatura en Física y el otro es profesor del programa de Ingeniería Eléctrica. A continuación, se describe brevemente el perfil profesional y experiencia de cada uno de ellos (por reserva de la identidad de los profesores se asignan nombres ficticios)

Cano: Es Licenciado en Física de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, con Maestría en Física de la Universidad de los Andes y Maestría y Doctorado en Física de la Universidad George Washington. Cuenta con una experiencia docente universitaria de 9 años, sus trabajos de investigación han estado orientados esencialmente al estudio de la física de partículas, actualmente es profesor del programa de Licenciatura en Física. Como aspecto sobresaliente el profesor reconoce que, aunque es Licenciado en Física su fortaleza de formación es netamente disciplinar, sus conocimientos o desenvolvimiento en los ámbitos pedagógicos o de la didáctica de las ciencias generalmente han sido más reducidos, y precisamente esa fue una de las motivaciones del profesor por querer participar en esta investigación.

Alex: Es Físico, con Maestría en Física y Doctorado en Ingeniería-Ciencia y Tecnología de Materiales, todos sus estudios fueron realizados en la Universidad Nacional de Colombia. Cuenta

con una experiencia docente universitaria de 11 años, sus trabajos de investigación han estado desarrollados en los campos de la física de partículas, ciencia de materiales y energías alternativas, actualmente es profesor del programa de Ingeniería Eléctrica. Aunque el profesor es físico de formación y sus estudios de posgrado son netamente disciplinares, el profesor ha tenido un importante acercamiento al campo de la pedagogía y didáctica de las ciencias, considerando, que en una etapa de su experiencia profesional estuvo vinculado al Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional, en la cual pudo participar de un grupo de investigación y dirigir trabajos de grado orientados a la formación docente en física.

Fase uno: Caracterización de escenarios y práctica profesional de los profesores

De acuerdo con el primer objetivo planteado, que pretendió caracterizar los escenarios y práctica profesional, a partir de la epistemología personal docente, de los profesores. Se realizó el estudio con los dos profesores durante un semestre, entrevistándose con ellos, introduciéndose en el ambiente de sus clases, filmándolas y analizándolas con la ayuda de herramientas de la investigación fenomenológica, para identificar y caracterizar las concepciones didácticas que poseen los profesores inherentes a sus prácticas educativas que puedan estar relacionadas con los elementos y factores de interés para esta investigación. El trabajo se desarrolló a través de tres técnicas, la entrevista, la encuesta y la observación de clase. Las etapas para el diseño, construcción y validación de los instrumentos utilizados en cada una de ellas se describen a continuación.

Técnicas de recolección de información

Para la primera fase de indagación del quehacer de los profesores, se propone el uso de tres técnicas para la recolección de información, que permitieran triangular la información sobre lo que

piensan los profesores, lo que dicen y lo que hacen, estas técnicas fueron la encuesta, la entrevista y la observación de campo, respectivamente. Para definir los elementos que delimitarían, tanto las fronteras, como los referentes de observación orientadores, de las rejillas de análisis que se tendrían en cuenta para el estudio de las tres técnicas mencionadas, se realizó la construcción de una matriz de categorías que definen y dan sentido a los factores que se consideraron importantes analizar en esta parte de la investigación.

Matriz de categorías de análisis

Para esta caracterización del quehacer de los profesores, se construyeron tres categorías de análisis (tablas 1, 2 y 3), que a su vez están compuestas por algunas subcategorías. Cada categoría presenta una definición que la contextualiza dentro de los propósitos de la investigación. Las subcategorías se ubican a través de las consecuencias contrastables que pretenden dar cuenta de las preferencias y actitudes relativas a la práctica docente habitual de los profesores participantes de la investigación. Para el hallazgo de estas consecuencias contrastables se proponen una serie de afirmaciones, denominadas *cuestiones a abordar*, que posteriormente se ubicarían en los tres instrumentos de indagación utilizados (encuesta, entrevista y video) para identificar la afinidad que los profesores posean con estas cuestiones.

Para la construcción de esta matriz de categorías se tomó como referencia los trabajos de Gil (1993) y Carnicer (1998) en lo relacionado con las concepciones sobre ciencia, también se tuvo en cuenta las tesis doctorales de Mosquera (2008) y Carnicer (1998) para la construcción de las consecuencias contrastables, las cuales sirvieron como elementos guía para la estructuración de las cuestiones que se buscaban abordar con los instrumentos de indagación.

Tabla 1. Matriz de categorías de análisis para la categoría 1.

CATEGORÍA UNO CONCEPCIONES DE LA CIENCIA Y TRABAJO CIENTÍFICO			
DEFINICIÓN	SUBCATEGORIA	CONSECUENCIAS CONTRASTABLES	CUESTIONES A ABORDAR
Está relacionada con la postura epistemológica y ontológica que el profesor universitario tiene en cuenta cuando prepara sus actividades docentes, considerando que la posición teórica está delimitada por sus concepciones epistemológicas sobre la ciencia y la construcción del conocimiento, por sus visiones de mundo en relación con las ciencias y con la enseñanza de las ciencias	Visión empirista-inductivista y ateórica	Se antepone la observación y la experimentación sobre la formulación de hipótesis y la construcción de conocimientos desde planteamientos teóricos	C1 Visión del conocimiento científico como objetividad que refleja la realidad. C2 El experimento es una corroboración de hipótesis. C3 Los científicos observan la naturaleza sistemáticamente para describir las leyes que la rigen. C4 La ciencia básica busca descubrir el comportamiento de la naturaleza. C5 La ciencia aplicada utiliza los descubrimientos científicos para resolver problemas prácticos. C6 Históricamente la observación neutral y la repetición de experiencias conducen a generalizaciones que al sistematizarlas dan lugar a teorías.
	Visión rígida (algorítmica, absolutista, exacta)	Se asume el método científico como un seriado de etapas estructuradas las cuales se deben seguir en orden, donde prima el tratamiento riguroso de los problemas sobre las posibles soluciones creativas.	C7 La investigación científica y la solución de problemas prácticos en una profesión particular, deben seguir el método científico. C8 El conocimiento científico surge de dar explicaciones verdaderas del mundo. C9 Una investigación científica tiene éxito si se siguen pasos rigurosos y escalonados, y por tanto uno es consecuencia del otro de modo que no hay avances sino está terminado por completo el anterior. C10 Cada problema científico es independiente y aislado de los demás. C11 Un problema científico termina cuando se resuelve la pregunta inicial y se está listo para pasar a resolver otro. C12 La formación de los ingenieros está orientada a resolver problemas prácticos del mundo y la de los científicos a descubrir y formular leyes.

y por las características de los programas universitarios donde realiza su actividad docente	Visión acumulativa, lineal	El conocimiento científico surge a partir de un crecimiento lineal y acumulativo de los conocimientos a través de la historia, sin tener en cuenta las crisis o las rupturas epistemológicas que dentro de él se presentan.	<p>C13 Históricamente la ciencia avanza de forma continua y lineal mediante la acumulación de conocimientos.</p> <p>C14 El conocimiento científico es definitivo, solo se cambia de una teoría a otra si la primera tiene errores trascendentales.</p> <p>C15 En la historia de la ciencia no existen cambios de paradigmas, solo acumulación de conocimientos.</p> <p>C16 Los avances en los contextos profesionales que están directamente relacionados con la ciencia, como la ingeniería, dependen estrictamente de la evolución de la ciencia.</p>
	Visión aporoblemática y ahistorica	Los conocimientos se transmiten como elaborados y acabados sin hacer ver los problemas necesarios para su construcción y sin tener en cuenta las limitaciones actuales de los conocimientos o sus posibles modificaciones.	<p>C17 Los conocimientos científicos actuales son absolutos y no pueden cambiar salvo descubrimientos excepcionales.</p> <p>C18 La importancia de los conceptos y teorías científicas radica en su formulación y conceptualización más que en conocer cómo se desarrolló su construcción.</p> <p>C19 Las construcciones científicas son producto de unos pocos grandes genios.</p> <p>C20 Los problemas o influencias del contexto histórico en la construcción de ciencia no son relevantes en el contexto de la enseñanza de las ciencias básicas o aplicadas.</p> <p>C21 La manera en cómo se ha desarrollado la ciencia a través de la historia es independiente de la utilización que de ella se haga en un ámbito profesional.</p> <p>C22 La historia de la ciencia y la historia de un entorno profesional, como la ingeniería, se han generado en ambientes independientes.</p>

	<p>Visión contemporánea de la ciencia</p>	<p>El conocimiento científico permite transformar las representaciones del mundo es producto de procesos de construcción de trabajo colectivo. La concepción de ciencia es interpretada desde una visión cultural y profesionalmente contextualizada</p>	<p>C23 El conocimiento se explica como una construcción humana para interpretar la realidad a través de modelos alternativos, que no son inherentes a la realidad pero que el hombre los utiliza para aproximarse a la descripción de la misma.</p> <p>C24 La ciencia es un campo de conocimiento en permanente construcción, caracterizada por un desarrollo que no es lineal ni acumulativo, en donde sus resultados son parciales, temporales y susceptibles de modificar, teniendo en cuenta que no siempre son infalibles y exitosos.</p> <p>C25 En las investigaciones científicas se hace necesaria la revisión de trabajos previos como referentes que articulan la fundamentación teórica de las nuevas investigaciones.</p> <p>C26 Lo que caracteriza la concepción dinámica de la ciencia, es que por lo general los resultados de una investigación científica dan origen a nuevas investigaciones.</p> <p>C27 La ciencia se caracteriza por ser una entidad que no está aislada del mundo, y su construcción y evolución han estado marcadas por circunstancias políticas, económicas, militares y sociales de la humanidad.</p> <p>C28 El avance de la ciencia está permeado por el contexto histórico social y por consiguiente debe ser interpretada desde una visión cultural y profesionalmente contextualizada.</p>
--	---	--	--

Tabla 2. Matriz de categorías de análisis para la categoría 2.

CATEGORÍA DOS			
CONCEPCIONES SOBRE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS Y MODALIDADES DE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA			
DEFINICIÓN	SUBCATEGORÍA	CONSECUENCIAS CONTRASTABLES	CUESTIONES A ABORDAR
<p>Concepciones y prácticas de enseñanza de los profesores universitarios de Física, teniendo en cuenta que la enseñanza está mediada por factores internos como el conocimiento profesional del profesor, el conocimiento didáctico del contenido y el conocimiento práctico de los profesores de ciencias.</p>	<p>Modelo tradicional de enseñanza</p>	<p>Representación y prácticas de una enseñanza de las ciencias centrada en la transmisión y recepción de conocimientos ya elaborados como verdades absolutas, donde no se tienen en cuenta las concepciones previas del estudiante ni el contexto profesional en el que se enseña.</p>	<p>C29 El estudiante no posee ningún tipo de conocimiento previo sobre el tema. C30 No hay relación causal entre aprendizaje y enseñanza son independientes uno del otro. C31 La enseñanza se caracteriza por la transmisión de conocimientos verdaderos que imparte el profesor y que aplican los estudiantes. C32 El aprendizaje de las ciencias se enfoca en conocer una gran variedad de contenidos conceptuales dejando de lado el aprendizaje de procedimientos y de actitudes positivas hacia la ciencia. C33 En la enseñanza de las ciencias la extensión de contenidos es más importante que la profundidad con que éstos se tratan. C34 En la enseñanza de la física se privilegia su componente disciplinar sobre el profesional según la carrera en la que se enseña. C35 En la experimentación en física no se genera motivación por abordar problemas aplicados a contextos reales, de tal manera que su enseñanza no trasciende a otros campos distintos a este conocimiento. C36 En la enseñanza de la física no se involucran problemas en contexto como elemento principal de la clase. C37 En el desarrollo de las clases de física en la universidad se deja en un segundo plano o casi no se tiene en cuenta el componente contextual de la carrera en la que se enseña.</p>
	<p>Modelo de enseñanza por orientación constructivista</p>	<p>Se prioriza el papel del estudiante en el proceso de enseñanza y aprendizaje dándole una mayor participación al incrementar su protagonismo y disminuir el del profesor, el</p>	<p>C38 La apropiación de conocimientos se logra a partir de construcciones conceptuales elaboradas por los estudiantes teniendo en cuenta que poseen unos conocimientos y habilidades antes del curso. C39 El proceso de aprendizaje no se delimita por una relación de correspondencia entre enseñar-aprender, ahora esta relación se divide a partir de una corresponsabilidad en donde la enseñanza es la facilitadora del aprendizaje y el profesor moviliza su rol de instructor del conocimiento al papel de un guía del proceso. C40 El rol del experimento hace parte de la formación investigativa que deriva en la construcción de</p>

		<p>papel del profesor es diseñar actividades para generar cambio (o evolución) conceptual y movilizaciones epistemológicas y actitudinales en los estudiantes.</p>	<p>conocimientos científicos.</p> <p>C41 En el aprendizaje lo importante no es la acumulación de información y contenidos.</p> <p>C42 En la enseñanza de la ciencia se tiene en cuenta la naturaleza de la ciencia como una actividad humana de continuo cambio, caracterizada por una construcción y evolución que ha estado marcada por las situaciones políticas económicas, militares y sociales de la humanidad.</p> <p>C43 La enseñanza de la ciencia se orienta a partir de la contextualización del entorno profesional de los estudiantes.</p> <p>C44 Los libros de física contextualizados de acuerdo a los programas profesionales de los estudiantes mejoran los procesos de enseñanza.</p> <p>C45 Los procesos de enseñanza mejoran si el profesor además del conocimiento disciplinar, posee conocimientos meta disciplinares (históricos, filosóficos y contextualizados en una profesión) de la materia que enseña.</p> <p>C46 El conocimiento disciplinar del profesor sobre la materia que enseña, debe articularse con conocimientos didácticos derivados de la investigación y la innovación en Didáctica sobre como aprenden los estudiantes y sobre cómo mejorar los procesos de enseñanza.</p> <p>C47 La mejor manera de aprender algo es descubrirlo o crearlo por sí mismo, en lugar que otra persona sea el intermediario entre uno y el conocimiento.</p> <p>C48 La enseñanza de las ciencias debe estar dirigida a facilitar el descubrimiento, enfrentando a los estudiantes a las mismas tareas y situaciones que vivieron los científicos, para llegar a obtener conclusiones y elaboraciones teóricas iguales.</p>
	<p>Evaluación de la enseñanza tradicional</p>	<p>Se posee una mirada de la evaluación desde un componente tradicional de memorización del conocimiento declarativo que busca solamente juzgar el aprendizaje logrado.</p>	<p>C49 Asocia la evaluación con la asimilación de conceptos físicos y de procedimientos matemáticos.</p> <p>C50 Al evaluar no se consideran implicaciones de la historia de la física en la construcción de conocimientos científicos.</p> <p>C51 La evaluación en la clase de ciencias es cultural y profesionalmente neutral.</p>

	Evaluación de la enseñanza y su relación con el contexto histórico y profesional	Se tiene una concepción de la evaluación desde una postura constructivista que tiene en cuenta no solamente elementos disciplinares, sino que está orientada a las reflexiones históricas de la construcción de ciencia y las implicaciones profesionales de los saberes científicos en contextos reales.	<p>C52 Los referentes históricos de la Física apoyan su aprendizaje y deben considerarse como un elemento representativo en la evaluación.</p> <p>C53 La forma cómo se evalúa el aprendizaje de la Física debe estar relacionado con el contexto profesional en que ésta es enseñada.</p> <p>C54 En la evaluación de las prácticas experimentales de las clases de física, los aspectos históricos del experimento se manifiestan como pieza fundamental para evidenciar la comprensión del fenómeno y sus implicaciones en el desarrollo de la Física.</p> <p>C55 La evaluación contextualizada puede arrojar evidencia sobre la relación que los estudiantes hacen de los contenidos de la física con su profesión.</p> <p>C56 La evaluación es útil para valorar los efectos de la enseñanza en los aprendizajes.</p>
--	--	---	--

Tabla 3. Matriz de categorías de análisis para la categoría 3.

CATEGORÍA TRES CONCEPCIONES SOBRE LA ENSEÑANZA DEL ELECTROMAGNETISMO Y EL PAPEL DE LA HISTORIA Y EL CONTEXTO PROFESIONAL			
DEFINICIÓN	SUBCATEGORIA	CONSECUENCIAS CONTRASTABLES	CUESTIONES A ABORDAR
Está relacionado con los contenidos disciplinares y la perspectiva histórica que el profesor despliega en las clases asociado con contenidos sobre electromagnetismo, considerando que dentro del conocimiento disciplinar del contenido se pueden identificar los aspectos históricos sobre los cuales se han desarrollado teorías, conceptos, métodos y aplicaciones.	Aspectos históricos de los Contenidos sobre electromagnetismo	Sobre lo conceptual Los contenidos conceptuales del electromagnetismo vistos desde una perspectiva histórica realizando sus implicaciones en la construcción de conocimientos en física.	C57 En el curso de electromagnetismo debe hacerse explícito que los fenómenos eléctricos relacionados con las cargas estáticas se conocían desde la antigüedad, al observar como al frotar algunos tipos de tejidos con materiales como ámbar, vidrio o resinas se lograban efectos de repulsión o atracción. C58 La trascendencia de las ideas de Faraday se debió a su intencionalidad de explicar las interacciones desde la teoría de campo reemplazando la noción Newtoniana de acción a distancia. C59 La unificación electromagnética de Maxwell, se apoyó matemáticamente en la formalización de las relaciones halladas experimentalmente para explicar cómo los cambios de los campos magnéticos inducen fuerzas electromotrices y por consiguiente corrientes eléctricas, al igual que los campos eléctricos y las corrientes eléctricas variables en el tiempo generan campos magnéticos. C60 Los procesos históricos sobre los que se construyó el andamiaje del electromagnetismo son un elemento fundamental en la enseñanza de la física para entender cómo se desarrollaron las teorías electromagnéticas e interpretar de mejor manera su conceptualización.

		<p>Sobre lo actitudinal Visión a través de la historia de la ciencia de las actitudes de los científicos como motor en la construcción de conocimientos en física.</p>	<p>C61 Las construcciones científicas en el campo de la Física no necesariamente fueron hechas netamente por físicos, como es el caso William Gilbert, médico personal de la reina Isabel I, quien desarrolló investigaciones sobre magnetismo y fue el primero en relacionar el comportamiento de la tierra con un imán gigante, o Michel Faraday que pese a sus definitivas contribuciones no contaba con educación formal universitaria.</p> <p>C62 Tener en cuenta la historia de la física y sus implicaciones sociales y personales sobre los mismos científicos, son elementos de apoyo en la comprensión y construcción de la naturaleza de las ciencias.</p>
		<p>Sobre lo procedimental Visión a través de la historia de la ciencia de las principales aplicaciones de los desarrollos del electromagnetismo en su momento histórico.</p>	<p>C63 Los procesos sociales se ven impactados por los desarrollos de la Física con las fuentes de corriente continua; tal es el caso del desarrollo de la pila de volta, que abrió paso a aplicaciones prácticas como el telégrafo, la galvanoplastia, la descomposición del agua, las reacciones electroquímicas y además, el origen del concepto de voltaje como el análogo a la presión para caracterizar la capacidad de una fuerza electromotriz (FEM) para generar corriente eléctrica.</p> <p>C64 Los trabajos sobre inducción con los rotores de Faraday se evidencian como una investigación netamente en ciencias básicas, que tuvo grandes implicaciones en la sociedad con la invención de los primeros motores y generadores.</p> <p>C65 Muchos de los descubrimientos en la ciencia se desarrollaron de manera accidental como el de Oersted que se le ocurrió en el desarrollo de una clase.</p> <p>C66 Las principales aplicaciones de la ley de inducción magnética en su momento histórico se vieron reflejadas en el desarrollo del principio de la bobina de inducción y del transformador.</p> <p>C67 Los modelos explicativos de Faraday presentaban carencias en relación a la falta de modelización matemática ya que se desconocía la concepción de intensidad de corriente; y aunque Faraday no tenía claridad en la estructura de la electricidad tampoco se</p>

			<p>casaba con la idea de los fluidos, además que su modelo no aborda explicaciones sobre la fenomenología por la que las fuerzas se propagan.</p> <p>C68 Algunos sucesos históricos ocurridos en el desarrollo de la física se relacionan con construcciones experimentales cruciales que paralelamente tuvieron lugar en la edificación de la ciencia.</p>
--	--	--	---

	<p>Aplicaciones de contenidos sobre electromagnetismo en contextos profesionales específicos</p>	<p>Se tiene en cuenta la importancia de las aplicaciones de los contenidos sobre electromagnetismo, en ambientes de formación de ingenieros y de profesores de física, como elemento necesario e inherente a la clase que puede mejorar la motivación y los aprendizajes de los estudiantes sobre la física.</p>	<p>C69 Un aporte del uso de la historia de la ciencia en la enseñanza es favorecer la anticipación de problemas epistemológicos y ontológicos que puedan dificultar el proceso de aprendizaje de la física.</p> <p>C70 La historia de la ciencia puede contribuir de mejor manera en la construcción de conocimientos en física de los profesores en formación si nos fijamos más en la historia de los problemas que en la de los resultados.</p> <p>C71 El análisis epistemológico de los métodos seguidos en la construcción del conocimiento científico en diferentes momentos de la historia puede brindar indicios de similitud con los procesos de construcción de conocimientos en los estudiantes como lo planteó Piaget.</p> <p>C72 La enseñanza de la física en la formación de profesores, visualizada desde los obstáculos ontológicos y epistemológicos que se presentaron en la construcción de conocimientos científicos, permite interpretar los desarrollos científicos desde procesos de construcción de conocimientos más que de acumulación de información.</p> <p>C73 El conocimiento histórico y epistemológico sobre el desarrollo de la física, adicional a la fundamentación conceptual, permite al profesor de física fundamentar mejor su ejercicio de enseñanza y comprender de mejor manera los posibles obstáculos que puedan tener los estudiantes en el aprendizaje del electromagnetismo.</p> <p>C74 La introducción de un tema de física mejora la recepción de los estudiantes si desde el inicio se contextualiza la utilidad del tema en su contexto profesional específico.</p> <p>C75 La física que se enseña en ingeniería se debe enfocar a sus aplicaciones y en licenciatura a mejorar los procesos de enseñanza de los futuros docentes.</p> <p>C76 Las clases de física deben estar mediadas por la recurrente referencia de las aplicaciones científicas en los desarrollos tecnológicos a través de la historia.</p> <p>C77 La ejemplificación a través de las aplicaciones de la física en las clases son relevantes, pero lo realmente importante es la conceptualización física de los fenómenos.</p> <p>C78 El desarrollo de proyectos de física aplicados a la ingeniería mejora el interés de los estudiantes por el papel de la física en su quehacer profesional.</p> <p>C79 La experimentación en la clase de física debe trascender a sus aplicaciones en otros campos.</p> <p>C80 Los contenidos curriculares de física se enseñan indistintamente de la carrera a la que se dirija, sea ingeniería o licenciatura.</p> <p>C81 La enseñanza de la física en ingeniería se debe orientar a la comprensión de los procesos ingenieriles.</p> <p>C82 La utilidad de la física en la ingeniería está relacionada</p>
--	--	--	---

			<p>con proveer las herramientas conceptuales necesarias para la solución de problemas reales tecnológicos.</p> <p>C83 La enseñanza de la física en la ingeniería debe contribuir en la construcción de modelos y sistemas para la interpretación de situaciones reales.</p> <p>C84 La secuenciación de contenidos es decisiva a la hora de organizar las actividades que se proponen para la clase, sobre cómo se enseña, o cómo se evalúa, etc.</p> <p>C85 Los contenidos curriculares de un curso de electromagnetismo pueden variar dependiendo del contexto profesional de la carrera: en cursos de ingeniería se pueden orientar a las aplicaciones industriales y en cursos de licenciatura hacia los problemas asociados con la enseñanza y el aprendizaje.</p>
--	--	--	--

Instrumentos de indagación

A partir de las categorías de análisis definidas en la matriz anterior, se diseñaron tres instrumentos de indagación para el trabajo con los dos profesores participantes: un cuestionario escrito tipo Likert para la encuesta (Instrumento I, tabla 4), un guion para la realización de una entrevista semiestructurada (Instrumento II, tabla 5) y como tercer instrumento se desarrolló el análisis de las clases de electromagnetismo grabadas en video durante un semestre (Instrumento III, tabla 6), el análisis de los videos se desarrolló con el programa de análisis cualitativo Atlas Ti. Finalmente se realizó un análisis cruzado de contrastación con la información obtenida con los tres instrumentos.

Tabla 4. Instrumento I encuesta para profesores.

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN DOCTORADO INTERINSTITUCIONAL EN EDUCACIÓN						
Respetado profesor con el objetivo de indagar aspectos relacionados con sus preferencias sobre la enseñanza de la física, se le solicita respetuosamente expresar su opinión sobre las proposiciones que a continuación se presentan. Se solicita por favor lea muy bien y luego de estar seguro de entender la afirmación marque con una (X) su nivel de afinidad en acuerdo o desacuerdo con ella.						
N	Afirmaciones	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	No sabe	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
1	El conocimiento científico es un reflejo de la realidad y por tanto garantiza con objetividad su estudio.					
2	El uso de la historia de la ciencia en la enseñanza podría favorecer la anticipación de problemas epistemológicos y ontológicos que puedan dificultar el proceso de aprendizaje de la física.					
3	El conocimiento científico es definitivo, solo se cambia de una teoría a otra si la primera tiene errores trascendentales.					
4	En la enseñanza de las ciencias básicas o aplicadas, lo importante son los desarrollos conceptuales y procedimentales; conocer los problemas históricos o las influencias del contexto en la construcción de ciencia no son relevantes.					
5	El éxito de una investigación científica está asegurado si se siguen pasos rigurosos y escalonados, donde uno es consecuencia del otro, considerando que no habría avances si no se ha terminado por completo el anterior.					
6	Las teorías científicas constituyen un campo de conocimiento en permanente construcción, el cual se ha caracterizado por un desarrollo que no es lineal ni acumulativo, con resultados parciales, temporales y susceptibles de modificar, teniendo en cuenta que no siempre son infalibles y exitosos.					
7	Antes de una nueva actividad de aprendizaje, deben tenerse en cuenta los conocimientos y habilidades de los estudiantes, los cuales juegan un rol importante en la construcción de conocimientos.					
8	Las construcciones científicas en el campo de la Física no necesariamente fueron hechas netamente por físicos, como es el caso de William Gilbert, médico personal de la reina Isabel I, quien desarrolló investigaciones sobre magnetismo y fue el primero en relacionar el comportamiento de la tierra con un imán gigante, o Michel Faraday que pese a sus definitivas contribuciones no contaba con educación formal universitaria.					
9	Los desarrollos históricos que han tenido lugar en la construcción de conocimientos en ciencias e ingeniería, se han generado en ambientes científicos independientes.					
10	Los procesos de enseñanza de la física en cursos universitarios pueden ser mejorados con libros de física contextualizados de acuerdo a los programas profesionales de los estudiantes.					
11	Históricamente, el avance de la ciencia obedece a observaciones no contaminadas por ideas que puedan distorsionarlas.					
12	Lo verdaderamente importante de los conceptos y teorías científicas radica en su formulación y conceptualización, el conocer cómo se desarrolló su construcción es complementario, e incluso no se necesita.					
13	Varios de los sucesos históricos trascendentales en el desarrollo de la física, estuvieron relacionados paralelamente con construcciones experimentales cruciales.					
14	La enseñanza de las ciencias debe estar dirigida a facilitar el descubrimiento, enfrentando a los estudiantes a las mismas tareas y situaciones que vivieron los científicos, para llegar a obtener conclusiones y elaboraciones teóricas iguales.					
15	La ciencia debe ser interpretada desde una visión cultural y profesionalmente contextualizada, teniendo en cuenta que el avance de la ciencia está permeado por el contexto histórico social.					
16	La evaluación en la clase de física debe ser cultural y profesionalmente neutral, limitándose a verificar la adquisición de conceptos, teorías y procedimientos.					

N	Afirmaciones	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	No sabe	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
17	Cuando se evalúan las prácticas experimentales de las clases de física, los aspectos históricos son un componente fundamental que permite evidenciar la comprensión del fenómeno y sus implicaciones en el desarrollo de la Física.					
18	La evaluación de los procesos de aprendizaje debe estar enfocada a valorar la asimilación de conceptos físicos y los procedimientos matemáticos.					
19	La mejor manera de aprender algo es descubrirlo o crearlo por sí mismo, en lugar que otra persona sea el intermediario entre quien aprende y el conocimiento.					
20	Los procesos históricos sobre los que se construyó el andamiaje del electromagnetismo son un elemento fundamental en la enseñanza de la física, para entender cómo se desarrollaron las teorías electromagnéticas e interpretar de mejor manera su conceptualización.					
21	El hecho que los resultados de una investigación científica generalmente dan origen a nuevas investigaciones, es una de las características que determinan la concepción dinámica de la ciencia.					
22	El conocimiento histórico y epistemológico sobre el desarrollo de la física, sumado a la fundamentación conceptual, permite al profesor de física orientar mejor su ejercicio de enseñanza y para comprender los posibles obstáculos que puedan tener los estudiantes en el aprendizaje del electromagnetismo.					
23	Los trabajos sobre inducción de Faraday, fueron investigaciones adelantadas netamente desde las ciencias básicas y tuvieron grandes implicaciones en la sociedad con la invención de los primeros motores y generadores.					
24	Los procesos de enseñanza mejoran si el profesor además del conocimiento disciplinar, posee conocimientos meta disciplinares (históricos, filosóficos y contextualizados en una profesión) de la materia que enseña.					
25	La evaluación en el aprendizaje de la física debe estar relacionada con el contexto profesional en que ésta es enseñada.					
26	La ciencia que conocemos actualmente es definitiva, las teorías conocidas son absolutas, si llegan a cambiar sería excepcionalmente por algún descubrimiento trascendental poco probable.					
27	La utilidad de la evaluación es valorar los efectos de la enseñanza en los aprendizajes.					
28	En la enseñanza de las ciencias, la transmisión de conocimientos está a cargo del profesor y la aplicación de estos a cargo de los estudiantes.					
29	Las principales aplicaciones de la ley de inducción magnética para el desarrollo histórico de la ciencia, se reflejaron en el principio de la bobina de inducción y del transformador.					
30	La motivación de los estudiantes en la introducción de un tema de física, mejorará si desde el inicio se contextualiza la utilidad del tema en un ámbito profesional específico.					
31	Cuando se resuelven problemas prácticos o se hace investigación científica en algún ámbito profesional debe seguirse el método científico.					
32	En los procesos de evaluación en las clases de física, las implicaciones de la historia de la física en la construcción de conocimientos científicos, debe ser un factor importante para tener en cuenta.					
33	La manera en cómo se determina la secuenciación de contenidos, es decisiva a la hora de organizar las actividades que se proponen para la clase, así como para definir factores tales sobre cómo se enseña o cómo se evalúa, etc.					
34	En clase es importante discutir como los aportes de Faraday, Ampere, Oersted y otros, debieron esperar cerca de 50 años para la unificación de la teoría electromagnética de Maxwell.					
35	La ciencia avanza por la repetición sistemática de experiencias que conducen a generalizaciones para dar lugar a teorías.					

Tabla 5. Instrumento II guion de la entrevista.

GUIÓN ENCUESTA SEMIESTRUCTURADA PROFESORES

Grupo uno preguntas Concepciones de ciencia

1. ¿Cree usted que el experimento se puede considerar como una mera corroboración de hipótesis?
2. ¿Se podría decir que cada problema científico es independiente y aislado de los demás?
... Entonces...
3. ¿Un problema científico termina cuando se resuelve la pregunta inicial y se está listo para pasar a resolver otro?

Grupo dos preguntas El papel de la ciencia

4. ¿Está de acuerdo con afirmar, que los avances que tengan lugar en los contextos profesionales relacionados con la ciencia, como la ingeniería, dependen estrictamente de la evolución de la ciencia?
5. ¿La historia de la ciencia ha mostrado que las construcciones científicas son producto de unos pocos grandes genios?
6. ¿Cree usted que el desarrollo de la ciencia a través de la historia ha sido independiente de la utilización que de ella se haga en un ámbito profesional, es decir los avances profesionales no repercuten de nuevo en el avance de las ciencias?
7. ¿Cree usted que la construcción y evolución de la ciencia ha estado marcada por circunstancias políticas, económicas, militares y sociales de la humanidad?
8. ¿Para una investigación científica es necesario la revisión de trabajos previos como referentes que articulan la fundamentación teórica de una nueva investigación?

Grupo tres preguntas Modalidades de enseñanza

9. Qué opinión le merece la afirmación:

En la enseñanza de las ciencias la extensión de contenidos es más importante que la profundidad con que éstos se tratan.

10. En el proceso de enseñanza y aprendizaje, la enseñanza se puede visualizar como la facilitadora del aprendizaje, donde el profesor moviliza su rol de instructor del conocimiento al papel de un guía del proceso.

¿Está de acuerdo?

11. ¿Está de acuerdo con que el conocimiento disciplinar del profesor debe enriquecerse con conocimientos didácticos derivados de la investigación y la innovación en Didáctica, sobre como aprenden los estudiantes y sobre cómo mejorar los procesos de enseñanza?

12. ¿Cree usted que en la enseñanza de la física los referentes históricos de la ciencia deben considerarse como un elemento representativo para el aprendizaje y la evaluación?
13. ¿Una evaluación contextualizada podrá arrojar evidencia sobre la relación que los estudiantes hacen de los contenidos de la física con su entorno profesional?

**Grupo cuatro preguntas
Relaciones historia-física-clase**

14. ¿Considera usted que la trascendencia de las ideas de Faraday se debió a su intencionalidad de explicar las interacciones desde la teoría de campo reemplazando la noción Newtoniana de acción a distancia?
15. ¿Cree usted que el aporte fundamental de Maxwell a la teoría electromagnética se orientó a la formalización de las relaciones halladas experimentalmente para explicar cómo el cambio de los campos magnéticos induce fuerzas electromotrices y por consiguiente corrientes eléctricas, al igual que los campos eléctricos y las corrientes eléctricas variables en el tiempo generan campos magnéticos?
16. ¿Considera usted que es importante discutir en clase de física casos como el de Henry Cavendish y Joseph Henry, quienes propusieron sus teorías o experimentos, pero no consiguieron el crédito de la comunidad científica por no publicar sus trabajos, y éste fue atribuido a otros que publicaron sus resultados primero?
17. ¿En la clase de física involucrar la historia de la física y sus implicaciones sociales y personales sobre los mismos científicos, puede representar un elemento de apoyo para la comprensión y construcción de la naturaleza de las ciencias?
18. ¿Qué piensa sobre la importancia en la clase de física de analizar cómo los procesos sociales se ven impactados por los desarrollos de la física?

Ejemplo:

Como la pila de volta, que abrió paso a aplicaciones prácticas como el telégrafo, la galvanoplastia, la descomposición del agua, las reacciones electroquímicas y además, el origen del concepto de voltaje como el análogo a la presión para caracterizar la capacidad de una fuerza electromotriz (FEM) para generar corriente eléctrica.

19. ¿Considera usted que en la clase de física debe hacerse mención que muchos de los descubrimientos en la ciencia se desarrollaron de manera accidental, como el caso de Oersted quien encontró como una corriente eléctrica que circula por un conductor genera un campo magnético en sus cercanías, y que fue un suceso ocasional que se le ocurrió en el desarrollo de una clase?
20. ¿Qué opinión le merece afirmar que los modelos explicativos de Faraday presentaban carencias en relación a la falta de modelización matemática?

Si se tiene en cuenta que para esta época se desconocía la concepción de intensidad de corriente; y aunque Faraday no tenía claridad en la estructura de la electricidad tampoco se casaba con la idea de los fluidos, además que su modelo no aborda explicaciones sobre la fenomenología por la que las fuerzas se propagan.

21. ¿Cree usted que la historia de la ciencia puede contribuir de mejor manera en la construcción de conocimientos en física de los profesores en formación, si nos fijamos más en la historia de los problemas que en la de los resultados?

22. Qué opinión le merece plantear que:

En la formación de profesores, la enseñanza de la física visualizada desde los obstáculos ontológicos y epistemológicos que se presentaron en la construcción de conocimientos científicos, permite interpretar los desarrollos científicos como procesos de construcción de conocimientos más que de acumulación de información.

23. ¿Cree usted que los contenidos curriculares de un curso de electromagnetismo pueden variar dependiendo del contexto profesional de la carrera?

Por ejemplo: en cursos de ingeniería se pueden orientar a las aplicaciones industriales y en cursos de licenciatura hacia los problemas asociados con la comprensión de conceptos en el acto de enseñanza y de aprendizaje.

Tabla 6. Instrumento III rejilla para análisis de clase.

REJILLA DE OBSERVACIÓN DE LA CLASE	
C4	La ciencia básica busca descubrir el comportamiento de la naturaleza.
C5	La ciencia aplicada utiliza los descubrimientos científicos para resolver problemas prácticos.
C8	El conocimiento científico surge de dar explicaciones verdaderas del mundo.
C12	La formación de los ingenieros está orientada a resolver problemas prácticos del mundo y la de los científicos a descubrir y formular leyes.
C13	Históricamente la ciencia avanza de forma continua y lineal mediante la acumulación de conocimientos.
C15	En la historia de la ciencia no existen cambios de paradigmas, solo acumulación de conocimientos.
C29	El estudiante no posee ningún tipo de conocimiento previo sobre el tema.
C30	No hay relación causal entre aprendizaje y enseñanza son independientes uno del otro.
C32	El aprendizaje de las ciencias se enfoca en conocer una gran variedad de contenidos conceptuales dejando de lado el aprendizaje de procedimientos y de actitudes positivas hacia la ciencia.
C34	En la enseñanza de la física se privilegia su componente disciplinar sobre el profesional según la carrera en la que se enseña.
C35	En la experimentación en física no se genera motivación por abordar problemas aplicados a contextos reales, de tal manera que su enseñanza no trasciende a otros campos distintos a este conocimiento.
C36	En la enseñanza de la física no se involucran problemas en contexto como elemento principal de la clase.
C37	En el desarrollo de las clases de física en la universidad se deja en un segundo plano o casi no se tiene en cuenta el componente contextual de la carrera en la que se enseña.
C40	El rol del experimento hace parte de la formación investigativa que deriva en la construcción de conocimientos científicos.
C41	En el aprendizaje lo importante no es la acumulación de información y contenidos.

- C42** En la enseñanza de la ciencia se tiene en cuenta la naturaleza de la ciencia como una actividad humana de continuo cambio, caracterizada por una construcción y evolución que ha estado marcada por las situaciones políticas económicas, militares y sociales de la humanidad.
- C43** La enseñanza de la ciencia se orienta a partir de la contextualización del entorno profesional de los estudiantes.
- C48** La enseñanza de las ciencias debe estar dirigida a facilitar el descubrimiento, enfrentando a los estudiantes a las mismas tareas y situaciones que vivieron los científicos, para llegar a obtener conclusiones y elaboraciones teóricas iguales.
- C57** En el curso de electromagnetismo debe hacerse explícito que los fenómenos eléctricos relacionados con las cargas estáticas se conocían desde la antigüedad, al observar como al frotar algunos tipos de tejidos con materiales como ámbar, vidrio o resinas se lograban efectos de repulsión o atracción.
- C58** La trascendencia de las ideas de Faraday se debió a su intencionalidad de explicar las interacciones desde la teoría de campo reemplazando la noción Newtoniana de acción a distancia.
- C61** Las construcciones científicas en el campo de la Física no necesariamente fueron hechas netamente por físicos, como es el caso William Gilbert, médico personal de la reina Isabel I, quien desarrolló investigaciones sobre magnetismo y fue el primero en relacionar el comportamiento de la tierra con un imán gigante, o Michel Faraday que pese a sus definitivas contribuciones no contaba con educación formal universitaria.
- C63** Los procesos sociales se ven impactados por los desarrollos de la Física con las fuentes de corriente continua; (como por ejemplo, el desarrollo de la pila de volta, que abrió paso a aplicaciones prácticas como el telégrafo, la galvanoplastia, la descomposición del agua, las reacciones electroquímicas y además, el origen del concepto de voltaje como el análogo a la presión para caracterizar la capacidad de una fuerza electromotriz (FEM) para generar corriente eléctrica).
- C65** Muchos de los descubrimientos en la ciencia se desarrollaron de manera accidental.
- C68** Algunos sucesos históricos ocurridos en el desarrollo de la física se relacionan con construcciones experimentales cruciales que paralelamente tuvieron lugar en la edificación de la ciencia.
- C69** Un aporte del uso de la historia de la ciencia en la enseñanza es favorecer la anticipación de problemas epistemológicos y ontológicos que puedan dificultar el proceso de aprendizaje de la física.
- C70** La historia de la ciencia puede contribuir de mejor manera en la construcción de conocimientos en física de los profesores en formación si nos fijamos más en la historia de los problemas que en la de los resultados.
- C72** La enseñanza de la física en la formación de profesores, visualizada desde los obstáculos ontológicos y epistemológicos que se presentaron en la construcción de conocimientos científicos, permite interpretar los desarrollos científicos desde procesos de construcción de conocimientos más que de acumulación de información.
- C73** El conocimiento histórico y epistemológico sobre el desarrollo de la física, adicional a la fundamentación conceptual, permite al profesor de física fundamentar mejor su ejercicio de enseñanza y comprender de mejor manera los posibles obstáculos que puedan tener los estudiantes en el aprendizaje del electromagnetismo.
- C74** La introducción de un tema de física mejora la recepción de los estudiantes si desde el inicio se contextualiza la utilidad del tema en su contexto profesional específico.
- C75** La física que se enseña en ingeniería se debe enfocar a sus aplicaciones y en licenciatura a mejorar los procesos de enseñanza de los futuros docentes.
- C76** Las clases de física deben estar mediadas por la recurrente referencia de las aplicaciones científicas en los desarrollos tecnológicos a través de la historia.
- C77** La ejemplificación a través de las aplicaciones de la física en las clases son relevantes, pero lo realmente importante es la conceptualización física de los fenómenos.
- C78** El desarrollo de proyectos de física aplicados a la ingeniería mejora el interés de los estudiantes por el papel de la física en su quehacer profesional.
- C79** La experimentación en la clase de física debe trascender a sus aplicaciones en otros campos.
- C80** Los contenidos curriculares de física se enseñan indistintamente de la carrera a la que se dirija, sea ingeniería o licenciatura.
- C81** La enseñanza de la física en ingeniería se debe orientar a la comprensión de los procesos ingenieriles.
- C82** La utilidad de la física en la ingeniería está relacionada con proveer las herramientas conceptuales necesarias para la solución de problemas reales tecnológicos.
- C83** La enseñanza de la física en la ingeniería debe contribuir en la construcción de modelos y sistemas para la interpretación de situaciones reales.

Validación de la matriz de categorías de análisis e instrumentos

La validación con expertos se llevó a cabo en dos momentos, en una primera instancia se sometió a revisión la matriz de categorías de análisis construida, con tres pares evaluadores expertos (E1, E2 y E3). Para esta validación, se envió a los evaluadores la matriz de categorías de análisis junto con una carta de presentación y resumen ejecutivo del proyecto, donde se especificaba de manera global los objetivos, el problema y el diseño metodológico del proyecto de investigación.

Esta validación de contenido buscaba establecer criterios de redacción, pertinencia y coherencia entre las categorías de análisis diseñadas y los objetivos del problema planteado en la investigación. Una vez recibidos los comentarios y sugerencias por parte de estos expertos, se discutieron sus aportes y recomendaciones para realizar ajustes a la matriz, relacionados con: a) La reconfiguración de categorías, considerando que inicialmente se tenían planteadas cuatro categorías, con base en las recomendaciones se ajustaron a tres. b) Se modificó el enfoque de algunas subcategorías, para mejorar su coherencia con las cuestiones contrastables o para poder cruzar de mejor manera información con otras categorías. c) Se agregaron algunas cuestiones a abordar para complementar los criterios de indagación que buscaban las cuestiones contrastables. Luego de los aportes de los expertos, la matriz de categoría se consolidó de acuerdo a la configuración descrita en las tablas 1, 2 y 3.

Posteriormente, en una segunda etapa y a partir de la matriz modificada, se construyeron los instrumentos que fueron utilizados en los tres momentos de indagación con los dos profesores participantes, para la realización de la encuesta tipo Likert, la entrevista semiestructurada y la rejilla de observación para el análisis de las clases grabadas en video. En esta etapa, se tuvo la

oportunidad de tener encuentros personales con los expertos (E4, E5 y E6) para validar los instrumentos, en los cuales se logró leer, analizar y replantear algunos aspectos claves de los instrumentos. De tal manera, que estos instrumentos fueron ajustados según las observaciones de estos expertos, para mejorar las intenciones de la encuesta, la entrevista y los elementos más dicientes que podían buscarse en los videos, descritos en las tablas 4, 5 y 6.

Los expertos que contribuyeron en la validación de la matriz y los instrumentos, además de tener conocimiento en el tema del proyecto y experiencia en el diseño y evaluación de instrumentos, poseen las siguientes características profesionales: experto 1 (E1), es Licenciada en Química con Maestría en Docencia de la Química y Doctorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales, profesora de la Universidad Distrital, Colombia; experto 2 (E2), es Físico con Doctorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales, profesor Universidad de Extremadura, España; experto 3 (E3), es Licenciada en Física con Maestría y Doctorado en Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas, profesora Universidad de Extremadura, España; experto 4 (E4), es Licenciado en Física con Doctorado en Educación, profesor Universidad Distrital, Colombia; experto 5 (E5), es Ingeniera Electricista con Doctorado en Educación, profesora Universidad Nacional de Rosario, Argentina y el experto 6 (E6), es Licenciada en Física con Doctorado en Didáctica y Organización Escolar, profesora Universidad Nacional de Rosario, Argentina.

Análisis cruzado de instrumentos

Una vez desplegados los tres instrumentos de indagación se procedió a realizar el análisis de los mismos. Inicialmente se realizó la observación de las clases, para este propósito las sesiones fueron grabadas en video, con cada profesor se grabaron cerca de 6 clases equivalente a 12 horas

aproximadamente, el contenido de las grabaciones fue transcrito en su totalidad e introducido al programa de análisis cualitativo Atlas Ti, dentro del programa se hizo la codificación de las categorías teniendo en cuenta las matrices de análisis de las tablas 1, 2 y 3. Para la estructura de esta codificación, se configuraron los componentes de estas matrices según los elementos de interpretación del programa Atlas Ti, de esta forma, las categorías se introdujeron como súper familias, la subcategorías como familias y las consecuencias contrastables como códigos, aquí se debe tener en cuenta que esta elaboración solo se realizó con las consecuencias contrastables declaradas en el instrumento III (tabla 6), considerando, que de acuerdo a la selección de intenciones y técnica de indagación, se escogieron grupos diferentes de consecuencias contrastables provenientes de las matriz de categorías para direccionarlas a cada uno de los tres instrumentos.

Paralelamente se implementó el instrumento II, correspondiente al cuestionario descrito en la tabla 4, este cuestionario fue analizado únicamente de forma cualitativa, considerando que solamente se aplicó a los dos profesores que participaron de la investigación, de tal manera que este análisis no implicó involucrar elementos estadísticos para determinar tendencias de las respuestas, coeficientes de correlación o fiabilidad de las escalas de medición. En tal sentido, se realizó una interpretación a cada una de las posiciones que los profesores manifestaban para las afirmaciones propuestas, para buscar determinar, según la consecuencia contrastable, cuál era el sentido de estar o no de acuerdo con la afirmación.

Una vez desarrollados los análisis de la observación de las clases y la encuesta, se realizó la entrevista semiestructurada con cada profesor, para buscar complementar información y corroborar aspectos sobresalientes o necesarios de aclaración, de acuerdo a la información

obtenida hasta ese momento proveniente de los instrumentos II y III. La entrevista jugó un rol importante, porque además de realizarse como complemento de estos dos instrumentos, luego de las sesiones de discusión y análisis con los expertos E5 y E6, fue necesario volver a realizarla y entrevistarse con los profesores Cano y Alex, para revalidar algunos aspectos poco claros o inconclusos, que surgieron del análisis cruzado de los tres instrumentos.

El análisis de los instrumentos tuvo dos momentos esencialmente, por un lado, se realizó el análisis de cada instrumento como se describió anteriormente, posteriormente con los análisis individuales se realizó una comparación de información y análisis cruzado para la interpretación global de los tres instrumentos. Es importante mencionar que en esta etapa de análisis se contó con la colaboración y participación de los expertos E5 y E6, quienes además de ayudar en la validación de los instrumentos contribuyeron en la interpretación del resultado de los mismos.

Fase dos: Trabajo colaborativo con profesores, sobre los aspectos didácticos y el contexto profesional

Esta fase busco desarrollar un programa de actividades para el trabajo con los profesores Cano y Alex, mediante investigación acción colaborativa, con el propósito de reconocer las reflexiones sobre su práctica profesional a partir de elementos introductorios de la didáctica de las ciencias experimentales y el papel del contexto profesional de desempeño. En esta fase, la investigación cambió la dinámica de trabajo y en esta instancia se orientó desde la investigación-acción. Conjuntamente con los profesores participantes y como producto de las reflexiones provenientes de la fase uno, se inició una fase de trabajo cooperado, con la intención de construir indicadores que posibiliten la identificación de los elementos necesarios y significativos cuando

en las prácticas educativas se involucran aspectos históricos de la física y el entorno profesional de los estudiantes. Estas actividades se realizaron en el marco de jornadas de discusión y reflexión que buscaron profundizar sobre los rasgos importantes hallados en la primera fase y los soportes que arrojaron los resultados de algunos antecedentes y estudios indagados a lo largo de la investigación.

En este panorama, se buscó desarrollar un programa de formación de profesores que pretendió la generación de un cambio didáctico, abocado desde el trabajo reflexivo, participativo y motivado por parte de Cano y Alex. Considerando, que el cambio didáctico se entiende como el cambio en las concepciones, actitudes y los esquemas de acción del profesorado, que generen modificaciones en las manifestaciones habituales de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, para trasladarse a otras maneras de interpretar, desarrollar y explicitar lo que ha de ser el proceso propio de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

De acuerdo a esto, el trabajo con los profesores Cano y Alex pretendió, no solamente contribuir al desarrollo de una investigación doctoral, sino también aportar a estos docentes en la mejora de su ejercicio profesional, al hacer ver la necesidad de investigar en la enseñanza de las ciencias, considerando que no es suficiente con saber aspectos disciplinares acerca de la materia que se enseña, además de reconocer que existen elementos de la didáctica de las ciencias que son fundamentales para mejorar la actividad docente. Es importante notar que, en particular para los docentes participantes del programa, representó una buena posibilidad para potenciar su desarrollo profesional docente. En este sentido, las finalidades formativas del programa, buscaban que los profesores participantes movilizaran sus ideas espontaneas sobre la enseñanza hacia ideas de mayor nivel de desarrollo. También se pretendió que los profesores elaboraran, ideas razonables y

argumentadas sobre la didáctica de las ciencias, la naturaleza de las ciencias y el papel de la historia y filosofía de las ciencias en la enseñanza, con el propósito de encontrar posibilidades de incorporar los nuevos conocimientos construidos a sus clases, a través del uso del contexto histórico y profesional en la enseñanza de la física. Se buscó entonces, como producto de este programa de formación de profesores, entre otros, el diseño de estrategias de aula, la organización de posibles secuencias didácticas para las clases de electromagnetismo, el planteamiento de prácticas de laboratorio relevantes según su aporte histórico y de relevancia para el contexto profesional. Todos estos aportes, configurados como elementos relevantes y trascendentales para reorientar la enseñanza de la física, a partir de una propuesta de enseñanza para algunos temas de electromagnetismo.

Diseño del programa de formación

El diseño y desarrollo del programa tuvo dos partes, que se denominarán como diseño y rediseño, teniendo en cuenta que inicialmente se propuso un programa el cual fue concebido y elaborado a partir de las pretensiones de los objetivos de la tesis, posteriormente luego del trabajo llevado a cabo en la pasantía realizada en la Universidad Nacional de Rosario en Argentina, bajo la asesoría de los profesores Graciela Utges, Beatriz Millicic y Alberto Jar, se consideró necesario replantear las intenciones de algunas actividades y reorientar el programa hacia discusiones más profundas a partir de lecturas de mayor rigurosidad, soporte y aporte teórico de los elementos e hitos históricos del electromagnetismo.

Diseño del programa

El diseño inicial consideraba el programa enmarcado en cinco partes (ver tabla 7), en la primera parte buscaba abordar discusiones en torno a las ideas previas de los profesores sobre la

concepción de ciencia y la enseñanza y aprendizaje de la ciencia, la segunda parte pretendía hacer una reflexión sobre lo que debe saber hacer una profesor, la tercera parte abordaba temáticas relacionadas con el papel de la historia y filosofía de las ciencias como herramienta para la enseñanza, en la cuarta parte se pretendía desarrollar la construcción de una trama histórica sobre el electromagnetismo y finalmente en la última parte se discutiría sobre la importancia de involucrar el contexto profesional de los estudiantes en la enseñanza de la física.

Tabla 7. Estructura del diseño del programa.

DISEÑO DEL PROGRAMA
<p>Preguntas generales que orientaran el desarrollo del programa desde la contextualización de la física según la orientación profesional de los estudiantes.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cómo secuenciar contenidos científicos? 2. ¿Cómo priorizar competencias científicas? 3. ¿Cómo abordar trabajos prácticos de laboratorio? 4. ¿Cómo elaborar unidades didácticas para el trabajo en el aula? 5. ¿Cómo evaluar los aprendizajes de los estudiantes?
<p>PARTE 1 IDEAS PREVIAS 1 sesión (4 horas)</p>
<p>Objetivo</p>
<p>Reconocer las ideas previas que tienen los profesores sobre la concepción de ciencia y la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.</p>
<p>PARTE 2 REFLEXIONAR SOBRE QUE DEBE SABER UN PROFESOR DE CIENCIAS 2 sesiones (6 horas)</p>
<p>Objetivos</p>
<p>Acercar a los docentes del programa hacia algunas de las estructuras contemporáneas de la didáctica de las ciencias, discutiendo aproximaciones conceptuales del recorrido realizado en la construcción de las teorías y momentos trascendentales, a partir del análisis histórico del desarrollo de la Didáctica de las Ciencias Experimentales.</p> <p>Reflexionar sobre las necesidades de la enseñanza de las ciencias particularmente de la física, a la luz de los planteamientos didácticos actuales y de analizar los problemas frecuentes a los que nos enfrentamos los profesores de ciencias en nuestra práctica docente cotidiana.</p>
<p>Pregunta orientadora</p>

¿Qué hemos de conocer los Profesores de Ciencias?		
Lecturas		
Lectura	Responsables	Fecha
Gil, D. (1991) ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? <i>Enseñanza de las Ciencias</i> , 9(1), 69-77.	Todos	Sesión 2 3h
Mellado, J V. (2001) ¿Por Qué A Los Profesores De Ciencias Nos Cuesta Tanto Cambiar Nuestras Concepciones Y Modelos Didácticos? <i>Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado</i> , nº 40, abril 2001, pp. 17 - 30	Todos	
Porlán A. R. (1998) . Pasado, presente y futuro De la didáctica de las ciencias. <i>Enseñanza de las ciencias</i> , 1998, 16 (I), 175-185	Todos	Sesión 3 3h
Pozo, J.I (1999) Aprender y enseñar ciencia. Madrid. Morata. Cap 8: Enfoques para la enseñanza de las ciencias.	Todos	
Chalmers, A. F. (1989) ¿Qué es esa cosa llamada ciencia? Madrid: Siglo XXI de España Editores, S.A. Cap 8: Las teorías como estructuras y los paradigmas de Kuhn.		ANEXO
<p>PARTE 3 EL PAPEL DE LA HISTORIA Y FILOSOFÍA DE LAS CIENCIAS COMO HERRAMIENTA PARA LA ENSEÑANZA 4 sesiones (8 horas)</p>		
Objetivos		
<p>Introducir a los docentes a las reflexiones asociadas con la utilización de la historia y filosofía de las ciencias en la enseñanza, para reconocer las posiciones teóricas fundamentales a favor y en contra de su inclusión.</p> <p>Identificar condiciones curriculares que promueven la mejora en la enseñanza y el aprendizaje de la física cuando se incluye la historia y la filosofía de las ciencias</p>		
Pregunta orientadora		
<p>¿Qué factores de la enseñanza y el aprendizaje de la física se favorecen con la utilización de la historia y filosofía de las ciencias en la enseñanza?</p>		
Lecturas		
Lectura	Responsables	Fecha
Matthews, M.R. (1994) Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. <i>Enseñanza de las Ciencias</i> , 12(2), 255-277.	Todos	Sesión 4-5 4h
Mellado, V. Y Carracedo, D. (1993) . Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias, <i>Enseñanza de las Ciencias</i> , 11(3), pp. 331-339.	Profe A	
Soledad Esteban (2003) . La perspectiva histórica de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias. <i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i> , Vol. 2, Nº3, 399-415.	Profe B	

Solbes, J. y Traver, M. J. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza De la física y la química. <i>Enseñanza de las Ciencias</i> . 14 (I), pp. 103-112.	Profe A	Sesión 6-7 4h
Izquierdo, M. Auduriz-Bravo y Quintanilla M. (2007) Discusión en torno a un modelo para introducir la historia de la ciencia en la formación inicial del profesorado de ciencias. En Investigar en la enseñanza de la química, nuevos horizontes; contextualizar y modelizar. Editorial UAB. Barcelona. 174-193.	Profe B	
Whitaker, M. A. B. (2002). History and quasihistory in physics education-part I. <i>Physics Education</i> 08/2002; 14(2):108. DOI: 10.1088/0031-9120/14/2/009.	Profe B	
Sánchez Ron, J.M. (1998). Usos y abusos de la historia de la Física en la enseñanza. <i>Enseñanza De Las Ciencias</i> , 1988, 6 (2), 179-188.	Profe A	
PARTE 4 INDAGANDO LA HISTORIA DEL ELECTROMAGNETISMO 8 sesiones (16 horas)		
Objetivos		
Identificar cuestiones históricas y filosóficas internalistas y externalistas en el electromagnetismo que han propiciado el desarrollo de conocimientos e implicaciones técnicas y tecnológicas asociadas.		
Pregunta orientadora		
¿Cuáles momentos de la historia del electromagnetismo podrían ser relevantes en la enseñanza de la física para favorecer de mejor manera su aprendizaje?		
Lecturas		
Lectura	Responsables	Fecha
ELECTRICIDAD		
Gamow, G. (1987). Biografía de la Física. Salvat. Barcelona. Cap 5: Edad de la electricidad PARTE I	Todos	Sesión 8-9 4h
Gribbin, J. (2005). Historia de la Ciencia 1543-2000. Crítica. Barcelona. Cap 3: Los primeros científicos.	Todos	
Furio, C., Guisasola, J. y Zubimendi, J. L. (1998) Problemas históricos y dificultades de aprendizaje en la Interpretación newtoniana de fenómenos electrostáticos Considerados elementales. <i>Investigações em ensino de ciências</i> . V(3), pp. 165-188.	Profe A	
Guisasola, J., Montero, A y Fernández, M. (2008). La historia del concepto de fuerza electromotriz en circuitos eléctricos y la elección de indicadores de aprendizaje comprensivo. <i>Revista Brasileira de Ensino de Física</i> , v. 30, n. 1, 1604 (2008)	Profe B	
Buchwald and Fox, R. (2014). History Of physics. The oxford handbook. Cap 14. ELECTRICITY AND MAGNETISM TO VOLTA	Todos	Sesión 10-11 4h
ELECTROMAGNETISMO		
Almudí, J.M. (2002). «Campos magnéticos producidos por cargas móviles: dificultades de aprendizaje y propuesta constructivista de enseñanza en primer curso universitario de física general». Tesis doctoral. Departamento de Física Aplicada. Universidad del País Vasco. Cap 3. Fundamentación teórica de las hipótesis principales	Todos	Sesión 12-13 4h
Gamow, G. (1987). Biografía de la Física. Salvat. Barcelona. Cap 5: Edad de la electricidad PARTE II	Todos	
Silver, B. L. (2005). El ascenso de la Ciencia. Fondo de cultura económica. México. Cap 8. Piedra imán, el ámbar y el relámpago	Todos	
Gribbin, J. (2005). Historia de la Ciencia 1543-2000. Crítica. Barcelona. Cap 5 Hágase la Luz	Todos	

Holton, G. (1978): Introducción a los conceptos y teorías de las Ciencias Físicas. Barcelona: Reverté. Cap 25: Teoría del campo electromagnético.	Todos	Sesión 14-15 4h
Acevedo Díaz. (2004) El papel de las analogías en la creatividad de los científicos: la teoría del campo electromagnético de maxwell como caso paradigmático de la historia de las ciencias. <i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias (2004), Vol. 1, Nº 3, pp. 188-205.</i>	Todos	
Belendez A. (2008). La unificación de luz, electricidad y magnetismo: la síntesis electromagnética" de Maxwell. <i>Revista Brasileira de Ensino de Física</i> , v. 30, n. 2, 2601.	Todos	
Orozco, C.J (1996). El encanto de la diferenciación: Aproximaciones con Faraday a la Enseñanza de las ciencias. Tesis de Maestría. UPN Cap III-IV-V.	ANEXO	
PARTE 5 EL ROL DE LA CONTEXTUALIZACIÓN PROFESIONAL EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA 2 sesiones (8 horas)		
Objetivos		
<p>Debatir e identificar la importancia de involucrar el contexto profesional de los estudiantes en la enseñanza de la física.</p> <p>Plantear las posibles restricciones que tiene la inclusión del contexto profesional en la enseñanza de la física.</p>		
Preguntas orientadoras		
<p>¿De qué manera puede ser posible la inclusión del contexto en la enseñanza?</p> <p>¿Cuáles elementos teóricos o prácticos de la física deben ser tenidos en cuenta cuando se involucra el contexto profesional en su enseñanza?</p>		
Lecturas		
Lectura	Responsables	Fecha
Beatriz Milicic, Graciela Utges. (2008) Transposición didáctica y dilemas de los profesores en la enseñanza de <i>física para no físicos</i> . <i>Investigações em Ensino de Ciências – V13(1)</i> , pp.7-33.	Profe A	Sesión 16-17 4h
Beatriz Milicic, Vicente Sanjosé. (2007) La cultura académica como condicionante del pensamiento y La acción de los profesores universitarios de física. <i>Investigações em Ensino de Ciências – V12(2)</i> , pp.263-284.	Profe B	
Finkelstein, N. (2005). Learning physics in context: a study of student learning about electricity and magnetism. <i>International Journal of Science Education</i> . Volume 27, Issue 10, pp. 1187-1209.	Todos	Sesión 18-19 4h
Taasobshirazi, G. y Carr, M. (2008). A review and critique of context-based physics instruction and assessment. <i>Educational Research Review</i> . 3 155–167.	Todos	
Posada, J. M (1996). Hacia una teoría sobre las ideas científicas de los alumnos: Influencia del contexto. <i>Enseñanza de las Ciencias</i> . 14 (3), 303-314.	ANEXO	

Rioseco, M.; Romero, R. (1997) "La contextualización de la enseñanza de la Física y el uso de los programas de TV" Enseñanza de las Ciencias. Número Extra. V Congreso. p. 271-272.	ANEXO	
--	--------------	--

Rediseño del programa

Luego de realizadas las dos primeras partes del programa y cuando se estaba iniciando la tercera, se tuvo la oportunidad de hacer la pasantía en Rosario Argentina, con el apoyo de los profesores Graciela, Beatriz y Alberto, antes mencionados. En el trabajo realizado con estos profesores, además de consolidar el análisis de la primera fase, se logró discutir el diseño del programa que se estaba implementando, y en consecuencia gracias a profundas sesiones que nos permitieron reflexionar, analizar, cuestionar, devaluar, construir, deconstruir y reelaborar. Se consiguió definir las prioridades que debería tener el programa de acuerdo a la formación de los profesores y al posible impacto que del mismo se espera, es así, como se rediseño el programa teniendo en cuenta los siguientes factores:

a). Las actividades restantes del programa deberían girar en torno a la historia del electromagnetismo esencialmente.

b). Los elementos faltantes de las partes 3 y 5 del programa inicial, se consideró debería abordarse de manera complementaria a medida que fuese necesario en las discusiones históricas del electromagnetismo, es decir no deberían ocupar sesiones aisladas con lecturas específicas de estos tópicos, sino que, en la medida que se avanzara dentro de la construcción histórica desarrollada se recurriera a ellas para fundamentar o dar sentido didáctico o epistemológico a alguna discusión.

c). La revisión histórica del electromagnetismo debería tener lecturas de mayor rigurosidad, en tal sentido se hizo necesario redefinir los autores y las fuentes. Para este propósito, se contó con

la reconocida trayectoria del grupo de investigación de la profesora Graciela y el amplio conocimiento y experiencia en la historia de la física del profesor Alberto, de tal manera que fue posible replantear las lecturas, para conocer de manera más profunda aspectos históricos claves sobre la construcción de conocimientos del electromagnetismo.

d). Se planteó que, debido a la extensión que tiene la historia del electromagnetismo y la rigurosidad del análisis histórico que se requería hacer en el marco de una tesis doctoral, se hacía necesario, luego de reconocer los hitos históricos representativos del electromagnetismo, la selección de solamente dos o tres temas para profundizar. Estos temas deberían escogerse en consenso y concordancia con la motivación de los profesores Cano y Alex, de acuerdo a su potencial interés y uso en sus clases, según cada programa académico, licenciatura o ingeniería.

Los factores y elementos que hicieron parte del rediseño del programa se presentan en la descripción de la fase tres a continuación.

Fase tres: Construcción colaborativa de elementos históricos

El objetivo de esta fase consistió en construir colaborativamente con los profesores Cano y Alex algunos aspectos del contexto histórico interno y externo del desarrollo teórico y práctico del electromagnetismo, que pudieran ser posibles de incorporar como estrategia de cambio didáctico para la enseñanza de la física en contextos profesionales específicos.

De acuerdo al rediseño del programa, surgieron dos propuestas para encaminar la forma como se podría abordar el recorrido histórico del electromagnetismo dentro del programa de formación en curso. Por un lado, la propuesta uno que se muestra en la figura 1, planteaba primero la identificación de los hitos históricos representativos del electromagnetismo, para luego ubicar dentro de ellos cuatro categorías de búsqueda relacionadas con cambios de paradigmas, obstáculos

epistemológicos, experimentos cruciales y desarrollos tecnológicos, de tal manera que se pudieran estudiar a fondo para buscar determinar sus momentos, causas e implicaciones en la historia de la física y el desarrollo de la ciencia, y a partir de esto, como tercera actividad se lograra caracterizar los elementos de interés histórico que fueran posibles de incorporar en clases para licenciados en física o para ingenieros eléctricos.

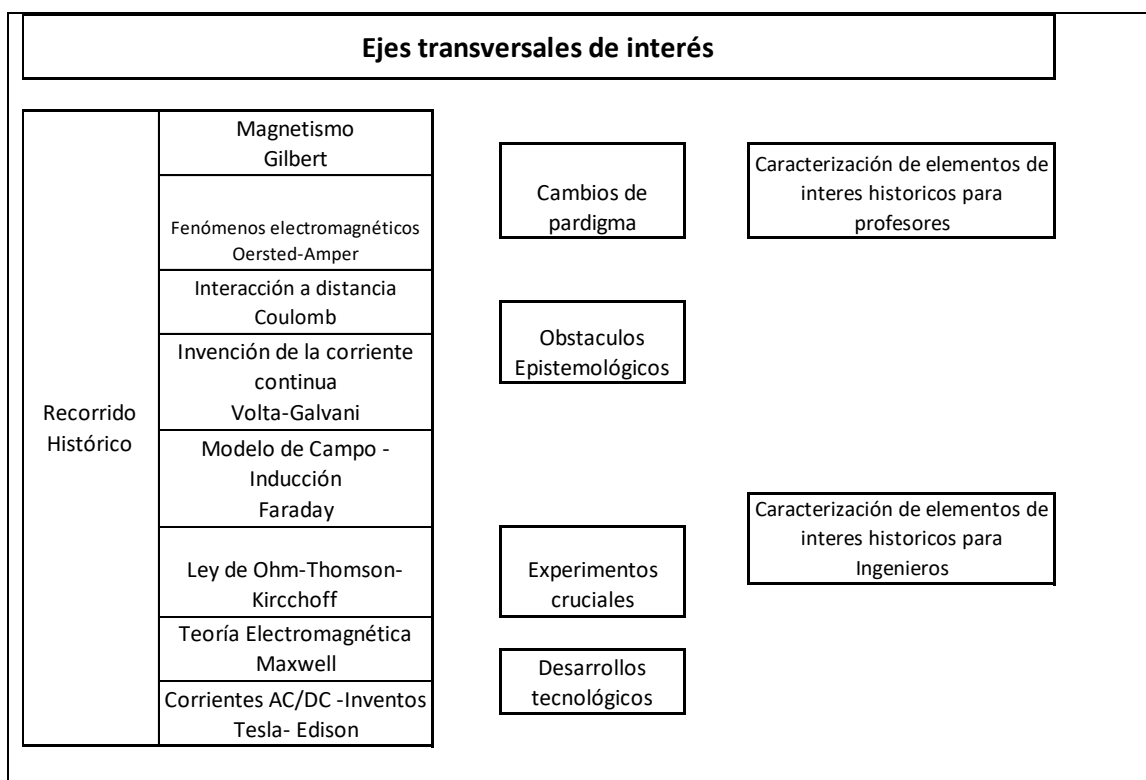


Figura 1. Propuesta uno para el rediseño del programa de formación.

En la segunda propuesta mostrada en la figura 2, se planteó al igual que en la anterior, primero una identificación de los hitos históricos representativos del electromagnetismo, y con base en la potencialidad temática que algunos de estos hitos tienen en cada contexto de formación, ingeniería o licenciatura, se debería seleccionar uno o dos temas para profundizar según los intereses del docente de ingeniería (DI) Alex y el docente de licenciatura (DL) Cano. Una vez desarrollado el estudio a fondo de los temas escogidos, como cierre del programa, se realizaría la

planificación de una clase, que tuviera en cuenta los elementos construidos en el programa, con cada uno de los docentes.

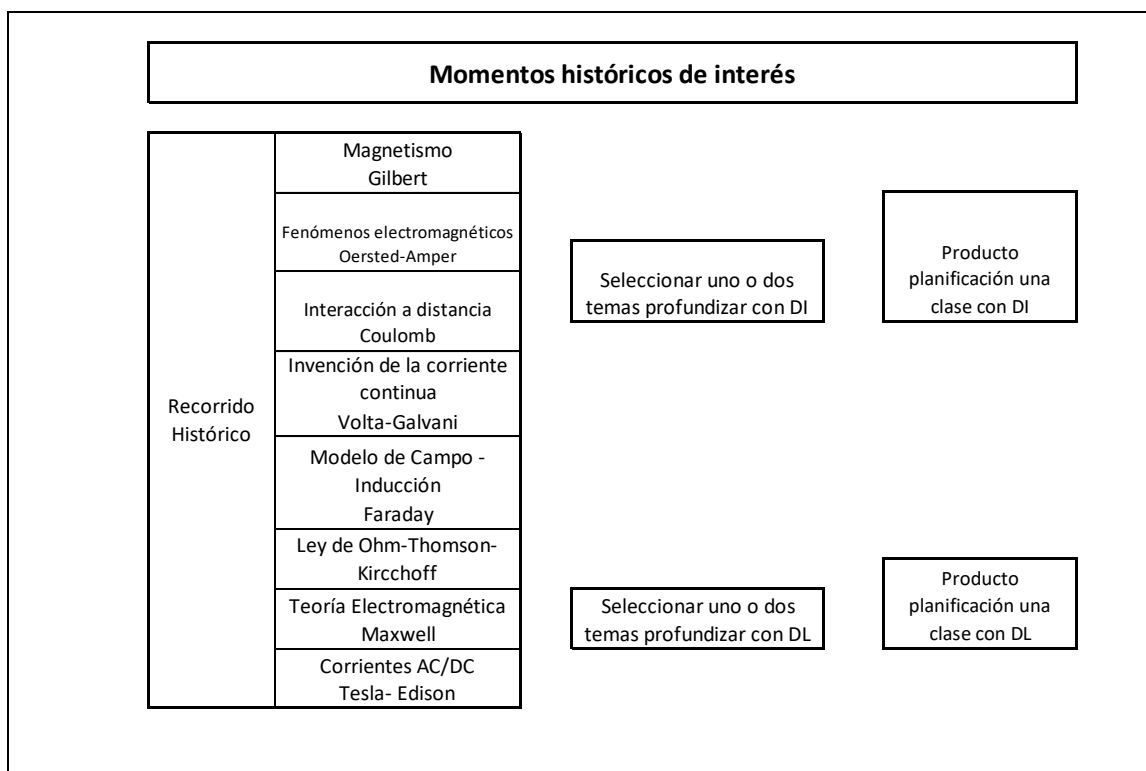


Figura 2. Propuesta dos para el rediseño del programa de formación.

En las figuras 1 y 2, se muestran enunciados los temas planteados como hitos representativos para el recorrido histórico del electromagnetismo, esta construcción se realizó como un producto elaborado fruto de las reflexiones adelantadas con los profesores dentro del programa de formación, los aportes recibidos con el grupo de discusión en la Universidad Nacional de Rosario y el trabajo de consolidación del autor y director de la tesis. La recolección de estas discusiones y reflexiones se presentan en el capítulo dos, donde se describe el recorrido histórico del electromagnetismo y se hace alusión a algunas de sus implicaciones didácticas. Este aporte para el marco teórico de esta tesis, se refleja como uno de los productos obtenidos en esta fase de trabajo.

Luego de proponer la reorientación del programa, en consenso con los profesores Cano y Alex, se eligió seguir la propuesta de reelaboración del programa número dos, mostrada en la figura 2. La realización de esta parte del programa se desarrolló en tres momentos, primero se consolidó la reconstrucción de los hitos históricos sobre electromagnetismo descritos anteriormente. Para el segundo momento, se seleccionaron tres temáticas específicas de este recorrido histórico que se consideraron relevantes, como se sustentará en el capítulo de resultados, para profundizar de acuerdo a la motivación e intenciones de los dos profesores y las necesidades de los programas de formación implicados. En este sentido, los temas seleccionados fueron: 1) la construcción del modelo de campo y campo electromagnético; 2) el desarrollo y papel de los experimentos de electricidad, magnetismo y electromagnetismo y 3) el aporte al desarrollo tecnológico de Nicola Tesla. Finalmente, en el tercer momento y como complemento al cierre del programa, se realizó el diseño y planificación de una clase, considerando los elementos construidos en el programa. En las tablas 8, 9 y 10 se presenta una descripción de las fuentes documentales utilizadas para el estudio de las tres temáticas seleccionadas.

Tabla 8. Lecturas de trabajo sobre modelo de campo electromagnético.

Descripción de la fuente	Capítulo-Sección
Cantor, G. N. (1981). <i>Conceptions of Ether: Studies in the History of Ether Theories, 1740-1900</i> . Michael Jonathan Sessions Hodge (Editor). Cambridge University Press; First Edition edition.	The electrical field before Faraday
Harman, P.M. (1990). <i>Energía, fuerza y materia, el desarrollo conceptual de la física del siglo XIX</i> . Alianza editorial, Madrid.	1. Sección El éter y las teorías del campo. (p.19) 2. Capítulo IV. Materia y fuerza: El éter y las teorías del campo (p.93).
Whitaker, Edmund. (1951). <i>A history of the theories of aether and electricity</i> . Thomas Nelson and Sons LTD, Toronto.	Sección, Maxwell's mechanical model of the electromagnetic field (p. 276).

Tabla 9. Lecturas de trabajo sobre experimentos electromagnetismo.

Temática del Experimento	Descripción de la fuente	Capítulo-Sección
Ley Coulomb	Meyer, H. (1972). A History of electricity and magnetism. Burndy Library, Norwalk, Connecticut.	Sección Electroscopes. (p.46-49).
	Buchwald, J. (2014). The History Of physics. The oxford handbook. Oxford University, United Kingdom.	Cap 14. Electricity and magnetism to volta. Sección: Robison and Coulomb.
Botella de Leyden	Buchwald, J. (2014). The History Of physics. The oxford handbook. Oxford University, United Kingdom.	Cap 14. Electricity and magnetism to volta. Sección: The Leyden Jar Renovates the Electric Lboratory.
	Heilbron, J.L. (1979). Electricity in the 17th and 18th centuries, A study of early modern physics. University of California Press. Los Angeles.	Capitulo XIV. Benjamin Franklin. Sección, The Leyden Jar.
Experimentos de Benjamin Franklin	Heilbron, J.L. (1979). Electricity in the 17th and 18th centuries, A study of early modern physics. University of California Press. Los Angeles.	Capitulo XIV. Benjamin Franklin. Capitulo XV. The reception of Franklins views in Europe.
Pila de Volta	Galloni, E. (1965). La invención de la pila eléctrica. Editorial Universitaria de Buenos Aires, Bueno Aires.	Todo el libro
	Meyer, H. (1972). A History of electricity and magnetism. Burndy Library, Norwalk, Connecticut.	Capitulo Voltaic Electricity.
Corrientes y campo magnético Oersted y Ampere	Perez M ^a Carmen. (2003). Orígenes del electromagnetismo. Oersted y Ampere. Científicos por la historia. Nivola Libros y ediciones. España.	Todo el libro
Inducción, rotores electromagnéticos de Faraday	Crowther, J. G. (1945) Humphry Davy-Michael Faraday, Hombres de ciencia Británicos del siglo XIX. Colección Austral. Buenos Aires.	Capitulo Michael Faraday.
	Whitaker, Edmund. (1951). A history of the theories of aether and electricity. Thomas Nelson and Sons LTD, Toronto.	Capítulo VI. Faraday.
	Meyer, Herbert. (1972). A History of electricity and magnetism. Burndy Library, Norwalk, Connecticut.	Capítulo IV. Faraday and Henry
Generador de Van de Graaff	Meyer, Herbert. (1972). A History of electricity and magnetism. Burndy Library, Norwalk, Connecticut.	Sección: Accelerators and Atomic Research. (p.249-252).
Ondas electromagnéticas Henry Hertz	Meyer, Herbert. (1972). A History of electricity and magnetism. Burndy Library, Norwalk, Connecticut.	Sección: Hertz Discovers Electromagnetic Waves. (p.198-199).
	Holton, G. (1978): Introducción a los conceptos y teorías de las Ciencias Físicas. Editorial Reverté. Barcelona.	Sección 25.4 Experimentos de Hertz. (p. 625-628).

Tabla 10. Lecturas de trabajo sobre desarrollos de Nicola Tesla.

Descripción de la fuente	Observaciones del texto
Nicola Tesla. (2002). Experiments whit Alternate Currents of high potential and high frecuency. Fredonia Books. Amsterdam. 162.	Describe con detalle los experimentos con corriente alterna de Tesla.
David Childress, Nicola Tesla. (1993). The Fantastic Inventions of Nikola Tesla. Adventures Unlimited Press. USA.	Presenta bosquejos de los planos originales que Tesla desarrollo de sus inventos.
Trinkaus, G. (1988). Tesla, The Lost Inventions. High Voltage Press. Porland.	Este libro recoge según el autor algunas de las patentes de Tesla, dibujos originales y extractos de artículos publicados por Tesla.
Tesla, N. (1919). Tesla Yo y la Energía Título original: My inventions & The Problem of Ingreasing Human Energy. Traducción: Cristina Núñez Pereira.	Primera parte relata la historia social de la vida de Tesla sus inventos y sus implicaciones. Segunda parte recopila la presentación que Tesla hizo sobre sus experimentos en 1919.
Cheney, Margaret. (2009). Nikola Tesla. El genio al que le robaron la luz. Turner. Madrid.	Muestra aspectos de la vida de Tesla y sus logros. Capítulos 4 y 5.
Nikola Tesla. (2008). El Hombre que Iluminó el Mundo”, Catalogo Exposición, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid. 14 de octubre hasta el 12 de diciembre de 2008.	Recorrido histórico general con ubicación de fechas sobre inventos y eventos de su vida.

Además, como uno de los aspectos más sobresalientes del programa, se lograron evidenciar algunas modificaciones en las actitudes y conductas de los procesos de enseñanza de los dos profesores involucrados en el trabajo Cano y Alex, al comparar el despliegue de sus clases en esta última fase, con las concepciones de enseñanza y la práctica de sus clases analizadas en la fase uno.

En los capítulos de resultados se muestra el análisis de las fases adelantadas de acuerdo a los objetivos y etapas proyectadas; los análisis desarrollados se muestran en tres apartados: en el capítulo IV se hace una descripción de los resultados obtenidos desde la caracterización de la epistemología personal docente en la fase número uno, la cual aborda una caracterización de los dos profesores participantes de esta investigación Cano y Alex. El capítulo V, recoge el trabajo realizado con los dos profesores dentro del programa de formación, relacionado con el

acercamiento y reflexión sobre algunos aspectos introductorios a la didáctica de las ciencias. En el capítulo VI, se describen aspectos identificados en el trabajo colaborativo sobre la reconstrucción histórica del electromagnetismo y las reflexiones de cierre de los profesores participantes del programa.

Capítulo IV

Resultados y análisis para la caracterización de escenarios y práctica profesional de los profesores

Este capítulo busca mostrar el análisis de la fase inicial adelantada de acuerdo a los objetivos y etapas proyectadas; se hace una descripción de los resultados obtenidos en la caracterización de la epistemología personal docente de los profesores Cano y Alex, que participaron dentro del programa de formación desplegado en esta investigación, para identificar sus concepciones de ciencia, trabajo científico, enseñanza, rol de la física y sus modalidades de enseñanza en los escenarios y práctica profesional de estos profesores.

Caracterización de profesores Cano y Alex

Dentro del ejercicio y el saber profesional de los profesores de ciencias, existe un conjunto de concepciones que constituyen lo que se denomina la epistemología personal docente. Como se discutió en la fundamentación teórica, dicha componente del conocimiento de un profesor aborda esencialmente dos horizontes, por un lado están las componentes conceptuales de los esquemas de conocimientos propios sobre la ciencia, la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias; por otro lado, están las componentes actitudinales de los profesores que definen la toma de decisiones, los grados de aceptación o rechazo y las ideas y creencias que los profesores manifiestan en relación con la ciencia y con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Se presentan a continuación los resultados obtenidos con la aplicación de los tres instrumentos diseñados, que como intención esencial buscaban rastrear lo que piensan, lo que dicen y lo que hacen los docentes intervenidos en esta investigación, para caracterizar la epistemología personal docente inicial de los profesores; a través de un cuestionario tipo Likert, una entrevista semiestructurada y el análisis de las clases de electromagnetismo grabadas en video. De primera mano se presentan los resultados obtenidos con cada instrumento para los dos

profesores; sobre la encuesta se muestra la valoración asignada por los profesores a las preguntas del cuestionario (ver tabla 11), en relación a la entrevista se presenta un extracto de las respuestas y comentarios que se consideraron relevantes para cada pregunta (ver tabla 12), y finalmente sobre la rejilla de observación de las clases, que fue analizada cualitativamente con el software Atlas Ti, se muestran las vistas de red, consolidadas por categoría de análisis para las clases filmadas, sobre la cual se presentan las imágenes de consolidación de resultados para la codificación en las tres categorías de análisis para cada profesor (ver figuras 3-8).

Luego de realizar el análisis de los resultados arrojados por cada instrumento como se describió en el capítulo anterior, se procedió a una triangulación de información para la construcción del análisis cruzado que permitiera la contrastación e interpretación adecuada de la información recolectada mediante los tres instrumentos. Los resultados de este análisis cruzado se presentan consolidados para cada profesor buscando describir a profundidad sus concepciones sobre la ciencia y el trabajo científico, sus concepciones sobre la enseñanza de las ciencias y sus modalidades de enseñanza habitual de la física, el papel de la historia y el contexto profesional en la enseñanza de la física, caso particular electromagnetismo.

Resultados Instrumentos de indagación

Instrumento I: Cuestionario

Inicialmente se presentan los resultados consolidados de Cano y Alex para el instrumento I (Anexo 1). Para cada una de las 35 afirmaciones que conformaron el instrumento construido, a partir de las tres categorías de análisis, se asignaron valoraciones de 1 a 5 según su nivel de afinidad con cada afirmación así: 1=Totalmente en desacuerdo, 2=En desacuerdo, 3=No sabe, 4=De acuerdo, 5=Totalmente de acuerdo.

Tabla 11. Resultados Instrumento I, cuestionario tipo Likert.

N	Afirmaciones	Valoración Alex	Valoración Cano
1	El conocimiento científico es un reflejo de la realidad y por tanto garantiza con objetividad su estudio.	4	2
2	El uso de la historia de la ciencia en la enseñanza podría favorecer la anticipación de problemas epistemológicos y ontológicos que puedan dificultar el proceso de aprendizaje de la física.	5	4
3	El conocimiento científico es definitivo, solo se cambia de una teoría a otra si la primera tiene errores trascendentales.	1	2
4	En la enseñanza de las ciencias básicas o aplicadas, lo importante son los desarrollos conceptuales y procedimentales; conocer los problemas históricos o las influencias del contexto en la construcción de ciencia no son relevantes.	1	2
5	El éxito de una investigación científica está asegurado si se siguen pasos rigurosos y escalonados, donde uno es consecuencia del otro, considerando que no habría avances si no se ha terminado por completo el anterior.	2	3
6	Las teorías científicas constituyen un campo de conocimiento en permanente construcción, el cual se ha caracterizado por un desarrollo que no es lineal ni acumulativo, con resultados parciales, temporales y susceptibles de modificar, teniendo en cuenta que no siempre son infalibles y exitosos.	5	4
7	Antes de una nueva actividad de aprendizaje, deben tenerse en cuenta los conocimientos y habilidades de los estudiantes, los cuales juegan un rol importante en la construcción de conocimientos.	5	4
8	Las construcciones científicas en el campo de la Física no necesariamente fueron hechas netamente por físicos, como es el caso de William Gilbert, médico personal de la reina Isabel I, quien desarrolló investigaciones sobre magnetismo y fue el primero en relacionar el comportamiento de la tierra con un imán gigante, o Michel Faraday que pese a sus definitivas contribuciones no contaba con educación formal universitaria.	5	4
9	Los desarrollos históricos que han tenido lugar en la construcción de conocimientos en ciencias e ingeniería, se han generado en ambientes científicos independientes.	1	2
10	Los procesos de enseñanza de la física en cursos universitarios pueden ser mejorados con libros de física contextualizados de acuerdo a los programas profesionales de los estudiantes.	5	4
11	Históricamente, el avance de la ciencia obedece a observaciones no contaminadas por ideas que puedan distorsionarlas.	2	2
12	Lo verdaderamente importante de los conceptos y teorías científicas radica en su formulación y conceptualización, el conocer cómo se desarrolló su construcción es complementario, e incluso no se necesita.	1	2
13	Varios de los sucesos históricos trascendentales en el desarrollo de la física, estuvieron relacionados paralelamente con construcciones experimentales cruciales.	5	4
14	La enseñanza de las ciencias debe estar dirigida a facilitar el descubrimiento, enfrentando a los estudiantes a las mismas tareas y situaciones que vivieron los científicos, para llegar a obtener conclusiones y elaboraciones teóricas iguales.	4	2
15	La ciencia debe ser interpretada desde una visión cultural y profesionalmente contextualizada, teniendo en cuenta que el avance de la ciencia está permeado por el contexto histórico social.	4	2

16	La evaluación en la clase de física debe ser cultural y profesionalmente neutral, limitándose a verificar la adquisición de conceptos, teorías y procedimientos.	2	2
17	Cuando se evalúan las prácticas experimentales de las clases de física, los aspectos históricos son un componente fundamental que permite evidenciar la comprensión del fenómeno y sus implicaciones en el desarrollo de la Física.	4	4
18	La evaluación de los procesos de aprendizaje debe estar enfocada a valorar la asimilación de conceptos físicos y los procedimientos matemáticos.	2	2
19	La mejor manera de aprender algo es descubrirlo o crearlo por sí mismo, en lugar que otra persona sea el intermediario entre quien aprende y el conocimiento.	4	4
20	Los procesos históricos sobre los que se construyó el andamiaje del electromagnetismo son un elemento fundamental en la enseñanza de la física, para entender cómo se desarrollaron las teorías electromagnéticas e interpretar de mejor manera su conceptualización.	5	4
21	El hecho que los resultados de una investigación científica generalmente dan origen a nuevas investigaciones, es una de las características que determinan la concepción dinámica de la ciencia.	5	4
22	El conocimiento histórico y epistemológico sobre el desarrollo de la física, sumado a la fundamentación conceptual, permite al profesor de física orientar mejor su ejercicio de enseñanza y para comprender los posibles obstáculos que puedan tener los estudiantes en el aprendizaje del electromagnetismo.	4	4
23	Los trabajos sobre inducción de Faraday, fueron investigaciones adelantadas netamente desde las ciencias básicas y tuvieron grandes implicaciones en la sociedad con la invención de los primeros motores y generadores.	2	5
24	Los procesos de enseñanza mejoran si el profesor además del conocimiento disciplinar, posee conocimientos meta disciplinares (históricos, filosóficos y contextualizados en una profesión) de la materia que enseña.	5	4
25	La evaluación en el aprendizaje de la física debe estar relacionada con el contexto profesional en que ésta es enseñada.	2	4
26	La ciencia que conocemos actualmente es definitiva, las teorías conocidas son absolutas, si llegan a cambiar sería excepcionalmente por algún descubrimiento trascendental poco probable.	1	1
27	La utilidad de la evaluación es valorar los efectos de la enseñanza en los aprendizajes.	3	4
28	En la enseñanza de las ciencias, la transmisión de conocimientos está a cargo del profesor y la aplicación de estos a cargo de los estudiantes.	1	2
29	Las principales aplicaciones de la ley de inducción magnética para el desarrollo histórico de la ciencia, se reflejaron en el principio de la bobina de inducción y del transformador.	4	4
30	La motivación de los estudiantes en la introducción de un tema de física, mejorará si desde el inicio se contextualiza la utilidad del tema en un ámbito profesional específico.	5	4
31	Cuando se resuelven problemas prácticos o se hace investigación científica en algún ámbito profesional debe seguirse el método científico.	3	3
32	En los procesos de evaluación en las clases de física, las implicaciones de la historia de la física en la construcción de conocimientos científicos, debe ser un factor importante para tener en cuenta.	2	2
33	La manera en cómo se determina la secuenciación de contenidos es decisiva a la hora de organizar las actividades que se proponen para la clase, así como para definir factores tales sobre cómo se enseña o cómo se evalúa, etc.	2	4
34	En clase es importante discutir como los aportes de Faraday, Ampere, Oersted y otros, debieron esperar cerca de 50 años para la unificación de la teoría electromagnética de Maxwell.	4	2
35	La ciencia avanza por la repetición sistemática de experiencias que conducen a generalizaciones para dar lugar a teorías.	2	4

Instrumento II: Entrevista

A continuación se muestran apartes de la entrevista realizada a cada profesor (textos completos ver Anexo 2). Para el desarrollo de la entrevista se asignaron subtítulos más cortos con el propósito de ubicar de mejor manera a Cano y Alex dentro del contexto de la pregunta, enmarcados dentro de las mismas tres categorías de análisis. Para cada una de las preguntas se

muestran transcripciones abreviadas, que resaltan lo más representativo de las respuestas o los comentarios realizados por los entrevistados; la transcripción de este documento requirió de la elaboración de un primer análisis que buscaba extraer, de las respuestas de los profesores, lo verdaderamente representativo y pertinente para la caracterización que se pretendía en esta fase.

Tabla 12. Resultados Instrumento II, entrevista.

Entrevista Semiestructurada	
CONCEPCIONES DE CIENCIA,	
1. ¿Cree usted que el experimento se puede considerar como una mera corroboración de hipótesis?	<p>Cano: <i>No, no creo porque, pues para mí el experimento es la base de las ciencias, es a partir del experimento que uno modela de alguna forma lo que está tratando de estudiar y de ahí en adelante es que montando la teoría uno puede hacer predicciones y esas predicciones pueden ser corroboradas y puede seguir un círculo, no es simplemente una mera corroboración de hipótesis, para mí es la base para definir cualquier formulación o modelo.</i></p> <p>Alex: <i>No, realmente me parece que en las ciencias físicas, bueno en las ciencias en general sobre todo en las que están basadas en el positivismo el experimento es la base tanto, la base de la disciplina...el trabajo de laboratorio no requiere una hipótesis si no se sacan sus conclusiones a partir de relaciones que se encuentran dentro del experimento, para mí el experimento es la base de la disciplina y o sea no existe otra base diferente.</i></p>
2. ¿Se podría decir que cada problema científico es independiente y aislado de los demás?	<p>Cano: <i>...yo puedo hacer analogías con... fluidos desde el punto de vista matemático y de esa manera creo que hay una conexión entre diferentes problemas científicos, entonces no creo que sean independientes entre sí los problemas científicos, no hay un aislamiento y hay una conexión completa.</i></p> <p>Alex: <i>...para mí cualquier problema científico y sobretodo eso en la actualidad no está dividido en ramas de las ciencias...entonces es un error tratar de decir que los problemas científicos son aislados por ejemplo como la física la química y que los problemas además visto desde un lenguaje de la física, se ha comprobado que todos los sistemas son correlacionados entonces los problemas sociales están correlacionados a los procesos ambientales, a los procesos químicos...</i></p>
3. Entonces qué opinión le merece pensar que un problema científico termina cuando se resuelve la pregunta inicial y se está listo para pasar a resolver otro, entonces, un problema científico tiene un principio específico y un fin específico y cuando se termina se puede pasar resolver otro.	<p>Cano: <i>... yo creo que no es así...creo que usted arranca con una pregunta inicial y puede terminar en otras cosas, puede responder su pregunta pero se da cuenta que hay muchas otras para responder...</i></p> <p>Alex: <i>No, los problemas científicos no se pueden ver como si fueran proyectos donde yo planteo una pregunta y después pongo la metodología y digo el resultado, los problemas en ciencias son por su carácter no determinista inciertos ...para la comprensión humana aún estamos lejos de llegar a una comprensión absoluta entonces lo que hay son puntos de vista de diferentes disciplinas, de la misma disciplina desde diferentes ángulos, pero esos puntos de vista siempre se pueden relacionar y entonces generan nuevos puntos de vista entonces nunca se puede resolver en su totalidad.</i></p>
4. ¿Está de acuerdo con afirmar, que los avances que tengan lugar en los contextos profesionales relacionados con la ciencia, como la ingeniería, dependen estrictamente de la evolución de la ciencia?	<p>Cano: <i>...pues si uno lo mira específicamente desde el campo del electromagnetismo sí, históricamente creo que muchos de los avances tecnológicos vienen de las ecuaciones de Maxwell, entonces desde ese punto de vista, sí estoy de acuerdo y creo que hoy en día, ramas como la tecnología, la ingeniería en términos de aplicaciones, yo diría que sí, sí estoy de acuerdo.</i></p>

Alex: Bueno, lo que sucede es que las disciplinas tienen una evolución, cada una es diferente por su carácter y pues el quehacer profesional del profesor que es retransmitir esos conocimientos ...nos generan unos estándares, unos formatos para poderlos llevar a clase, otra cosa es que el estudiante en su quehacer profesional coja esos estándares y los retroalimente con su quehacer profesional ... una cosa es explicarles que existen las leyes de Newton, otra cosa es relacionar por ejemplo los efectos electromagnéticos sobre por ejemplo algo muy común, sobre cargas inducidas que se pueden tener en un contexto por ejemplo de la biología que es diferente que en el contexto de la ingeniería eléctrica ...el contexto de la ciencia es importante porque es el que da el profesor pero ellos tienen que retroalimentarlo y ponerlo en sus propios contextos.

5. ¿La historia de la ciencia ha mostrado que las construcciones científicas son producto de unos pocos grandes genios?

Cano: ... no creo, creo que eso sería no tener en cuenta cuanta gente que ha trabajado en la ciencia a hacer aportes pequeños... creo que las construcciones científicas son producto del trabajo de muchísima gente, me parece que los grandes genios fueron los que retomaron todo ese trabajo de mucha gente y lo plasmaron... a veces muchas veces la historia está errada en muchas cosas...

Alex: No, aquí hay dos teorías y yo pertenezco a una de ellas que es que tenemos unos pocos genios que generan los grandes avances en la ciencia, otra teoría es que es como un río muchos los van alimentando, claro hay uno más ancho que otros pero al final tenemos un todo como una disciplina en específico, entonces no estoy de acuerdo con eso yo creo que todas las personas que se piensan esa disciplina aportan, claro hay personas que cogen esos pequeños avances los organizan y pareciera que fueron grandes avances ...el caso de Einstein, Einstein lo que realmente hace es coger los trabajos de Planck, de Lorentz entonces parece un gran genio pero entonces lo que es, es un gran organizador de muchos trabajos de muchas personas de forma independiente, entonces no estoy de acuerdo.

6. ¿Cree usted que el desarrollo de la ciencia a través de la historia ha sido independiente de la utilización que de ella se haga en un ámbito profesional, es decir los avances profesionales no repercuten de nuevo en el avance de las ciencias?

Cano: No, no creo, creo que muchas situaciones van de la mano, es decir eee yo creo, yo pondría el ejemplo del computador tal vez se llegó a alguna cosa por medio de físicos con el transistor y sus orígenes fueron los computadores y luego se pensaron como hacer física para mejorar el comportamiento del computador, que los computadores cuánticos, creo que hoy en día van muy de la mano...

...uno lo ve por ejemplo en el CERN, se desarrolla lo último en ciencia pero es gracias a los desarrollos tecnológicos...el mejor ejemplo, para medir características de las partículas necesitamos un detector ... y están construidos gracias a la ingeniería y a la ciencia.

Alex: Uy no, el avance de las aplicaciones finalmente genera retroalimentaciones a la disciplina, un ejemplo de esto Tomas Alba Edison y el otro es ¿cómo se llama? Tesla, realmente ellos no son desarrolladores científicos como tal ¿sí? ellos son ingenieros que cogieron esa disciplina muy prematura y la aplicaron de cierta forma, pero ellos mismos generaron retroalimentación a la ciencia, entonces no se puede decir que la ciencia es independiente de la aplicación, no, se aplica, cuando salen los problemas se retroalimenta en una ciencia que genere esas aplicaciones.

7. ¿Cree usted que la construcción y evolución de la ciencia ha estado marcada por circunstancias políticas, económicas, militares y sociales de la humanidad?

Cano: ...eee muy seguramente ... pero sí, definitivamente me parece que sí ha estado marcada por las circunstancias políticas, económicas y especialmente me parece hoy en día militares, mucha de la física me parece que hoy es pensada con objetivos militares. El saber cuántico que está realmente afectando el campo de investigaciones militares. Entonces parte de la evolución de la ciencia sí está marcada.

Alex: Pues generalmente sí, ...pues realmente todo es un conjunto completo, uno no puede sacar por un lado la política de la parte económica y de la parte científica, por ejemplo, hablando de estos temas está pues el desarrollo de la energía nuclear y de toda la física nuclear que realmente es un problema político que se genera en la segunda guerra mundial, y toda esa segunda guerra mundial nace es de lo económico, de la caída de los años 30 entonces uno dice bueno, que tiene que ver la física nuclear con la caída de los años 30 pero sucede que la caída de la bolsa que es un efecto económico generó una guerra en Europa y esa guerra le metieron dinero para poder desarrollar un armamento y ese armamento genera un cúmulo de conocimientos llamado física nuclear, entonces no veo que se pueda desligar nunca, siempre está algo relacionado.

8. ¿Para una investigación científica es necesario la revisión de trabajos previos como referentes que articulan la fundamentación teórica de una nueva investigación?

Cano: ..Si, realmente hay que conocer que se ha hecho, como se ha hecho y hasta donde se ha hecho...

Alex: Pues es que es obligatorio ¿no? porque si Ud. no tiene una línea de base donde se pueda parar Ud. esta, no está haciendo realmente una investigación científica, podría estar haciendo una reproducción de unos resultados que alguien más obtuvo, perder un tiempo, porque no está contextualizado dentro del ambiente científico, también es obligatorio pero no concibo una.

MODALIDADES DE ENSEÑANZA

9. Qué opinión le merece la afirmación: En la enseñanza de las ciencias la extensión de contenidos es más importante que la profundidad con que éstos se tratan.

Cano: No, no estoy de acuerdo, me parece que esa es una afirmación típica de la escuela en la que hay que meter todo lo que se pueda meter sin dejar claras las cosas de física, yo soy más de los que, si no alcanzo... lo omito, realmente busco que lo que se cubra, se cubra pues realmente con mucha más calidad... si uno deja bien esa base ya el estudiante puede caminar solo, y profundizar.

Alex:...no me atrevería a decir que una cosa es más importante que la otra porque hay unos temas que se deben tratar muy por encima para que los estudiantes que estén interesados los puedan desarrollar después de una forma mucho más profunda, y que si uno omite esa curiosidad por ese tema no se enteraría nunca, entonces me parece que ninguna es más importante que la otra...

Cuando yo tengo que escoger yo sacrifico la profundidad...me parece que los estudiantes hay que mostrarles que ellos pueden después dependiendo de su curiosidad puedan profundizar de forma independiente, creo en el trabajo independiente del estudiante entonces la profundidad es un trabajo de él...mi responsabilidad es mostrarles, la de él es profundizar...

10. En el proceso de enseñanza y aprendizaje, la enseñanza se puede visualizar como la facilitadora del aprendizaje, donde el profesor moviliza su rol de instructor del conocimiento al papel de un guía del proceso. ¿Está de acuerdo?

Cano: Si, si, si, lo que entiendo es que no es el personaje que básicamente habla y que sabe todo y el estudiante básicamente se dedica a escuchar, si estoy de acuerdo, me parece que es una forma mucho más conveniente de enseñanza y aprendizaje... uno a veces también aprende del estudiante, las preguntas que hacen los estudiantes lo ponen a uno a estudiar...

Alex: Pues sí, yo si estoy de acuerdo con esa afirmación pero de pronto eso toca analizarlo desde más puntos de vista, porque no es lo mismo en una actividad por ejemplo con niños, con estudiantes de bachillerato o estudiantes universitarios ... porque yo creo que en la educación profesional si es la facilitadora, pero en el colegio básicamente lo que se enseña es lo que se aprende, porque son muchos contenidos que no va profundización, ...mientras que en la universidad por su contexto, el profesor simplemente es un guía mientras que el estudiante puede profundizar todo lo que quiera...

11. ¿Está de acuerdo con que el conocimiento disciplinar del profesor debe enriquecerse con conocimientos didácticos derivados de la investigación y la innovación en Didáctica, sobre como aprenden los estudiantes y sobre cómo mejorar los proceso de enseñanza?

Cano: Si, si, si... ahí entra realmente el papel del licenciado, del profesor, para nuestro caso no es solamente saber física, es también saber qué estrategias se usan para tratar de pasar ese conocimiento de la forma más eficiente... si me parece que es la forma correcta de enseñar física.

Alex: Estoy de acuerdo totalmente en educación primaria y media, estoy de acuerdo parcialmente en la educación superior del profesional ¿Por qué? pues lo mismo que estábamos hablando ahorita está ligado a lo anterior, en la educación primaria y media el profesor como es el absoluto dueño de la verdad porque los estudiantes de alguna manera, no porque él se crea así sino que porque los estudiantes no consultan otras verdades, ...poder enriquecer ese proceso de enseñanza y aprendizaje debe tener unos criterios didácticos muy fuertes, ... mientras que en la universidad, me parece que es parcialmente, existen partes del conocimiento que no requieren didáctica, simplemente son y se tienen que dar así, no hay un formato preestablecido pero es difícil salirse del formato e incluir formas didácticas dentro del formato, por ejemplo, la mecánica cuántica, Ud. como le mete didáctica a la mecánica cuántica, porque para hacer didáctica tiene que hacer analogías y las analogías en la mecánica cuántica no son permitidas por que lo que generan después es errores conceptuales, hay que decir, la matemática es esta y esta es la teoría matemática pero hay otras como por ejemplo la mecánica newtoniana que si puede meterle didáctica porque como es la experiencia sensible del estudiante, entonces la didáctica si podría entrar y favorecer ese proceso.

12. ¿Cree usted que en la enseñanza de la física los referentes históricos de la ciencia deben considerarse como un elemento representativo para el aprendizaje y la evaluación?

Cano: Para el aprendizaje sí, para la evaluación lo pondría un poquito en duda, a mí me parece es que lo que uno debería hacer cuando enseña física es ir primero a las fuentes primarias, si uno va a enseñar el electromagnetismo por ejemplo uno puede, leer el libro de Maxwell ese de los tratados es un libro muy impresionante donde realmente uno puede, por lo menos la parte de conducción de inducción lo hace con ocho experimentos y lo lleva a uno por todo un viaje impresionante por esos temas... me parece que si uno quiere aprender algo pues lee a los que lo hicieron, es decir preferible leer los originales aunque no es fácil a veces el idioma...

... ya la parte de la evaluación pues creo que es un poquito más complicado... yo nunca he involucrado la parte histórica dentro de la evaluación ... porque la evaluación es como lo obligado que toca hacer en los procesos de formación ... me parece que el contenido histórico tiene su importancia más para entender a nivel conceptual

Alex: Para la evaluación no sé qué tanto, pero para el aprendizaje sí... porque es que los contextos históricos ayudan a los estudiantes a contextualizar el conocimiento, entonces por ejemplo en la relación porque le llamamos el campo eléctrico, el flujo eléctrico, toca explicarles que eso viene, históricamente viene de la mecánica de fluidos que fue ahí donde se pensó todo el asunto, y que entonces esos campos estas personas que Gauss, Maxwell estas personas lo concebían como un fluido que emanaba desde una carga positiva y era recibido por una carga negativa y que esos vestigios de lo que ellos pensaron, nos quedaron a nosotros, entonces cuando ellos entienden, hacen la relación, el vínculo entre los fluidos y la electricidad y magnetismo porque eso es un hecho histórico, entonces puede ser un facilitador del proceso de enseñanza y aprendizaje, ahora que es la evaluación, la evaluación es una ayuda, una retroalimentación para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje no? pues no sé si evaluar la herramienta haga parte, sea válido, yo uso la historia para que ellos comprendan los conceptos de física pero lo que yo estoy evaluando son los conceptos de física, no la historia que yo utilice como medio para que ellos construyeran conceptos de física en su cabeza. Entonces para mí la evaluación no sería tan relevante.

13. ¿Una evaluación contextualizada podrá arrojar evidencia sobre la relación que los estudiantes hacen de los contenidos de la física con su entorno profesional?

Cano: Sí, estoy de acuerdo... lo que pasa es que es muy complicado... por ejemplo en la matemática, todo es en abstracto y nunca le enseñan en contexto las cosas, entonces si uno pudiera enseñar así poniendo en contexto, me parece que, incluso yo he intentado de hacer aplicaciones de algo que sirva y eso atrae, entonces sí me parece que una evaluación contextualizada, ahí uno podría medir si realmente entienden o no.

Alex: ...para los físicos no, porque para los físicos se supone que en su quehacer profesional ellos deben descontextualizar la ciencia porque ellos lo que van a hacer es aplicarla en contextos que no conocen, por eso se llaman ciencias básicas ... entonces un físico se puede mover igual en la ingeniería que en la biología porque su disciplina es aprenderla sin contexto, mientras que en ingeniería y en todas las áreas diferentes de la física, debería ser contextualizada, porque su quehacer va a estar involucrado en ese contexto, entonces el hecho que su evaluación tiene que estar en contexto puede ser contraproducente por una razón porque cuando el estudiante se saca de ese contexto puede ser que esos conceptos que adquirió siempre están ligadas al contexto que no tienen la capacidad de aplicarlo a contextos diferentes, entonces puede ser contraproducente, me parece que debería ser 50% contextualizada y descontextualizada

RELACIONES HISTORIA-FÍSICA Y CLASE

14. ¿Considera usted que la trascendencia de las ideas de Faraday se debieron a su intencionalidad de explicar las interacciones desde la teoría de campo reemplazando la noción Newtoniana de acción a distancia?

Cano: Sí, en primer lugar es una tremenda idea lo que hizo Faraday, esa forma en que explico usando el modelo de campos y que dio lugar a que se desarrollara mucha física, pero no solamente eso, la habilidad que tenía a nivel experimental Faraday, entonces lo que hizo Faraday realmente fue impresionante, teniendo en cuenta que su nivel de formación no era mucho, es decir no tuvo mucha formación como la de otros físicos de su época... Y lo que hizo fue importantísimo, entonces ya hablando de las ideas de Faraday la trascendencia, los experimentos y sí, definitivamente el concepto de campo, introducir el concepto de campo en la física.

Alex: Yo considero que sí... lo que sucede creo... es que hay una falencia en la parte histórica pero me parece que en la electricidad y magnetismo al generar el concepto de campo rompe las ideas newtonianas, aunque sigan siendo fuerzas newtonianas donde yo tengo un vector y donde miro la fuerza, pero realmente no es la interacción partícula-distancia-partícula que teníamos, sino es la relación partícula genera campo y la segunda partícula interactúa con el campo, realmente las dos partículas no están interactuando directamente nunca... entonces me parece que al plantear esa nueva concepción de campo obviamente eso plantea nuevos experimentos...

... no es un cambio de paradigma, porque el paradigma sigue siendo Newtoniano y la idea de acción a distancia sigue siendo la misma, realmente el paradigma sigue siendo el mismo, lo que digo es la forma de interpretar porque una cosa es tener un paradigma y otra cosa es como yo interpreto esos conceptos a partir del paradigma... no es lo mismo interpretar en los campos electromagnéticos desde el punto de vista de Maxwell que plantearon desde el punto de vista de Einstein, o de todos estos señores del modelo estándar son tres formas diferentes de interpretar los campos electromagnéticos pero las ecuaciones siguen siendo las mismas...

15. ¿Cree usted que el aporte fundamental de Maxwell a la teoría electromagnética se orientó a la formalización de las relaciones halladas experimentalmente para explicar cómo el cambio de los campos magnéticos inducen fuerzas electromotrices y por consiguiente corrientes eléctricas, al igual que los campos eléctricos y las corrientes eléctricas variables en el tiempo generan campos magnéticos?

Cano: *aaa bueno si, entonces estoy de acuerdo, me parece que fue Maxwell quien realmente planteo esas leyes del electromagnetismo pues de la forma realmente más compleja que hoy en día... las tenía en forma integral, fue Heaviside, él fue el que estudio el cálculo vectorial y fue el que las puso en forma diferencial.*

Alex: *...para mí el gran logro de él, no es la formalización matemática sino usar la formalización para organizar las teorías que otros habían realizado... el que organiza a través del cálculo vectorial es Heaviside, las originales de Maxwell eran catorce y el inclusive tiene las ecuaciones de continuidad... lo que hace Heaviside es que estaban naciendo los vectores, no sé si ya habían nacido o los estaban introduciendo dentro de la disciplina física, y él lo que hace es decir bueno, todo esto es un paquete y hace notación vectorial, después viene la notación integral y mucho después la notación tensorial.*

16. ¿Considera usted que es importante discutir en clase de física casos como el de Henry Cavendish y Joseph Henry, quienes propusieron sus teorías o experimentos pero no consiguieron el crédito de la comunidad científica por no publicar sus trabajos, y éste fue atribuido a otros que publicaron sus resultados primero?

Cano: *Pues considero que sea importante, en la clase de física, no... me parece que eso sirve como para mover un poquito la clase como para eee sacar un poquito de toda la matemática y hacer comentarios que a veces a la gente le quedan y pues eso si es bueno tenerlos, pero que sea algo clave en la clase de física, pues eee realmente no.*

Alex: *No, esos chismes históricos yo creo que para el contexto de una clase sobran, de pronto para una conversación con estudiantes un poco más avanzados o entre profesores de física creo que podría ser más útil, pero para mí son chismes históricos, por lo menos tampoco podemos garantizar que el cálculo es de Leibniz y eso a la discusión no aporta, con los estudiantes no aporta gran cosa...*

17. ¿En la clase de física involucrar la historia de la física y sus implicaciones sociales y personales sobre los mismos científicos, puede representar un elemento de apoyo para la comprensión y construcción de la naturaleza de las ciencias?

Cano: *Si, claro la historia de la física, y como mencionamos ahorita, si me parece que es clave para construir el conocimiento de forma más eficiente y las implicaciones y sus implicaciones es decir las implicaciones de la historia de la física... me parece que son aspectos que mueven un poquito más la clase, me parece que es interesante hacer ese tipo de comentarios, pero que sea un punto clave del aprendizaje no tanto...*

Alex: *Si claro, pues hay historias personales que no son muy útiles y otras historias personales que son demasiado útiles... por ejemplo que Einstein se imaginó viajar en una onda electromagnética, ... por ejemplo me parece que, Faraday es de los grandes personajes porque generan una revolución en las ciencias sin tener un paradigma previo... pero hay otras cosas que puntualmente no tienen ninguna importancia por ejemplo, la pelea entre Leibniz y Newton, de quien es el cálculo... de Newton hay cosas de esas que pueden ser hasta relevantes, fue un todero, fue alquimista, fue matemático de esos numerólogos... así como la química, la química el Señor Newton seguramente es tan importante como en la física, y en la óptica es más importante porque el genera una revolución y en la astronomía, son personas que eran holísticas.*

18. ¿Qué piensa sobre la importancia en la clase de física de analizar cómo los procesos sociales se ven impactados por los desarrollos de la física?

Cano: *Eso es un tema que está muy conectado con lo anterior... bueno, al punto de vista de interpretar todas esas implicaciones sociales, sí ... de pronto me retractaría un poquito en cuanto a la forma en como esta entendido las implicaciones sociales, ya viendo el ejemplo como lo plantean aquí. Sí, a mí me parece que eso si tiene mucho sentido en una clase de física por lo que hablábamos ahorita del contexto, eso me parece que da una línea, de para qué es que sirvió, para qué sirve, ahí sí... diría que sí, ... Analizar como los contextos sociales se ven impactados por los desarrollos de la física, si esa parte tendría mucho, no lo hago para ser honesto, pero tendría mucho en contexto lo que es.*

Alex: *... Yo no lo hago o de pronto si lo hago pero no lo sé, pero para mí sería total y absolutamente relevante hacerlo, porque es que el problema de las ciencias básicas, de la ingeniería esta y radica en su poca conexión con el mundo*

real, con el mundo social, ...ese es el gran problema esa desconexión, que las ciencias básicas y la ingeniería no están realmente involucradas en la sociedad, entonces para que estudiar las leyes de Newton, las leyes de Newton son tres parrafitos ahí o las ecuaciones de Maxwell son 4 ecuaciones ahí, ese cumulo generan revoluciones tan grandes, por ejemplo, la parte de la termodinámica eso no es más que la revolución industrial en el siglo XIX a la nueva estructura de la sociedad, a través de la producción en masa y genera cambios sociales ya la división de ricos y pobres donde el dinero dejó de ser un simple objeto de intercambio sino también un valor un capital de dinero...

19. ¿Considera usted que en la clase de física debe hacerse mención que muchos de los descubrimientos en la ciencia se desarrollaron de manera accidental, como el caso de Oersted quien encontró como una corriente eléctrica que circula por un conductor genera un campo magnético en sus cercanías, y que fue un suceso ocasional que se le ocurrió en el desarrollo de una clase?

Cano: *Sí, a mí me gustan hacer ese tipo de comentarios en las clases, también lo digo con el objetivo de relajar un poquito, este es un ejemplo pero el otro ejemplo también en la física es el de Davisson y Germer con la difracción de electrones, ese realmente no lo conocía pero si me parece que si es importante, igual también es parte de la historia de la física entonces me parece que complementa con lo que decíamos anteriores.*

Alex: *Pues los accidentes también hacen parte de la ciencia, la física y la química esas son ciencias humanas y como ciencias hechas por el hombre también el génesis, como el hombre, el desarrollo mental desde la experimentación y desde el accidente, y si toca explicarlo toca explicarlo...*

...los estudiantes inclusive yo creo que yo me gradué con esa idea de que la física bajo del cielo en unas tabulas, ya no traídas por Moisés, nacieron de la espontánea y se las dieron, dicen por allá las ciencias humanas son la sociología, la antropología, no todas son ciencias humanas, son creadas por el hombre y sus génesis son como las cosas que hace el hombre, unas a través de su lógica, otras a través de sus sentidos y a través de sus errores también, pueden ser buenos y malos, mucha gente afirmo que el éter existía para la transmisión de ondas electromagnéticas porque les quedaba muy difícil desprenderse de sus sensaciones, de sus sentidos, y ese fue un error, inducido por los seres humanos porque les quedaba difícil desprenderse de sus sentidos, y explicarle al estudiante que esto es ciencia humana, que esto no son los nuevos mandamientos traídos por otro señor.

20. ¿Qué opinión le merece afirmar que los modelos explicativos de Faraday presentaban carencias en relación a la falta de modelización matemática?

Cano: *Pues muy seguramente tendría, cierta falencia a nivel matemático campo, es básicamente lo que estaríamos hablando acá es Faraday, tal vez dentro de la forma como lo planteo Faraday o como lo entendía Faraday de pronto no era lo más matemático, pero lo que hay detrás del concepto de campo creo que hay una base matemática muy profunda...*

Alex: *Es que Faraday era un gran experimentador y como gran experimentador en cierta forma, no puede desarrollar relaciones entre los diferentes experimentos porque esas relaciones realmente son matemáticas, ...a mí me parece que Faraday fue un grande y pues obviamente la metodología de Faraday fue muy buena pero hace falta sin duda alguna la parte matemática...*

21. ¿Cree usted que la historia de la ciencia puede contribuir de mejor manera en la construcción de conocimientos en física de los profesores en formación, si nos fijamos más en la historia de los problemas que en la de los resultados?

Cano: *...Si creo que la historia de las ciencias contribuye enormemente precisamente a mejorar los conocimientos en física, pero yo no lo haría como tan desbalanceado porque me parece que dice que más historia que los mismos... desde el punto de vista hablando de profesores en formación, si me parece que esta, pero igual pero yo creo que tiene que ser muy equilibrado...me parece que se puede hacer un buen debate o una buena discusión sobre los resultados, yo diría que uno no es más que el otro.*

Alex: *Bueno, aquí hay una discusión que es el saber sabio, practico, ¿cuál es el otro?Saber sabio, saber enseñado y saber practico. Y entonces desde aquí entonces depende, los profesores es de ese saber, no del saber practico sino del que se llama enseñar y esas cosas son fundamentales, porque ellos son profesores de física, de física como lo que hablábamos, una construcción humana, entonces tiene que conocer la construcción humana pues no tiene que conocerla, no la tiene que conocer en su totalidad si no tiene que entender que como construcción humana se deben conocer los génesis de esa construcción, por ejemplo ...un profesor debe entender que la epistemología es importante para su quehacer, se basa también en el análisis histórico crítico, de cómo se construyeron esas teorías o como se están construyendo porque es que las leyes de Maxwell, existen pero sus interpretaciones se siguen modificando...otra cosa es el saber sabio, que ya es la aplicación, digamos la parte investigativa, que no requiere mucho de conocer la historia a un gran científico por allá en un laboratorio pues necesita simplemente que se generen unas fuerzas electromotrices por la variación de un campo magnético, pero él no requiere la historia por ejemplo.*

...Y en la ingeniería...sí...porque es que ingeniera tiene un método como los demás hicieron para llegar a un resultado, no le aporta en la disciplina pero si le aporta al método de la resolución del problema, entonces esa historia de cómo se han resuelto los problemas al ingeniero le puede ayudar para resolver problemas a posteriori...

22. Qué opinión le merece plantear que: En la formación de profesores, la enseñanza de la física visualizada desde los obstáculos ontológicos y epistemológicos que se presentaron en la construcción de conocimientos científicos, permite interpretar los desarrollos científicos como procesos de construcción de conocimientos más que de acumulación de información.

Cano: *si me parece que es una buena estrategia porque a veces uno también puede aprender de lo que precisamente de lo que se hizo y está mal o de lo que se trató de hacer y no se pudo hacer es parte de todo este proceso de apuntar con la historia, pero, si me parece que uno a veces mostrando lo que se hizo eee se puede construir unos conocimientos mucho más fuertes.*

Alex: *Volvemos a la misma discusión, para la formación de profesores es totalmente relevante hacer una reflexión... una reflexión de cómo se crea la disciplina es súper importante, desde el punto de vista epistemológico y es mas a mí me parecería que eso es de todas las ciencias humanas...*

23. ¿Cree usted que los contenidos curriculares de un curso de electromagnetismo pueden variar dependiendo del contexto profesional de la carrera? Por ejemplo: en cursos de ingeniería se pueden orientar a las aplicaciones industriales y en cursos de licenciatura hacia los problemas asociados con la comprensión de conceptos en el acto de enseñanza y de aprendizaje.

Cano: *Si estoy de acuerdo ...me parece que, si hay que, el licenciado generalmente se caracteriza por la parte conceptual no es tanto el calcular, porque lo que es el físico es el que calcula y queda muy por el aire, pero el licenciado también tiene que tener un poquito de manejo a nivel matemático, entonces si hay que hacerlo me parece que cada curso debe montarse dentro del contexto porque, a lo que voy es que el contexto de licenciatura no es precisamente, tal como yo lo veo el licenciado no es solamente el personaje que está dedicado a enseñar, también a investigar por eso es que reconteo esa parte... pero para un licenciado aquí debería ser enterito miti, miti una base fuerte conceptual y una base fuerte a la investigación.*

Alex: *Si, claro, totalmente de acuerdo en el currículo por ejemplo...en física mecánica para médicos existe un libro física para las ciencias de la vida, que no comienza como en todos los libros, éste comienza de una vez con fuerzas y después si parte de cinemática ...y el libro si tenía sentido en esa organización porque los estudiantes de medicina ven más estática que dinámica, porque el ser humano ellos no tienen la capacidad de abstraerlo como un objeto dinámico sino que lo toman como un objeto estático, cuando ve al paciente el medico siempre lo ve de forma estática, entonces lo piensan más como sistema estático... en general la medicina es mucho más importante la parte estática de fuerzas que la cinemática...*

...en ingeniería eléctrica por ejemplo, los ingenieros eléctricos son más parecidos a los físicos que realmente a la ingeniera eléctrica, toda su ingeniera es electricidad y magnetismo entonces ellos deben tener una capacidad de abstracción total, como la tiene un licenciado en física, diría yo, porque su disciplina es totalmente eso, no es parte de su quehacer sino es todo, entonces digamos que dentro del currículo para un ingeniero eléctrico y un licenciado en física pueden ser muy parecidos... porque en su quehacer profesional, en todo lado está la electricidad y magnetismo...

Instrumento III: Rejilla observación clases

En las figuras 3 a 8 se presentan los ejemplos de vistas de red construidos a partir de la observación de las clases, para cada una de las categorías de análisis desde las cuales se pretendió indagar sobre la práctica profesional de los profesores en el aula de clases. Este análisis se realizó con el software AtlasTi (Anexo 3); mediante la codificación de las consecuencias contrastables

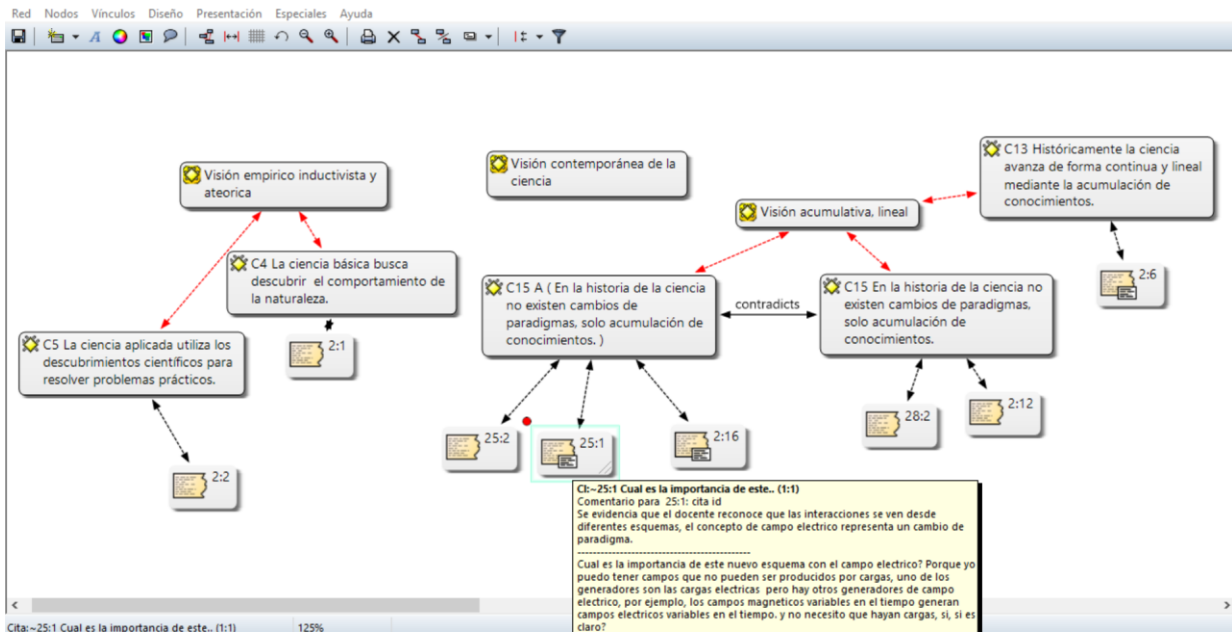


Figura 6. Vista de red para la categoría uno, clase profesor Alex.

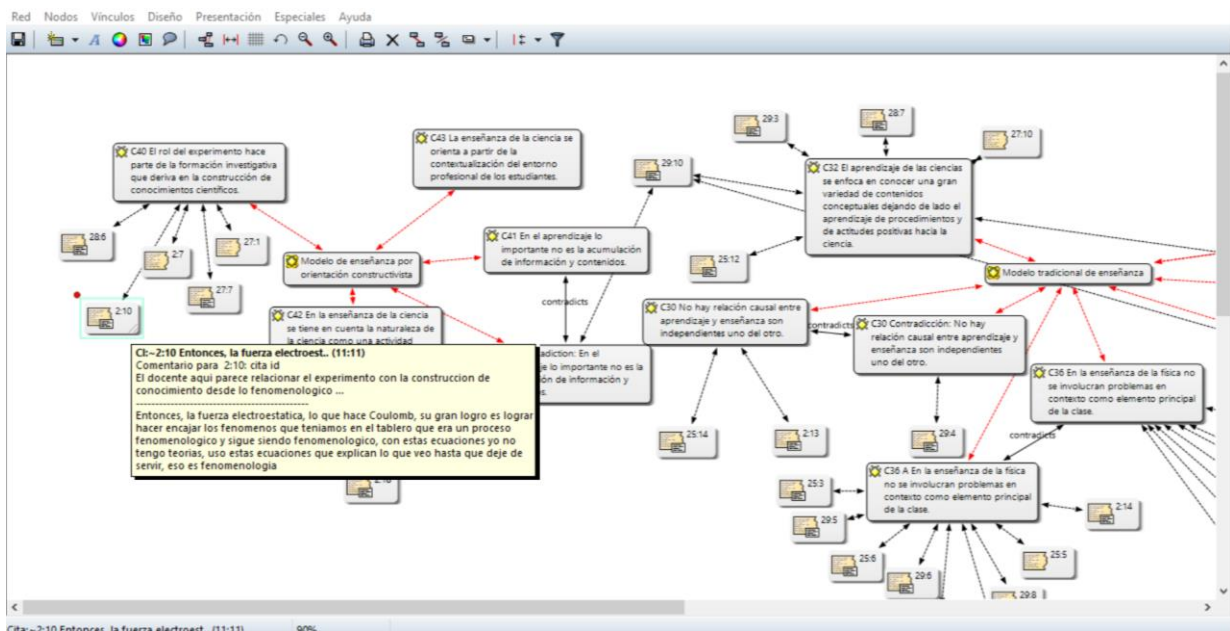


Figura 7. Vista de red para la categoría dos, clase profesor Alex.

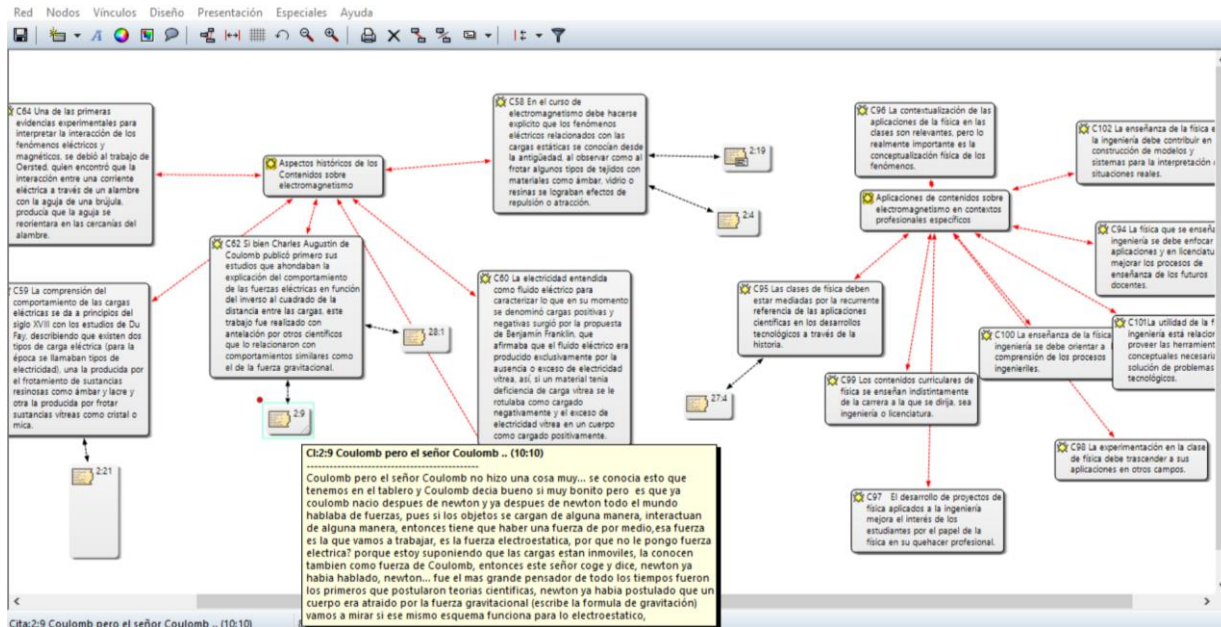


Figura 8. Vista de red para la categoría tres, clase profesor Alex.

Análisis cruzado de los resultados

Cada uno de los tres instrumentos descritos anteriormente se analizó por separado; para el caso del instrumento I, se generaron tablas y matrices de análisis, que pretendían identificar el sentido de estar de acuerdo o no con cada afirmación (Anexos 1 y 4); para el instrumento II se extrajo e identificó la posición de las respuestas de los profesores frente a las preguntas de la entrevista (Anexos 2 y 4); y finalmente con respecto al instrumento III, los análisis de las clases realizados con AtlasTi se sintetizaron a través de las vistas de red (Anexos 3 y 4). Una vez realizados estos análisis se procedió a cruzar la información de los tres instrumentos con el propósito de sintetizar y lograr develar elementos concretos que permitieran caracterizar la epistemología personal docente de cada profesor, a partir de las categorías de análisis definidas (Anexo 4). En esta sección se presenta la consolidación de resultados para la caracterización

derivada del análisis cruzado de los tres instrumentos, identificando aspectos puntuales de acuerdo a las categorías y consecuencias contrastables enmarcados en la matriz de categorías definida en la tablas 1, 2 y 3.

Análisis profesor Cano

Concepciones sobre la ciencia y el trabajo científico

Para esta fase inicial de indagación, en cuanto a sus concepciones epistemológicas sobre la ciencia y el trabajo científico se encontró que:

- Se muestra en desacuerdo con que el conocimiento científico es un reflejo de la realidad y por tanto garantiza con objetividad su estudio.
- Considera el experimento como la base fundamental de las ciencias, las ciencias están basadas en el experimento.
- No considera que el avance de la ciencia se haya desarrollado históricamente por observaciones aisladas.
- Considera que la ciencia avanza por la repetición sistemática de experiencias que conducen a generalizaciones para dar lugar a teorías.
- Manifiesta no saber si debe seguir el método científico cuando se resuelven problemas prácticos o se hace investigación científica.
- No considera que el conocimiento científico sea definitivo y que las teorías conocidas sean absolutas.
- No considera que lo verdaderamente importante de los conceptos y teorías científicas radique en su formulación y conceptualización, y que el conocer cómo se desarrolló su construcción sea complementario, e incluso no se necesita.

- Está de acuerdo con que la ciencia es una construcción colectiva.
- Plantea que es importante la revisión de trabajos previos en las investigaciones científicas.
- Considera que los problemas científicos no son individuales ni aislados, necesariamente están relacionados con otras disciplinas y soluciones alternas.
- Considera que el avance de la ciencia es un precedente para el avance de otros campos de la ingeniería y la tecnología, la ciencia no es independiente de sus aplicaciones.
- Considera que la ciencia no se puede desligar de las circunstancias políticas económicas y sociales, siempre ha estado marcada por ellas.

De acuerdo a este análisis, se logró identificar que algunas concepciones epistemológicas de Cano se ubican parcialmente en una postura empiro inductivista (Carnicer y Furió, 2002), porque acepta que la ciencia avanza por la repetición sistemática de experiencias y además muestra una posición contundente al reconocer el experimento como la base fundamental de las ciencias, que luego se complementa con teorías y modelos; pero de otro lado, no considera el conocimiento científico como una manifestación que busca describir el comportamiento de la realidad y no concibe la ciencia como observaciones neutrales y aisladas; posiblemente por esa misma razón reconoce no tener una idea clara sobre el papel del método científico en la investigación científica. Cano se aleja de la visión acumulativa de la ciencia, al considerar que el conocimiento científico no es definitivo ni absoluto; de igual forma toma distancia de la visión aproblemática y ahistórica, puesto que considera que la problemática histórica ha sido relevante en la construcción de los conocimientos científicos, manifiesta que la ciencia no se puede desligar de las circunstancias

políticas económicas y sociales; además considera que la ciencia no es independiente de sus aplicaciones pues se retroalimentan, los avances de una contribuyen al avance de la otra.

Se aproximan a la visión contemporánea de la ciencia al considerarla como dinámica y en permanente construcción, reconociendo que la ciencia no es una creación individual, que se ha desarrollado gracias a las comunidades científicas y la refinación de los saberes; de igual manera, considera que los problemas científicos no son individuales ni aislados, necesariamente están relacionados con otras disciplinas y sus soluciones pueden considerarse como parciales, porque abren el paso a otros problemas o puntos de vista del mismo, en este sentido, plantea que es necesario la revisión de trabajos previos en las investigaciones científicas, no solo para identificar el estado del arte, para establecer cómo el avance de la ciencia es un precedente para el avance de otros campos de la ingeniería y la tecnología.

Concepciones sobre la enseñanza de las ciencias y modalidades de enseñanza de la Física

En cuanto a estas concepciones, se puede decir que Cano:

- Considera que el profesor debe dominar a profundidad los contenidos conceptuales de la materia que enseña.
- Reconoce que el profesor además de saber física también debe saber cómo enseñarla.
- Considera que en la enseñanza de la física, ésta se debe mostrar como una construcción de conocimiento más que de acumulación de información.
- Considera que se deben tener en cuenta concepciones previas de los estudiantes.
- Considera que la profundidad de los contenidos puede generar herramientas formativas de autonomía en los estudiantes para el trabajo individual.

- En las clases observadas se encontró que toma en cuenta los aportes de los estudiantes.
- En las clases observadas se refleja el desarrollo de un alto componente conceptual y matemático.

- En las clases observadas generalmente no se hace alusión a aspectos que podrían servir al estudiante como futuro profesor.

- Considera que la evaluación de los procesos de aprendizaje no solo debe estar enfocada a valorar la asimilación de conceptos físicos y de procedimientos matemáticos.

- Considera que en la enseñanza de la física la historia de la física debe considerarse importante para la instrucción pero no para la evaluación, la evaluación no debe involucrar aspectos históricos.

- Considera que la evaluación en física sí puede estar relacionada con el contexto profesional.

- Considera que los aspectos históricos podrían ser un componente para la evaluación de los laboratorios.

- Las evaluaciones escritas que realiza (exámenes), están centradas en problemas procedimentales con diferentes grados de complejidad.

- Maneja diferentes mecanismos de evaluación para la parte teórica de la materia y las practicas experimentales.

En consecuencia, se logró identificar que Cano considera que un buen profesor es aquel que domina a profundidad los contenidos conceptuales de la materia que enseña, sin embargo reconoce la importancia del conocimiento de elementos didácticos por parte del profesor, planteando expresamente que el profesor además de saber física también debe saber cómo enseñarla.

En relación a la enseñanza de la física presenta una visión contemporánea, en el sentido que considera que el avance de las ciencias debe mostrarse desde la dinámica que ha involucrado la construcción de conocimientos, con sus problemas, avances, retrocesos y cambios de paradigmas, desligándose de la visión acumulativa lineal.

Aunque considera que se deben tener en cuenta concepciones previas de los estudiantes, en sus clases se observa que el acercamiento que hace a los conocimientos previos, generalmente está orientado a conocer que matemáticas o físicas han cursado. Cuando se indagó sobre qué privilegiaba él en su enseñanza, si la profundidad o la extensión de contenidos, manifiesta que la profundidad de los contenidos puede generar herramientas formativas de autonomía en los estudiantes para un posterior trabajo individual complementario de ser necesario.

En términos generales en las clases observadas se refleja el desarrollo de un alto componente conceptual y matemático, se centra en aspectos de la disciplina de la física, no relaciona contextos o aplicaciones y pocas veces se discuten aspectos de su construcción científica, no se reconocen elementos diferenciadores explícitos hacia la formación de profesores. En relación con la evaluación, considera que en los procesos de aprendizaje no solo debe estar enfocada a valorar la asimilación de conceptos físicos y/o procedimientos matemáticos, considera que la evaluación en física si puede estar relacionada con el contexto profesional y que los aspectos históricos podrían ser un componente para la evaluación de los laboratorios, mas no para los conocimientos teóricos. Se evidencia que sus evaluaciones escritas generalmente están centradas en problemas propuestos que involucran el desarrollo de razonamientos físicos y procedimientos matemáticos con diferentes grados de complejidad.

Concepciones sobre la enseñanza del electromagnetismo y el papel de la historia y el contexto profesional

En términos generales para esta categoría se identificó en Cano que:

Sobre el papel de la historia

- Reconoce la importancia del conocimiento de la historia por parte de los profesores como un complemento en la enseñanza, para la instrucción.
- Considera que algunos detalles históricos de cómo se ha desarrollado la física, pueden ser complementarios para los profesores en formación al mejorar la conceptualización de la física.
- Manifiesta reconocer la importancia de discutir la física y los impactos sociales de su desarrollo.
- Considera que en la enseñanza de la física la historia de la física debe considerarse importante para la instrucción pero no para la evaluación.
- En las clases observadas no muestra referentes sobre las aplicaciones científicas de los desarrollos tecnológicos a través de la historia.
- Utiliza el rol de algunos experimentos históricos como componente ejemplificante, pero sin detalles históricos.
- En general en sus clases no genera un gran despliegue de la historia, lo usa como complemento menor y su discusión histórica se hace esencialmente en la primera clase.

De acuerdo a estos hallazgos se puede sintetizar que, sobre el papel de la historia, Cano reconoce que para los profesores en formación el conocimiento de la historia es importante como complemento, pero sin descuidar lo disciplinar, además considera que el uso de la historia en la

enseñanza de la física puede servir como elemento complementario a la conceptualización de la física. Como se describió en la categoría anterior, se aleja de una visión aproblemática y ahistórica porque considera que en la enseñanza de las ciencias básicas o aplicadas, además de los desarrollos conceptuales y procedimentales es importante conocer los problemas históricos y los impactos sociales derivados del avance de las ciencias, aunque en las clases observadas no se evidencia que realice referencia a los desarrollos e implicaciones científicas a través de la historia. Considera que la historia de la física debe considerarse importante para la instrucción, porque podría aportar a mejorar los aprendizajes conceptuales, pero no para la evaluación.

En términos generales en sus clases no genera un gran despliegue de la historia, lo usa como complemento menor, esencialmente en la primera clase para contextualizar el desarrollo del curso, sin embargo, en algunos momentos del curso hace alusión a experimentos históricos como elemento de ejemplo para la clase, pero se presenta de manera anecdótica sin detalles históricos internalistas o externalistas.

Sobre el papel del contexto

- Reconoce que sí pueden existir diferencias de los contenidos enseñados en física según las necesidades formativas de las carreras.
- En las clases observadas se privilegia el componente disciplinar sobre el profesional del estudiante, generalmente no se hace alusión a aspectos que podrían servir al estudiante como futuro profesor.
- Desarrolla la clase orientada desde una elevada conceptualización y formalización matemática.

- En las clases de electromagnetismo observadas generalmente no se involucran problemas en contexto.
- Durante el desarrollo de la clase en pocas ocasiones se hacen referencias a aplicaciones de la física en ámbitos tecnológicos; no se hace explícito el rol de la física en el perfil profesional para un profesor.
- El laboratorio se hace como corroboración de la teoría.
- Reconoce la importante que puede tener el uso de libros de física contextualizados según el programa.

Es posible evidenciar, sobre el papel del contexto, que Cano reconoce que sí pueden existir diferencias de los contenidos que se enseñan en física, de acuerdo a las necesidades formativas de las carreras en donde se imparte, y en el caso particular de la licenciatura en física, que es el lugar donde él trabaja, considera que los profesores de física en formación no solamente deberían estar formándose para enseñar, se hace necesario que también adquieran herramientas formativas para investigar.

En las clases observadas se encontró que se privilegia el componente disciplinar sobre el profesional de la carrera, es decir no se hace alusión a cómo los conocimientos adquiridos pueden aportar en su formación profesional como futuro profesor. Generalmente no se involucran problemas en contexto, se presentan los típicos ejercicios (Disco, anillo, cargas en el plano, etc.). Usa la relación con otros campos de la física para ejemplificar o buscar analogías, recurrentemente hacia la física de partículas. De igual manera, reconoce la importancia que puede tener el uso de libros de física contextualizados según el programa; Cano utiliza libros con alto grado de complejidad disciplinar (Introduction to Electrodynamics. David J. Griffiths).

Análisis profesor Alex

Concepciones sobre la ciencia y el trabajo científico

En esta fase inicial de indagación en cuanto a sus concepciones epistemológicas sobre la ciencia y el trabajo científico se encontró que Alex:

- Considera que el conocimiento científico es un reflejo de la realidad y por tanto garantiza con objetividad su estudio.
- Considera el experimento como la base fundamental de las ciencias, las ciencias están basadas en el experimento.
- No considera que el avance de la ciencia se haya desarrollado históricamente por observaciones aisladas.
- Considera que la ciencia avanza por la repetición sistemática de experiencias que conducen a generalizaciones para dar lugar a teorías.
- Manifiesta no saber si debe seguir el método científico cuando se resuelven problemas prácticos o se hace investigación científica.
- Considera que el conocimiento científico no es definitivo.
- No considera que lo verdaderamente importante de los conceptos y teorías científicas radique en su formulación y conceptualización, y que el conocer cómo se desarrolló su construcción sea complementario, e incluso no se necesita.
- Presenta una concepción dinámica de la ciencia, que la ubica como un campo en permanente construcción.
- Considera que las teorías científicas constituyen un campo de conocimiento en permanente construcción, el cual se ha caracterizado por un desarrollo que no es lineal ni

acumulativo, con resultados parciales, temporales y susceptibles de modificar, teniendo en cuenta que no siempre son infalibles y exitosos.

- Considera que la ciencia es una construcción que se ha dado colectivamente.
- Reconoce la característica dinámica de la ciencia, donde los resultados de una investigación científica dan origen a nuevas investigaciones.
- Considera que los problemas científicos no son individuales ni aislados, necesariamente están relacionados con otras disciplinas y soluciones alternas.
- Considera obligatoria la revisión de trabajos previos en las investigaciones científicas, para saber que se ha hecho, cómo y hasta dónde, en cualquier campo.
- Plantea algunas posiciones enmarcadas en el *falsacionismo*, al reconocer explícitamente que algunas construcciones de conocimientos dieron lugar a teorías, que funcionaban hasta que aparecían otras mejores o pruebas experimentales que las falsaban.
- Considera que la ciencia no es independiente de sus aplicaciones, los avances de una contribuyen al avance de la otra, se retroalimentan.
- Considera que la ciencia no se puede desligar de las circunstancias políticas económicas y sociales, siempre ha estado marcada por ellas.

Se puede decir entonces que las concepciones epistemológicas de Alex toman cierta distancia de una posición empiro inductivista, porque a pesar que reconoce al experimento como la base fundamental de las ciencias para definir cualquier formulación o modelo y que el conocimiento científico es un reflejo de la realidad que garantiza con objetividad su estudio, no considera que la ciencia avanza por la repetición sistemática de experiencias, no concibe la ciencia como observaciones neutrales y aisladas. De otro lado, reconoce no tener una idea clara sobre el

papel del método científico en la investigación científica. Alex se aleja de la visión acumulativa de la ciencia, al considerar que el conocimiento científico no es definitivo ni absoluto; de igual forma no se ubica en la visión aproblemática y ahistórica, puesto que considera que la problemática histórica ha sido relevante en la construcción de los conocimientos científicos, manifiesta que la ciencia no se puede desligar de las circunstancias políticas económicas y sociales, ni se le puede considerar independiente de sus aplicaciones, la ciencia y sus aplicaciones se retroalimentan una en la otra.

Se aproxima a una visión contemporánea de la ciencia, la cual considera debe tener una mirada global de los problemas científicos y no solo desde una única disciplina, existe la necesidad de mirarlos a partir de distintos enfoques, en esta mirada, considera la ciencia como un campo de conocimiento en permanente construcción, así, los resultados de una investigación científica generalmente dan origen a nuevas investigaciones y ésta es una de las características que determinan la concepción dinámica de la ciencia, por lo tanto es fundamental la revisión de trabajos previos en las investigaciones científicas. Además reconoce que la ciencia no es una creación individual y generalmente se ha desarrollado gracias a las comunidades científicas, plantea la idea que los que se reconocen como grandes genios han sido realmente organizadores de las ideas que muchas otras personas han propuesto a partir de pensarse y aportar a las disciplinas de las ciencias.

Concepciones sobre la enseñanza de las ciencias y modalidades de enseñanza de la Física

Para el análisis de esta segunda categoría sobre las concepciones de Alex se puede decir que:

- Considera que el profesor debe dominar a profundidad los contenidos conceptuales de la materia que enseña.
- Posee una visión subvalorada de la didáctica de las ciencias experimentales.
- Considera que un mejor conocimiento pedagógico del profesor, mejora la enseñanza.
- Considera que en la enseñanza de la física, ésta se debe mostrar como una construcción de conocimiento más que de acumulación de información.
- Considera que se deben tener en cuenta concepciones previas de los estudiantes.
- Considera que la importancia de la enseñanza no radica en los contenidos sino en las competencias que se puedan promover, para que los estudiantes posteriormente puedan profundizar en los contenidos.
- Considera que el docente universitario es un facilitador del aprendizaje, el estudiante es quien está en la obligación de profundizar.
- En las clases observadas se encontró que generalmente se centra en aspectos disciplinares de la física.
- Considera que la evaluación de los procesos de aprendizaje no solo debe estar enfocada a valorar la asimilación de conceptos físicos y los procedimientos matemáticos.
- Considera que la evaluación no debe involucrar aspectos históricos.
- Considera que la evaluación puede ser contextualizada parcialmente en la ingeniería.
- Las evaluaciones escritas que realiza (exámenes), están centradas en problemas procedimentales con diferentes grados de complejidad.
- Maneja diferentes mecanismos de evaluación para la parte teórica de la materia y las practicas experimentales.

- Además de las prácticas de laboratorio, alterna algunos experimentos demostrativos para la clase teórica.
- Manifiesta que prefiere las prácticas de laboratorio donde los estudiantes deban involucrar la construcción de algún material para los montajes.

Con relación a los aspectos relacionados con la enseñanza, se encontró que Alex posee una visión subvalorada de la didáctica de las ciencias experimentales, al plantear que su campo de acción está dado sólo para la educación escolar o cursos básicos universitarios. Considera que para niveles superiores de la educación no existe la forma de hacer didáctica, como por ejemplo en la Mecánica Cuántica. Al igual que en Mosquera (2008), se encontró que Alex considera que la formación de un profesor debe tener un alto componente científico en lo disciplinar, sumado a un componente que involucre conocimientos sobre estrategias de enseñanza, en este sentido manifiesta que los conocimientos pedagógicos mejoran la enseñanza.

Considera importante mostrar la física desde una visión constructivista, que no ha sido una generación espontánea y perfecta de conocimientos, sino que por el contrario se ha desarrollado, además de entre los marcos experimentales y teóricos estructurados, en el margen de la discusión, el ensayo y error, las teorías falsadas y los cambios de paradigmas.

Aunque considera que se deben tener en cuenta concepciones previas de los estudiantes, en las clases se observa que no hace un acercamiento a los conocimientos previos. Cuando se indagó sobre lo que privilegiaba en su enseñanza, si la profundidad o la extensión de contenidos, manifiesta la importancia de la enseñanza no en contenidos sino en términos de competencias, para que los estudiantes puedan posteriormente moverse por diferentes campos del conocimiento y logren desenvolverse y profundizar por su cuenta en los contenidos que requieran; en este sentido

reconoce el docente universitario como facilitador del aprendizaje, debido a la misma necesidad de autonomía que deben tener los estudiantes para luego profundizar por su cuenta.

En términos generales en las clases observadas se refleja el desarrollo de un alto componente conceptual y matemático, se centra en aspectos de la disciplina de la física, no relaciona contextos o aplicaciones y pocas veces se discuten aspectos de su construcción científica, no se reconocen elementos diferenciadores explícitos hacia la formación de Ingenieros; utiliza ejemplos o aclaraciones conceptuales con analogías relacionadas con la cotidianidad pero no con el contexto profesional. En relación con la evaluación considera que en los procesos de aprendizaje, ésta no solo debe estar enfocada a valorar la asimilación de conceptos físicos y/o procedimientos matemáticos, considera que la evaluación en física no necesariamente deba estar relacionada con el contexto profesional, aquí, diferencia que con respecto a la ingeniería podría ser contextualizada pero solo parcialmente, pero para los físicos o licenciados en física no, porque para ellos el contexto es la física misma, considera que los aspectos históricos podrían ser un componente para la evaluación de los laboratorios, mas no para los conocimientos teóricos. Se evidencia que sus evaluaciones escritas generalmente están centradas en problemas propuestos que involucran el desarrollo de razonamientos físicos y procedimientos matemáticos con diferentes grados de complejidad.

Concepciones sobre la enseñanza del electromagnetismo y el papel de la historia y el contexto profesional

Con relación a los análisis desarrollados para esta tercera categoría se identificó en Alex que:

Sobre el papel de la historia

- Considera que en la enseñanza de la ciencia el contexto histórico es importante.
- Considera importante el conocimiento de la historia para los profesores en formación debido a su componente epistemológico.
- Considera que para los ingenieros la historia podría aportarles en los métodos, y cómo estos han evolucionado o no.
- Considera importante discutir los desarrollos sociales y tecnológicos que la física ha impulsado a través de la historia, reconoce la importancia de las relaciones CTS.
- Reconoce la importancia de la discusión de detalles sociales y personales con el uso de la historia, solo para algunas pocas historias de científicos, algunas anécdotas históricas no son trascendentales para la clase de física.
- Considera que en la enseñanza de la física la historia de la física debe considerarse importante para la instrucción pero no para la evaluación.
- Utiliza el rol de algunos experimentos históricos como componente ejemplificante, pero sin detalles históricos.
- En general en sus clases no genera un gran despliegue de la historia, lo usa como complemento menor y su discusión histórica se hace esencialmente en la primera clase.

En consecuencia se puede afirmar, sobre el papel de la historia, que Alex considera importante el uso del contexto histórico en la enseñanza de las ciencias. En particular, para la formación de profesores considera que la importancia de la historia podría aportar componentes epistemológicos necesarios para la labor docente, considerando que su quehacer es enseñar y para los ingenieros considera que la historia puede aportarles en los métodos, teniendo en cuenta que el

conocer los métodos que se han usado contribuye en su saber para relacionar cómo usar los métodos actuales. En este sentido, considera totalmente relevante discutir los desarrollos sociales y tecnológicos que la física ha impulsado a través de la historia, esto ayudaría a poner la ingeniería en el contexto del mundo real, además de los desarrollos conceptuales y procedimentales, alejándose así de la visión aproblemática y ahistórica.

Sobre la forma de cómo usar la historia de la física en la clase, se encontró que reconoce la importancia de la discusión de detalles sociales y personales, pero solamente para algunas historias de científicos, se podría decir que las más trascendentales, no para todas; por ejemplo, algunas anécdotas históricas, como las de Cavendish y Henry, no son trascendentales para la clase de física pues solamente se podrían usar como insumo a manera de complemento fuera de la clase o dentro de ella para liberar un poco la tensión. Le denomina “*chismes históricos*”. Considera que la historia de la física debe considerarse importante para la instrucción, porque podría aportar a mejorar los aprendizajes conceptuales, pero no para la evaluación.

En términos generales en sus clases no genera un gran despliegue de la historia; la usa como complemento menor, esencialmente en la primera clase para contextualizar el desarrollo del curso, sin embargo, en algunos momentos del curso hace alusión a algunos experimentos históricos, como elemento de ejemplo para la clase, pero se presenta de manera anecdótica sin detalles históricos internalistas o externalistas.

Sobre el papel del contexto

- Considera que los contenidos de la física sí pueden estar sujetos a las necesidades formativas de las carreras.

- En las clases observadas se privilegia el componente disciplinar sobre el profesional, generalmente no se hace alusión a aspectos que podrían servir al estudiante como futuro ingeniero.
- Considera que los contenidos sobre electromagnetismo para ingenieros eléctricos y el profesorado de física en formación deben ser casi iguales.
- Reconoce la importancia de la formación epistemológica para los profesores.
- En las clases de electromagnetismo observadas generalmente no se involucran problemas en contexto.
- En el desarrollo de la clase utiliza ejemplos o aclaraciones conceptuales con analogías relacionadas con la cotidianidad pero no con el contexto profesional.
- Durante el desarrollo de la clase en pocas ocasiones se hace referencia a aplicaciones de la física en ámbitos tecnológicos, no se hace explícito el rol de la física en el perfil profesional de la ingeniería.
- El laboratorio es útil para la corroboración de la teoría.
- Reconoce la importante que puede tener el uso de libros de física contextualizados según el programa.

De acuerdo a los resultados anteriores se puede destacar sobre el papel del contexto, que Alex considera que los contenidos de la física sí pueden estar sujetos a las necesidades formativas de las carreras donde se enseña, pero en el caso particular de los contenidos sobre electromagnetismo, declara que para ingenieros eléctricos y el profesorado de física en formación deben ser casi iguales. Sin embargo diferencia la importancia del sentido histórico para unos y

otros, en la licenciatura aporta en la formación epistemológica y en la ingeniería su aporte está en los métodos de trabajo.

En las clases observadas se encontró que se privilegia el componente disciplinar sobre el profesional de la carrera, es decir no se hace alusión a cómo los conocimientos adquiridos pueden aportar en su formación profesional, no se hace explícito el rol de la física en el perfil profesional de la ingeniería. Generalmente no se involucran problemas en contexto, se presentan los típicos ejercicios (Disco, anillo, cargas en el plano, etc.), utiliza ejemplos o aclaraciones conceptuales con analogías relacionadas con la cotidianidad pero no con el contexto profesional. De igual manera, reconoce la importancia que puede tener el uso de libros de física contextualizados según el programa formativo; Alex utiliza libros con mediano grado de complejidad disciplinar tradicionales en ingeniería (Física Universitaria, Sears Semansky; Electricidad y Magnetismo, Edward Purcell)

Análisis general de los resultados para Cano y Alex

Los profesores manifiestan en general diversas posturas en cuanto a la ciencia y el trabajo científico que no permiten encasillarlos en una única concepción epistemológica; se evidencian algunas posturas epistemológicas en el ámbito positivista al posicionar el experimento como la base fundamental de las ciencias, en el ámbito inductivista al considerar la ciencia como repetición sistemática de experiencias científicas. De otro lado, toman distancia de la visión aproblemática y ahistórica acercándose hacia posturas contemporáneas de la ciencia al considerar que la ciencia ha estado marcada por las circunstancias políticas económicas y sociales de la historia, identificando su ineludible relación con la tecnológica, además de reconocerla desde una dinámica cambiante, en permanente construcción y desarrollada por colectividades científicas.

En relación con la enseñanza, se evidencian posturas espontáneas hacia la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, en concordancia con Mosquera (2007), privilegiando el modelo tradicional caracterizado por la transmisión verbal de conocimientos, donde el profesor proporciona el puente entre la ciencia y los estudiantes, al presentarles los conocimientos elaborados con un alto contenido disciplinar, sin embargo se deja de lado aspectos de la historia de la física. Con respecto al rol de los estudiantes se encontró que está marcado por una actividad pasiva de reproducción, y sobre la evaluación se evidenció que esencialmente se centran en la verificación de contenidos disciplinares de la clase a partir de la resolución de problemas, que involucran manejo de interpretaciones conceptuales y procedimientos matemáticos; en menor medida se evalúan otro tipo de actividades como trabajos prácticos o actividades de grupo. En relación a los laboratorios, estos son introducidos como corroboración de la teoría para la verificación de algunos experimentos tipo que validen los temas desarrollados en los contenidos teóricos.

Cano:

Presenta una metodología de enseñanza caracterizada por una modalidad tradicional, donde se imparte la clase desde una formalización disciplinar rigurosa, con una adecuada presentación a través del uso del tablero ordenada y enriquecida por gráficos, diagramas, dibujos y colores bastante organizados, se preocupa por discutir los detalles para la comprensión de lo que sucede en el tablero, enfatizando siempre en los conceptos físicos asociados; constantemente pregunta a los estudiantes si se está entendiendo, realiza talleres en clase y acompaña su desarrollo resolviendo las dudas de los estudiantes. Los laboratorios realizados se caracterizan por ser los laboratorios tradicionales usados para corroboración de la teoría. Finalmente, es importante discutir que de

acuerdo con lo que plantea Millicic (2007), Cano se caracteriza por ser un profesor que se desempeña profesionalmente en el mismo medio académico donde se formó, es decir que su mayor experiencia profesional ha estado marcada por su *cultura de origen*, lo cual se evidencia en su forma de enseñar espontánea y además genérica, con altos elementos disciplinares y conceptuales sobre la física, pero distantes de sus aplicaciones o posibles implicaciones tecnológicas, sociales e históricas, es decir se evidencia una enseñanza de la física sin características notables del contexto profesional de los estudiantes.

Alex:

Al igual que Cano, su metodología de enseñanza se caracteriza por enmarcarse en la enseñanza tradicional. En el abordaje de sus clases es notoria su postura disciplinar para la formalización de los contenidos de forma clara y rigurosa, en la introducción de los temas es relevante su preocupación para la presentación y profundización de los elementos conceptuales, para lo cual dedica un tiempo considerable de cada clase y presenta un uso ordenado y con ayudas gráficas del tablero, en ocasiones utiliza analogías cotidianas o recursos del salón para buscar ejemplificar algo, recurrentemente se preocupa por preguntar a los estudiantes uno a uno si se está entendiendo el tema, realiza algunos talleres en clase y acompaña su desarrollo resolviendo las dudas de los estudiantes. En los laboratorios realizados se evidencia una combinación de prácticas tradicionales con algunas propuestas de diseño de experimentos, donde los estudiantes realizan un papel más incluyente en el diseño, montaje y solución de las prácticas, además acompaña su proceso de trabajo con un proyecto de laboratorio que también es tenido en cuenta como elemento de evaluación. Como discusión de cierre, resulta relevante enunciar que de acuerdo con lo que plantea Millicic (2007), Alex se caracteriza por ser un profesor que se desempeña

profesionalmente en un medio académico diferente a donde se formó, su experiencia profesional se ha desarrollado en su totalidad en una cultura diferente, *cultura de destino*; sin embargo y aunque la mayoría de su experiencia profesional se ha dado en facultades de ingeniería, su modalidad de enseñanza no es muy distante de la enseñanza para licenciados en física, lo cual es consecuente con lo que él mismo plantea, es decir que su forma de enseñar además de espontánea es genérica, en la que priman los elementos disciplinares y conceptuales sobre la física, pero sin considerar sus aplicaciones o posibles implicaciones tecnológicas, sociales e históricas, es decir se evidencia una enseñanza de la física sin características notables del contexto profesional de los estudiantes. De acuerdo a lo observado no se diferenciaría una clase de electromagnetismo para licenciados en física de una clase para ingenieros.

Capítulo V

Resultados y análisis programa de formación, sobre los aspectos didácticos y el contexto profesional

A continuación se presenta la discusión de los resultados obtenidos dentro del trabajo realizado con los profesores en el programa de formación desplegado. Aunque el programa se centró en el estudio de la construcción histórica de algunas temáticas específicas del electromagnetismo para la identificación de factores relevantes, que aportarán elementos de análisis profundo para la enseñanza de la física. Inicialmente, se realizaron sesiones introductorias para discutir componentes básicos de la didáctica de las ciencias experimentales, de tal manera que se lograra hacer un acercamiento de los docentes a algunos temas de interés de la innovación didáctica, que les permitiera reflexionar sobre su práctica y el papel del contexto profesional de desempeño, a la luz de elementos representativos sobre lo que deben saber y saber hacer los profesores de física.

Reflexiones sobre que debe saber un profesor de ciencias

Para el desarrollo de las sesiones de trabajo adelantadas en esta parte, se tomaron como base las lecturas de Chalmers (1989), Gil (1991), Porlán (1998), Pozo (1999) y Mellado (2001), que pretendían hacer una breve introducción al ámbito de la didáctica de las ciencias experimentales, sin embargo se recurrió a otros autores a medida que fue necesario profundizar o hacer aclaraciones de algunos temas. A partir de este trabajo, se presenta a continuación una síntesis de los elementos relevantes que surgieron a raíz de las reflexiones generadas en esta parte del programa.

¿Qué implica el conocer la materia a enseñar?

Cuando se discutió al respecto del conocido cuestionamiento que aparece en la mayoría de programas de formación de profesores de ciencias, el cual plantea: *¿Qué debería saber un profesor*

de ciencias?, se encontró inicialmente, al igual que las concepciones de sentido común de la mayoría de profesores, que Cano y Alex antes de las lecturas consideraban que el saber de un profesor estaba legitimado por el conocimiento a profundidad de la materia que se enseña, posición ya típica y recurrente en las concepciones iniciales de prácticamente todos los programas de intervención con profesores (Mellado, 1999), que ubican como elemento principal para el saber de un profesor, y casi el “*único*”, el conocimiento de la disciplina.

Producto de las reflexiones adelantadas en las que se recogen y discuten los diferentes conocimientos profesionales necesarios para un profesor, que de acuerdo con Gil (1991), deben tenerse en cuenta cuando se habla de *conocer la materia a enseñar*, se incorporaron al análisis del grupo los demás componentes de formación que según este autor obedecen a un conocimiento profundo de la materia, más elaborado que la simple formación disciplinar. Se discutieron estos contenidos relacionándolos con los conocimientos de la física en términos de la importancia de saber sobre los aspectos internalistas y externalistas de la historia de las ciencias que permitan reconocer las problemáticas que se presentaron alrededor de la construcción de los conocimientos científicos; conocer los detalles de la actividad científica para identificar las metodologías empleadas y los momentos de las mismas a través de la historia, así como las interacciones CTS asociadas; mantener una dinámica de actualización sobre los desarrollos recientes y las perspectivas en el campo, al igual que las relaciones con otras materias para identificar los escenarios de interacción entre diferentes campos del conocimiento, de tal manera que se puedan presentar visiones actuales y de interés para los estudiantes sobre la materia.

Una vez discutidos, bajo la fundamentación teórica de textos como el de Chalmers (1989) y ejemplificados desde los escenarios de nuestra experiencia como profesores de física, se

empezaron a notar movilizaciones de los docentes participantes del programa hacia la incorporación de elementos complementarios a sus concepciones iniciales. En tal sentido, que se generaron algunas reflexiones conjuntas como: *...el saber científico se debe convertir en el saber que se lleva al aula y eso requiere un saber a profundidad de la materia a enseñar.*

De otro lado, con relación al papel de la epistemología y la historia de las ciencias dentro de la enseñanza, por ejemplo, se empieza a considerar que son necesarias y su reconocimiento devela ahora posturas por parte de los profesores Cano y Alex, que invitan a estos términos para hacer parte de sus discursos primarios, identificando aspectos de interés para ellos, como por ejemplo:

Cano: ... se debe conocer cómo se desarrolló la ciencia a través de la historia para conocer los errores de la ciencia

Alex: ... saber de epistemología implica conocer el método y el flujo del conocimiento científico...permite conocer el sentido de la ciencia...

De acuerdo a esto, se encontró que los dos profesores identifican ahora la importancia de la historia y la epistemología de la ciencia para un profesor que enseñe física, aunque reconocen que su formación en estos campos no fue un fuerte de profundización, porque, Cano manifiesta que no tuvo buenos profesores en esos campos durante su formación como Licenciado en Física, y Alex expresa que tuvo alguna formación en los primeros semestres de su carrera como Físico, pero reconoce que su real formación en este campo la obtuvo como profesor en una facultad de educación donde trabajó por varios años.

Así, saber sobre la materia a enseñar requiere conocer elementos más profundos de la disciplina que implican historia, epistemología, relaciones CTS, entre otros; pero la adquisición de esta serie de conocimientos no es inmediata ni ex post facto a la formación profesional, esto quiere decir que se hace necesaria la formación intencionada para la elaboración de esta serie de

conocimientos complementarios al conocimiento disciplinar. En tal sentido, es notorio que los docentes novatos centren su preocupación en los componentes netamente disciplinares, en los cuales, a pesar de no poseer conocimientos formales sobre didáctica, se apoyan consciente o inconscientemente en su experiencia construida como estudiantes y en la empírica que van desarrollando como docentes (Garrett et al., 1990). Es importante resaltar en este punto, qué Cano reconoce: ...*“antes de estas discusiones nunca me había preocupado ni pensado que esos elementos eran necesarios”*..., mientras que Alex, como se mencionó anteriormente, ya tenía un acercamiento a algunos elementos dada su experiencia con formación de profesores de física.

Como un aspecto de motivación para el aprendizaje de los estudiantes, se identifica la importancia de enriquecer la enseñanza con la implementación de las relaciones CTS (Aikenhead, 1985), a partir, entre otros, de la incorporación de aspectos representativos del impacto social y los desarrollos de la tecnología debidos a los avances de la física. Bajo este panorama, Cano ejemplifica como él ha involucrado a su manera las relaciones CTS en algunas de sus clases, aunque reconoce desconocía la denominación y el marco del enfoque CTS, a través del uso de aplicaciones de la física como herramientas de ejemplo para un curso de ondas, en el cual, según menciona incluyó el uso de efectos de resonancia y amortiguamiento para la detección de petróleo y el uso del oscilador armónico en las pinzas ópticas para la detección del movimiento de micro partículas, entre otros.

Una docencia espontánea

Se discute entonces, sobre el por qué es tan común la docencia espontánea en el ámbito universitario, teniendo en cuenta que de acuerdo a nuestra experiencia, es frecuente la llegada de profesionales al círculo de la profesión docente sin ningún tipo de formación en docencia. Se

plantea así, la problemática que se observa en la mayoría de facultades de las universidades de Bogotá, en donde los participantes del programa hemos trabajado, que aboca una realidad, en la cual generalmente en estas instituciones una gran parte de los profesionales que son contratados para dar clase no cuentan con formación docente, y no solamente sucede en el área de física, se evidencia qué aunque tengan experiencia docente carecen de la formación.

De esta ardua discusión emerge la pregunta: *¿cualquiera puede ser profesor?* A este respecto se considera que NO, que es necesario que los profesores tengan algún tipo de formación adicional a la formación de la disciplina, que le proporcione elementos didácticos y pedagógicos (Mellado, 1998; Porlán y Rivero, 1998). Como un ejemplo de esta situación, se enuncia que carreras de Física, Matemáticas, Química, entre otras, que forman profesionales en esas áreas “puras”, no involucran componentes relacionados con la educación en sus mallas curriculares. Sin embargo, el mayor campo laboral de este tipo de profesionales es la docencia universitaria, inclusive los que no lo tienen contemplado porque consideran que se dedicaran a la investigación, también lo terminan haciendo porque la mayoría de instituciones que realizan investigación en estos campos son la universidades, entonces tarde o temprano terminan impartiendo clase ya sea en pregrado o en posgrado.

Como un ejemplo concreto de este fenómeno, se plantea el caso de la Facultad de Física donde se formó Alex, allí se encuentra que dentro de los enfoques de la carrera se han ampliado las opciones hacia aplicaciones de la física en contextos de Ingeniería, Medicina o Biología, pero el campo de formación, a partir de componentes en educación, que puedan contribuir a la formación de futuros docentes de Física no se ha tenido en cuenta, y como se mencionó anteriormente es uno de los campos laborales de mayor demanda para este tipo de profesionales

en Colombia. En consecuencia, los físicos generalmente resultan trabajando como profesores de física, sin tener una adecuada formación para la docencia, adicional a la formación ambiental (Hewson y Hewson, 1988; Gil 1991) adquirida en su cultura de origen (Milicic et al., 2007), dando como resultado una imagen de docencia concebida como algo simple que solo requiere del conocimiento de la materia, generando en ellos una visión espontánea de la enseñanza, la misma que los lleva a realizar una docencia de sentido común (Furió y Gil 1989).

En este sentido, la educación ambiental que determina las ideas, actitudes y comportamientos asociados con la enseñanza, y formada implícitamente mientras se es estudiante (Gil, 1991), es reconocida en las discusiones del grupo dentro de dos momentos; se considera así, para la educación ambiental, que el primer momento se da cuando se va configurando mientras se es estudiante y el segundo momento se ubica cuando se va matizando y reorientando dada la experiencia adquirida al ser profesor. Así por ejemplo, Alex manifiesta que tiene una buena formación experimental por su formación de pregrado y que le ha agregado elementos a media que ha adquirido experiencia, conservando características de su formación ambiental pero ahora con nuevos conocimientos acondicionados.

La cultura de destino como factor determinante

Se encontró que otro factor importante está demarcado por la experiencia que se adquiere según la facultad donde se enseña la física, denominada como la cultura de destino (Milicic et al., 2007). Allí las posibles interacciones con los grupos de investigación, proyectos o planes de estudio permiten ampliar los campos de conocimiento de la física dadas sus posibles implicaciones científicas, tecnológicas o sociales. De acuerdo con nuestra experiencia, se mencionan algunas de las aplicaciones e implicaciones de la física en campos de la ingeniería, a las que nos hemos podido

acercar y apropiar como parte de la ampliación del conocimiento de la materia, relacionadas con: las pruebas y ensayos no destructivos en Ingeniería Mecánica; el análisis de Fourier en la interpretación de señales y el uso de las ondas electromagnéticas en Ingeniería Eléctrica; principios de blindaje electrostático para la inhibición de señales en Ingeniería Electrónica; aplicaciones de conceptos de fuerzas y momentos de fuerzas en estática de estructuras, uso piezoeléctricos en sistemas basados en cuerda vibrante para la detección de fallas en estructuras y obras de Ingeniería Civil, entre otros.

Finalmente y en concordancia con la denominación de la cultura de destino, se podría decir que de acuerdo a la situación particular de cada profesor, la clasificación asociada según la metáfora del inmigrante de Milicic et al (2008) se interpreta como: Cano se ubica como un profesor *Nativo*, considerando que su cultura de destino coincide con su cultura de origen evidenciado total seguridad y satisfacción personal por encontrarse en su ambiente nato; mientras que Alex se clasifica como un *Inmigrante Integrado*, que se desempeñan en una cultura de destino diferente a la propia de formación y se caracteriza por tener buena adaptación y relaciones con esta nueva cultura, aunque mantiene algunas características de su cultura de origen.

Algunos tipos de profesores

A medida que se indagaba en un aspecto, emergían producto de la discusión otros tantos, en este agregado de temas y tratando de buscar y entender las características de la docencia espontánea, nos preguntamos si era posible identificar algunos factores comunes en los profesores que conforman el cuerpo docente de los dos programas académicos, esto es, Licenciatura en Física e Ingeniería, donde ellos trabajan. De acuerdo a esto, se logró hacer una breve descripción de los grupos de docentes que se pueden identificar en estos programas, por un lado está el grupo de

profesores de mayor experiencia, que se caracterizan por ser docentes de muchos años que incluso dictan la misma materia siempre, y su forma de enseñar se enmarca en una enseñanza tradicional con muy pocos recursos de innovación. De otro lado, existe otro grupo de *profesores noveles*, que evidencian algunas experiencias de acercamiento e innovación con los estudiantes; algunos otros profesores se pueden registrar como los *profesores investigadores*, que esencialmente están preocupados por realizar investigación, para ellos la labor de docencia está en un segundo plano. Dentro de estas tres clases de profesores se encuentran dispersos otro subgrupo de profesores que denominamos como *profesores ególatras*, a este tipo de profesores lo que le interesa es su lucimiento personal y utilizan el espacio de la clase para demostrar que tiene unos conocimientos disciplinares muy elevados de la materia que enseñan.

La docencia adolece de trabajo colectivo

Sobre el trabajo colectivo y de acuerdo a los testimonios de Cano y Alex, se identifica que en los programas académicos de Licenciatura en Física e Ingeniería donde ellos trabajan, existe una marcada deficiencia del trabajo colectivo para la reflexión acerca de los procesos de enseñanza y aprendizaje y más incluso para la generación y participación en programas de formación de profesores universitarios. De acuerdo a las reflexiones dadas, se discute que posiblemente una de las razones de la reducida participación en los programas de formación puede estar relacionada con el desconocimiento por parte de los profesores de las dinámicas de interacción que se generan al interior de un trabajo colectivo de esta índole. En esta línea, surge la importancia de ubicar en la literatura cuáles son los componentes y principios que determinarían los requisitos de coherencia en una actividad de formación de profesores, a este respecto y de acuerdo al análisis de Valcárcel y Sánchez (2000), se encontró que tienen entre sus finalidades la adquisición de nuevos

conocimientos sobre las problemáticas de los procesos de enseñanza y aprendizaje desde una perspectiva constructivista, se busca que esta formación se encuentre en permanente conexión con la práctica docente a partir de reflexiones de la misma con el propósito de promover en los profesores actitudes de movilización hacia el cambio progresivo y permanente, adicionalmente tienen la intención de involucrar a los profesores en procesos de investigación en y sobre la práctica docente, todo esto enmarcado en procesos desarrollados en escenarios de formación colectivos y colaborativos.

Como una postura del grupo de trabajo, en relación al problema discutido sobre la poca participación de los profesores universitarios en programas de formación, emerge la idea que en Colombia nuestra idiosincrasia está marcada por relaciones de poder, en las cuales los profesores nos hemos encasillado en el pedestal del poder desde el aula (Foucault, 1988; Lara et al., 2016), impidiendo que los mismos docentes seamos críticos de nuestro quehacer, de tal manera que así como no nos permitimos criticarnos a nosotros mismos, en menor medida se permite que otros colegas nos critiquen, en este horizonte se denota la reserva de los profesores a participar en programas de este tipo, posiblemente por temores de exponer en público su interpretación sobre la concepción de ciencia, su manera de interpretar los conceptos de la disciplina, sus concepciones de enseñanza o aprendizaje, declarar sus dificultades o falencias en algún campo asociado con su quehacer docente, entre otros. En suma, se podría decir que, a los docentes nos cuesta develar o poner a discusión lo que hacemos e incluso lo que no sabemos. A manera de ejemplo, se plantea la experiencia de algunos miembros del grupo en otros países, encontrando que en Estados Unidos algunas universidades manejan el modelo del profesor guía, que brinda asesoría al profesor novato en sus primeros años, algo similar sucede en Argentina, donde existe el profesor titular del curso

que es el de más experiencia y el profesor auxiliar, que es un profesor novato que apoya labores complementarias en el desarrollo de los cursos. Mientras que en Colombia este tipo de apoyo no es común, los profesores novatos no son asesorados en sus primeros años, se deben resolver por su cuenta, es decir elaboran una docencia de sentido común.

Como otra consideración del grupo, en cuanto a la escasez para la participación de profesores universitarios en programas de formación, salvo algunas excepciones en facultades de educación como por ejemplo el trabajo desarrollado por Mosquera (2008), se plantea que esta clase de ejercicios de discusión, entre colegas de la profesión docente, para reflexionar sobre su quehacer no se hacen por un factor, entre otros, propio de la situación de los profesores en Colombia, que está relacionado con el tipo de contratación existente en la mayoría de universidades del país, donde aún se encuentra que el porcentaje de profesores de catedra es alto. De acuerdo con cifras del Sistema Nacional de Información de la Educación Superior-SNIES, para las principales ciudades de Colombia las cifras de personal docente contratado bajo la modalidad de hora catedra en el año 2015 correspondió a: Bogotá 37%, Medellín 64%, Cali 62%, Barranquilla 42%, Manizales 33% y Bucaramanga 52% (MEN, 2015). Razón por la cual los docentes simplemente no tienen el tiempo, ni las garantías laborales que les permita dedicar parte de su tiempo a la participación en actividades formativas (Munby y Russell, 1998), de tal manera, que su prioridad no es la formación sino la supervivencia laboral por hora catedra en varias universidades a la vez.

¿Qué se entiende por ideas previas?

Cuando se indagó sobre lo que ellos consideraban que son las ideas previas o concepciones alternativas de los estudiantes, se encontró que existe una clara división, por un lado, Cano enmarca las ideas previas de los estudiantes como los conocimientos adquiridos en los cursos

vistos con anterioridad; mientras Alex posee una idea más cercana a la concepción didáctica, al considerarlas como las representaciones previas que un estudiante posee sobre un determinado concepto, a partir de su experiencia cotidiana (Pozo et al., 1989), sumada con los conceptos adquiridos, que de acuerdo a su experiencia docente, aunque tengan un acercamiento al concepto oficial generalmente tiene una mala representación desde la interpretación matemática.

A partir de las discusiones, se plantea con claridad que en la enseñanza de la física, la mejor forma de abordar los conflictos cognitivos que los estudiantes poseen asociados con dichas ideas previas, debería realizarse a través del uso de situaciones experimentales (Pozo, 1999), al considerar que si se somete a los estudiantes ante situaciones frontales, que los confronte con las evidencias de la prueba experimental y el contraste directo con la realidad del fenómeno, puede ser más probable que a partir de la observación directa logren identificar y comprender los principios y conceptos físicos que dan explicación a los diferentes fenómenos.

Hacia la comprensión del cambio didáctico

Cuando se abordó el cambio didáctico, se realizó con la intención que se entendiera como un aporte a sus prácticas de enseñanza, que busca mejorar lo que vienen haciendo, al agregar algunas estructuras teóricas junto con herramientas didácticas para el quehacer docente, que no pretende cambiar en su totalidad lo que se hace, sino que se trata de enriquecer y mejorar sus conocimientos y prácticas educativas. En esta lógica, se logró comprender con los profesores participantes del programa, que ese cambio didáctico no pretende un cambio en su totalidad, ya que como plantea Delval (2002), citado en Mellado (2003), no es sencillo cambiar los profesores, porque poseen hábitos de enseñanza arraigados basados en cómo les enseñaron, que son difíciles de dejar. Además, se debe tener en cuenta que este cambio no atañe únicamente aspectos asociados

con la praxis de la clase, sino que demanda aspectos personales y sociales que traspasan, entre otros, hasta el plano del sentir motivacional, de tal forma que se hace necesaria una movilización con disponibilidad, compromiso y toma de conciencia hacia la búsqueda de una satisfacción personal en el trabajo (Hargreaves, 1996, Day, 1999).

Se discute también que los cambios en sus concepciones y prácticas docentes pueden ser llevados a cabo, como producto de reflexiones críticas (Tobin et al., 1994); a través de un trabajo colaborativo donde ellos mismos sean coproductores de ese conocimiento (Gil, 1991), dentro de una investigación acción (Baird et al., 1991), que procure generar un cambio continuo y gradual (Appleton y Asoko, 1996), sin pretender implicar un completo abandono de sus modelos didácticos (Gunstone y Nothfield, 1994). De esta manera, de acuerdo a como lo plantea Mellado (2003, pp 352), *“Si tuviera que establecer una analogía con la física, la dinámica del cambio del profesorado me parece más próxima a los procesos de autoorganización de la física del caos que a la física clásica de los modelos ideales deterministas”*, así, el cambio está mediado por las dinámicas, tensiones e interacciones internas, que puedan surgir al interior de un programa de formación y el posible conflicto generado en las concepciones y estilos de enseñanza de los docente participantes, más no debido a modelos ideales externos que se pretendan imponer. En tal sentido, se logró generar una primera aproximación conceptual de lo que se pretendía conseguir con este programa de formación continuado de profesores para la generación de cambio didáctico, teniendo en cuenta, que los procesos de cambio y formación deben entenderse como de interacción mutua, de tal forma que no puede darse un cambio educativo sin la formación y recíprocamente no cobra valor una formación de profesores que no tenga como propósito generar un cambio educativo (Escudero, 1991; Marcelo, 1994).

Capítulo VI

**Resultados y análisis programa de formación, sobre
la construcción colaborativa de elementos históricos**

Se discute a continuación los resultados obtenidos en las reflexiones adelantadas dentro del programa de formación desplegado. De acuerdo a como se describió en el planteamiento metodológico, esta etapa del trabajo se desarrolló en dos momentos; en el primer momento, se realizó una construcción del recorrido histórico de los procesos que se consideraron representativos para la construcción de conocimientos sobre electromagnetismo, que nos permitiera hacer un reconocimiento del panorama, esencialmente externalista y medianamente internalista, de la historia del electromagnetismo en general; y en el segundo momento se seleccionaron tres temáticas específicas de la historia del electromagnetismo (la construcción del concepto de campo, experimentos históricos cruciales y el aporte de los trabajos de Tesla), con el propósito de abordar de manera profunda la historia internalista de estos temas.

Reflexiones sobre el recorrido histórico del electromagnetismo

El resultado de esta primera parte, donde se elaboró una construcción histórica general, se presenta en el capítulo II de esta memoria de tesis doctoral, dentro del apartado titulado *Aproximación al recorrido histórico del electromagnetismo, una interpretación desde la didáctica*. En esta parte se pretendió establecer un panorama general de los hitos históricamente reconocidos y que han generado: cambios estructurales, ruptura de paradigmas, escuelas de pensamiento, invenciones trascendentales, descubrimientos y demás impactos que contribuyeron para el desarrollo de la física y sus posibles aplicaciones. En el texto en mención, además de presentar la discusión sobre el recorrido histórico del electromagnetismo, se identificó también (en cursiva al final de algunos párrafos) diferentes aspectos didácticos de importancia que podrían favorecer el desarrollo de un curso de física y que están relacionados con la relevancia y los aportes

que pueden ser tenidos en cuenta al incluir la HFC en la enseñanza de un curso de electromagnetismo. Los aspectos identificados se clasificaron como: a) el trabajo científico visto no solo desde hallazgos individuales sino de comunidades, b) las polémicas y divergencias científicas que se presentan durante la construcción del conocimiento, c) el sentido de la no indispensabilidad de un método científico, d) las interpretaciones teóricas que han tenido que hacer los científicos en fenómenos que requieren de modelos explicativos teóricos más que de la observación, e) la naturaleza dinámica y cambiante del conocimiento científico, los cambios de paradigmas, f) las relaciones de la física con otras disciplinas y g) los contextos sociales en los que se ha desarrollado la historia de la ciencia y la historia de los científicos que la protagonizaron.

El reconocimiento de estos elementos didácticos se consideró pertinente como una posible herramienta orientadora para el diseño de clase de un curso de electromagnetismo, en el cual se deseen involucrar contenidos históricos que puedan aportar como recurso didáctico facilitador para la enseñanza (Zapata, 2015). De tal manera, que esta inclusión de la HFC en el desarrollo de las diferentes temáticas de la clase, contribuya a reducir las distancias implícitas entre los conceptos científicos y los imaginarios de los estudiantes, mejorando así, su acercamiento a la comprensión de la ciencia desde una visión contemporánea, distante de la idea de ciencia como entidad hegemónica, individualista, absoluta y definida, es decir, se tratar de mostrar una imagen de ciencia construida desde los procesos elaborados por las comunidades académicas como actividad humana, legitimada a lo largo de la historia a través de diversos procesos externalistas asociados con la economía, la sociedad, la religión, los momentos políticos, entre otros (Matthews, 1991; 1998a; Izquierdo, 2000).

En la segunda parte se realizó una revisión y análisis a los documentos especializados, en cada uno de los temas seleccionados, con el propósito de develar e identificar detalles de los procesos, teorías falsadas, contradicciones, problemas, modelos de interpretación, experimentos fallidos, tensiones, obstáculos epistemológicos y demás elementos que fueron necesarios para la consolidación de conceptos y teorías. En este sentido, se buscó hacer un acercamiento a la historia desde la visión internalista de la construcción de los conocimientos, en cada uno de los tres temas concepto de campo, experimentos cruciales y trabajos de Tesla. A continuación, se presenta una síntesis de los hallazgos y reflexiones de mayor importancia generados a lo largo de las sesiones de discusión y análisis sobre cada una de las temáticas seleccionadas.

La construcción del concepto de campo

A raíz de las lecturas se provoca la discusión con la frase de uno de los profesores que menciona “*yo iba a estudiar sobre el campo y resulté leyendo sobre el éter*”. Bajo esta mirada, se inicia discutiendo como en nuestra formación inicial de pregrado las versiones de campo que se enseñaron nunca se asociaron con la relación histórica, que ataba la concepción de existencia del éter con la interpretación del modelo de campo. De primera mano, se considera que si no se tiene en cuenta cómo se concebía el éter en diferentes momentos históricos, no es posible entender cómo evolucionó el concepto de campo. Al respecto y a manera de ejemplo, se plantea que generalmente en las clases de física el concepto del éter se presenta como un error de la historia, es decir que se menciona con algún desprecio académico de su importancia, y posiblemente por eso mismo los profesores de física y físicos en la formación inicial no comprendemos cómo se consolidó la construcción del concepto de campo, en concordancia con lo planteado por Reyes y Martínez

(2013) y Reyes (2014), quienes discuten que generalmente en las clases tradicionales y en los libros de texto no se discute la naturaleza epistemológica del concepto.

Se encontró que actualmente la forma como se lleva a clase el concepto de campo, se obvia por completo el modelo físico de campo, limitándose a la descripción matemática, a través de la representación de líneas de campo con la descripción geométrica, que luego se formaliza mediante las ecuaciones de Maxwell, sin hacer una disertación sobre cuál es la diferencia de esa representación y el concepto físico que está de fondo, es decir el asociado con la interpretación del modelo de campo.

Así, de acuerdo a los textos analizados, en el trabajo desarrollado se reconoce la dificultad en el seguimiento detallado a la construcción de conocimientos sobre el campo, debido a los diversos autores que contribuyeron, a la simultaneidad de los eventos, a las diversas propuestas generadas y los mismos debates contradictorios o complementarios que se originaban durante su construcción teórica y experimental a lo largo del siglo XIX y principios del siglo XX. Bajo esta premisa a continuación se presentan los elementos de análisis a los que llegamos, y que consideramos más relevantes, dentro del desarrollo de las sesiones de trabajo sobre el tema de campo.

Se plantea la existencia de dos formas de abordar el problema para la interpretación del campo, de un lado está la representación matemática que pretendía hacer una descripción geométrica del campo y sus propiedades a través de las líneas de campo; por otro lado se encontró el modelo físico, que tenía como propósito dar una descripción que fundamentara la naturaleza física del campo. Se determinó que con relación a la interpretación matemática no había discrepancias grandes, sin importar la interpretación de modelo físico, la aproximación matemática

geométrica propuesta por Faraday y luego formalizada por Maxwell, podía ser aplicada y servía para los distintos modelos (Harman, 1990). El punto crítico, se encontró en la fundamentación del modelo físico. Para este consideramos que esencialmente se dividió en tres escuelas de pensamiento, una que lo interpretaba a partir del éter eléctrico, otra desde el modelo de éter material o de vórtices y otra bajo el modelo de éter electromagnético. En adelante se muestran las reflexiones construidas para los factores que se consideraron sobresalientes en la construcción del concepto de campo. Se discuten de primera mano las construcciones de la representación matemática y posteriormente el modelo físico.

Representación matemática

Dentro de esta perspectiva se encuentra inicialmente la propuesta de Faraday, quien plantea el campo a partir de las líneas de fuerza en el espacio, como una representación geométrica del campo, que describe como emanan, divergen, convergen y circulan estas líneas. En este punto, fue importante reconocer que esta representación matemática es la que se usa actualmente en los textos y clases de física para dar la explicación del campo.

Se encontró también en la construcción de una estructura matemática para el campo, el trabajo llevado a cabo por Thomson, quien además de aportar un modelo basado en la teoría analítica del calor de Fourier para describir el flujo de la fuerza eléctrica relacionando efectos térmicos con eléctricos desde una interpretación mecánica, en su trabajo “Mechanical representation of electric, magnetic and galvanic forces” (Representación mecánica de las fuerzas eléctricas, magnéticas y galvánicas) (1847), consideraba que la propagación de las fuerzas eléctricas y magnéticas podrían tener una analogía matemática con la tensión rotacional y lineal de un sólido elástico, y los efectos de la propagación de la tensión a través del medio. Todo esto,

en consecuencia del descubrimiento de Faraday del efecto rotacional del magnetismo sobre la luz (rotación magneto-óptica), el cual, según Thomson podría ser abordado desde los métodos matemáticos desarrollados por Stokes para efectos mecánicos en medios continuos. Se encontró que el problema de sustento de esta representación radicaba en los pocos argumentos de conjetura para establecer una relación directa y físicamente coherente entre efectos mecánicos y electromagnéticos, considerando que no era clara la relación entre la tensión mecánica y los fenómenos eléctricos y magnéticos.

En otra mirada, Maxwell desarrolló una formulación matemática, a partir de las ideas de Faraday sobre la representación de líneas de fuerza, que pretendía conformar elementos conceptuales sólidos para una teoría física más explicativa y profunda, que describía las implicaciones geométricas de las líneas de fuerza como una representación de la distribución espacial de la fuerza en el campo, Maxwell la entendía como una representación meramente geométrica y no como una representación física del campo. Maxwell pretendía generar una representación matemática de la naturaleza, que lograra satisfacer las inconsistencias existentes entre las representaciones matemáticas y física del campo, lo que algunos autores llaman lagunas en la teoría. Estas lagunas trataron de ser cubiertas mediante la representación matemática que basaba la interpretación del campo electromagnético como un sistema en movimiento, el cual se describía como un sistema dinámico a partir de la dinámica de Lagrange. Este punto generó un especial interés en la discusión del grupo, sino el mayor, encontramos singularidades, relaciones, analogías y concepciones, que a nuestra manera de ver, han sido trascendentales y generan algunos de los mayores elementos de aporte tanto en la construcción del concepto de campo y su desarrollo

histórico, como a los elementos representativos del desarrollo histórico que en algún momento se puedan buscar llevar a la clase.

Esta propuesta de Maxwell se analizó desde la integridad fenomenológica que configuraba la solidez y universalidad de su formalismo, el cual planteó en su texto “Dynamical theory of the electromagnetic field” de (1865) y posteriormente reconfiguró en el “Treatise on electricity and magnetism” de (1873). En este modelo, Maxwell toma distancia de su concepción mecánica del éter celular, al proponer que la teoría física del campo podía ser formulada independientemente de cual fuera el modelo mecánico de interpretación de éter asumido, en este sentido, consideraba que cualquiera mecanismo del éter, debería estar sujeto a las leyes generales de la dinámica en donde el campo podía ser explicado mediante una representación de transformaciones de energía del éter. De esta manera, la propagación de las ondas electromagnéticas se generaba debido a transformaciones de energía del éter, porque de acuerdo con Maxwell la energía de los fenómenos electromagnéticos estaba determinada por la energía cinética del movimiento de las partículas del éter y la energía potencial estaba dada por la estructura mecánica del éter que la almacenaba en sus conexiones.

Para este propósito Maxwell planteó su método matemático, para interpretar la dinámica del electromagnetismo, utilizando la formulación analítica de la dinámica de Lagrange como una formulación de las ecuaciones generalizadas de movimiento. Con el uso de este método dejaba a un lado la necesidad de conocer la naturaleza del mecanismo por medio del cual las partes del sistema se conectan e interactúan, pero a su vez el método permitía mostrar coherencia con los conceptos dinámicos apropiados para expresar adecuadamente la representación de la naturaleza física de la realidad. En concreto, planteaba que el campo podía ser representado por la

configuración y movimiento de un sistema dinámico, en el cual la energía del campo podía ser especificada sin necesidad de conocer la naturaleza interna de ese sistema dinámico, es decir el campo. Bajo este modelo, el campo podía tener la estructura de materia en movimiento, que comunicaba la acción entre las partes contiguas del sistema, lo que era consecuente con lo observado en efectos como el magneto-óptico, pero la explicación detallada de cómo se realizaba esta comunicación de movimiento de una parte a la otra del sistema no se conocía. De tal manera que el modelo brindaba la suficiente solidez para proporcionar la descripción de todo el sistema conexo, mediante la dinámica analítica de Lagrange, sin conocer el detalle de las fuerzas de interacción dentro del sistema, porque además estas fuerzas no se necesitaban para la descripción de las ecuaciones de movimiento.

Modelo físico

Dentro del modelo físico de campo, consideramos que se reconocen tres escuelas que ubican el éter desde distintas miradas como el éter eléctrico, el éter material o de vórtices y el éter electromagnético, cada una de ellas tuvo diferentes aportes que buscaban consolidarlas o reformularlas, para cada una de estas escuelas se encontró:

Éter eléctrico

Con relación al modelo físico del campo, Faraday planteó en el marco de la concepción de éter en la década de 1830, una interpretación dentro de la cual éste se podía concebir como una interacción dada por la acción de las partículas contiguas, debida a la polarización de las moléculas de la materia, que generaban fuerzas de interacción, donde una molécula adquiriría la capacidad de ejercer la fuerza efectiva sobre la siguiente (le denominaba capacidad inductiva específica) y de

esta manera se generaba una transmisión de fuerza por una acción de las partículas contiguas y su polarización. A este modelo inicial Faraday lo denominó estado electro-tónico, recogido en su texto “Speculation touching electric conduction and the nature of mater” (Especulación tocante a la conducción eléctrica y la naturaleza de la materia) (1844), que formula una teoría de la materia para representar la transmisión de la fuerza en el espacio debida a unos “agentes de la fuerza”. En este análisis de las lecturas, se encontró que, sin embargo, Faraday consideraba que la acción electrostática no podía explicarse por la transmisión de fuerzas a través de distancias grandes, es decir que su modelo solo explicaba interacciones muy cercanas, del orden de milímetros, lo que implica que los argumentos planteados por Faraday en este modelo se quedaban cortos para el momento de explicar el mecanismo por el cual las fuerzas se propagaban. Lo que se considera que no es una falla conceptual en el modelo, si se tiene en cuenta que para este momento en la historia de la teoría eléctrica, las fuerzas eléctricas se conocían como fuerza de alcance para espacios muy cercanos a la materia electrizada, se interpretó aquí que, parecería que Faraday intentaba proponer un modelo pero sin tomar mucha distancia de la teoría eléctrica del momento.

Posteriormente, Faraday replantea esta explicación apoyado en su modelo geométrico, en su artículo “The physical character of the lines of magnetic force” (El carácter físico de las líneas de fuerza magnética) (1852), proponiendo sobre las fuerzas que *“sólo pueden tener relación las unas con las otras mediante líneas de fuerza curvas a través del espacio circundante; y no puedo concebir líneas de fuerza curvas sin que se den las condiciones de una existencia física en ese espacio intermedio”*, se encuentra entonces, por un lado, que las líneas de fuerza representaban la estructura de las sustancias materiales y de otro lado su interacción la planteaba como el modelo

para describir la propagación de la acción, que Faraday complementaba sugiriendo que esta transmisión de la fuerza podría ser una función del éter.

Al respecto de estos modelos de Faraday se concluye, que no ofrecían una explicación contundente del mecanismo de las interacciones moleculares entre partículas contiguas del medio, al igual, que carecían de la explicación de los mecanismos por los que las fuerzas se propagaban.

Éter Material – Vórtices

Como un modelo que le otorgaba propiedades materiales al éter, aparece el modelo físico de campo de Thomson presentado “On vortex atoms” (Sobre los átomos de vórtice) (1867), se encontró aquí, que el modelo propuesto estaba inicialmente basado en los movimientos moleculares, en lo que se llamó la ilustración dinámica del campo físico, retomada a partir de la teoría dinámica del calor, que configuraba el calor como un movimiento de vórtice en los espacios etéreos que rodeaban los núcleos moleculares. De acuerdo a esto, dentro de este modelo se entendía el éter como un fluido continuo y elástico pero no homogéneo, que generaba una serie de discontinuidades debidas a los vórtices, que eran como huecos rotando dentro del fluido, estos vórtices representaban los átomos, así, los átomos se consideraban como las discontinuidades del éter. En el análisis del grupo, se encuentra que este modelo de vórtice se sustentaba a partir de considerar el éter como un fluido continuo perfectamente elástico, apostado como una estructura material que dotaba de plenitud al espacio, lo que se denominaba “La teoría de la plenitud universal”, que buscaba establecer la relación entre éter, materia y el modo de acción del campo físico.

Es importante mencionar aquí, que al interior de la discusión cuando tratábamos de interpretar este modelo para una teoría física de campo, al inicio se generaron ciertas

especulaciones sobre la estructura física del éter propuesto, de modo que no era claro inicialmente para nosotros cómo se configuraba el éter ¿el éter podría verse como el espacio entre y alrededor de las moléculas?, ¿acaso el éter podría ser un fluido? y de ser así ¿sería un fluido discreto o continuo?

Además, se discutió cómo posteriormente, hacia finales de la década de 1880 Thomson cambiaba su modelo de vórtices, por un modelo basado en la dinámica molecular que concebía el éter como un sólido elástico, apoyado en la demostración de Maxwell de la teoría electromagnética de la luz, que suponía que el medio etéreo debería poder propagar ondas transversales, para lo cual requería de un medio que tuviese propiedades de un sólido elástico más que de vórtices dentro de un fluido. Este modelo se apoyaba en la existencia de un éter compuesto por una estructura celular de girostatos en rotación que le permitían conformar una elasticidad de rotación. Producto de la discusión encontramos que el modelo también estaba basado en vórtices, solo que ahora el giro no era continuo como sucedía en los vórtices de un fluido, sino que se trataba de rotaciones elásticas que deformaban parcialmente al éter pero mantenían su estructura de sólido elástico. Se encuentra que la importancia de este modelo radicaba en su intención de ser compatible y unificar el éter, el electromagnetismo y la teoría ondulatoria de la luz, dentro de una sola teoría dinámica, basada en la interacción mecánica entre el éter tipo sólido elástico y la estructura corpuscular de la materia. Aquí, se discute cómo lo que se buscaba era tratar de describir la naturaleza de las acciones mutuas entre el éter elástico y las partículas de la materia, aunque no lograban explicar satisfactoriamente la relación entre las propiedades mecánicas del éter y la dinámica molecular de la materia (Harman, 1990).

Paralelo a estos trabajos de Thomson, Maxwell proponía además de su modelo matemático descriptivo, que complementaba las ideas de Faraday, un modelo físico de partículas de éter para representar la transmisión de la acción en el campo mediante partículas contiguas de éter. Se encontró como aspecto relevante, que Maxwell difería de la interpretación física del campo de Faraday, porque no estaba de acuerdo con la consideración que el espacio pudiese llenarse con las fuerzas como si fuesen un ente material. Así, que con lo que Maxwell estaba de acuerdo, era con la representación de la estructura geométrica del campo a través de las líneas de fuerza, pero consideraba que el espacio contenía al campo, por lo tanto no era posible tratar de representar al espacio con líneas de fuerza, así, el espacio contenía al campo y determinaba su condición de existencia. Se encontró que inicialmente Maxwell retomaba el modelo electro-tónico de Faraday mediante el estudio de las leyes de los sólidos elásticos de Thomson, pero posteriormente propuso su modelo mecánico de vórtices moleculares o éter celular, el cual describía como una colmena donde cada célula de la colmena representaba un vórtice rotacional y estos vórtices estaban inmersos en un fluido incompresible; entre vórtice y vórtice ubicaba partículas con forma de esferas (la electricidad) que giraban debido al movimiento de los vórtices, a manera de ruedas de engranaje, permitiendo propagar el movimiento y transmitir la acción eléctrica de una parte del campo a otra.

Como aspecto relevante se reconoció en la discusión, que de esta manera Maxwell proporcionaba una interpretación mecánica del estado electro-tónico mediante el movimiento rotacional de los vórtices. Donde, además, Maxwell también era consiente que su modelo mecánico posiblemente no era el correcto, planteaba que solamente era una hipótesis provisional, argumentando que sólo pretendía dar una representación mecánica del campo utilizando una

explicación por medio de un mecanismo que fuese concebiblemente posible desde una construcción mecánica, es decir, que se tenía una necesidad imperante por algo tangible, se buscaba de alguna forma que los modelos de representación pudieran lograrse observar.

Posteriormente Maxwell complementa este modelo proponiendo la unificación de la óptica con el electromagnetismo, siguiendo en la idea de una teoría mecánica del éter. Ahora, agregaba algunas propiedades elásticas a sus células originales y propiedades magneto eléctricas al medio, con las cuales sustenta la incorporación del término desplazamiento eléctrico como una explicación de la polarización del medio; además, este desplazamiento le proporcionaba simetría entre las ecuaciones de la electricidad y el magnetismo. Como aspecto interesante, se encontró que aunque Maxwell se mantenía en que su modelo de éter seguía siendo hipotético, sus razonamientos empezaban a dar forma a sus planteamientos de la teoría electromagnética, teniendo en cuenta que de acuerdo a esta modificación de su modelo, Maxwell calculó la velocidad de las ondas elásticas transversales, que según su modelo correspondían al desplazamiento eléctrico dentro del medio magneto-eléctrico, encontrando que esta velocidad era igual que la velocidad de propagación de las ondas de luz. Con lo cual, a partir de esta teoría mecánica del éter se conseguía unificar los efectos ópticos y electromagnéticos, los cuales se complementaron con las rotaciones magneto-ópticas basadas en los vórtices moleculares.

Sin embargo y a pesar de estas complejas y hasta ese momento bastante convincentes teorías sobre el modelo físico de campo de Maxwell, debido a que guardaban nutrida coherencia con su formulación del modelo matemático que empezaba a consolidar, se evidenció que el mismo Maxwell decidió abandonar su explicación del modelo mecánico del éter, argumentando que la teoría física del campo podía desarrollarse sin considerar el detalle interno de un modelo mecánico

especifico que describiera el comportamiento interno del campo, sino que su teoría del modelo matemático era totalmente coherente con la interpretación del campo electromagnético como un sistema en movimiento, el cual podía ser descrito en su totalidad como un sistema dinámico a partir de la dinámica de Lagrange. La ampliación de este último argumento se presenta detalladamente en el apartado sobre modelo matemático de campo, dentro de estos mismos resultados.

Se reconoció también, como una evolución importante para estos modelos de éter material, el modelo propuesto por Larmor en su obra “Dynamical theory of the electric and luminiferous médium” (Teoría dinámica del medio eléctrico y lumínico) (1897). Que se basaba también en un éter como un medio fluido homogéneo, cuyas principales propiedades eran su inercia y elasticidad, este modelo buscó sintetizar el éter electromagnético de Fitzgerald y los modelos de Thomson de vórtices en un fluido y la rotación de girostats del modelo de éter sólido elástico. La importancia de este modelo se encontró en que presentaba la solución a dos problemas asociados con la teoría del campo físico, el primer lugar explicaba la interacción entre el éter y la materia para generar la propagación de la acción en el campo, gracias a que este éter era continuo y rotacionalmente elástico permitiendo que la acción del campo se pudiera propagar por el medio, aquí la explicación analítica de la acción del éter se describía a través del formalismo de la dinámica de Lagrange. El segundo problema, sobre la relación entre el campo electromagnético y las propiedades mecánicas del éter, se podía explicar porque dentro del éter existían unos centros de tensión rotacional que representaban las singularidades del medio, estos puntos estaban dotados de carga y eran los electrones, similar a la teoría de vórtices, solo que ahora estas perturbaciones del medio eran los electrones como núcleos de tensión rotacional. El reconocimiento al aporte de Larmor con este

modelo, se discutió en términos de la capacidad teórica del modelo para unificar las propiedades electromagnéticas y dinámicas del éter.

Éter electromagnético

También se encontró una escuela marcada en una concepción del éter, que buscaba modelarlo en una forma distante a interacciones mecánicas con la materia y complejizado a partir del reconocimiento de las interacciones, no solamente eléctricas sino ahora considerando otras interacciones adicionales debido a los efectos magnéticos y de la luz. Como uno de los primeros modelos identificados en esta línea, se encuentra el de Weber, quien además de la idea de unificar los fenómenos de electricidad y magnetismo en una ley de fuerza fundamental, propuso una teoría del éter electromagnético corpuscular con el que buscaba dar una explicación que permitiera la unificación de los fenómenos electromagnéticos y ópticos, describiendo la teoría ondulatoria de la luz a partir de las oscilaciones del éter eléctrico, donde consideraba que existía un éter eléctrico que llenaba el espacio, y este éter estaba compuesto por fluidos eléctricos que rodeaban las moléculas de la materia, de acuerdo a esto, daba explicación al efecto magneto-óptico a través de la rotación del éter eléctrico. Esta idea de éter fue desarrollada a lo largo de tres décadas desde 1840, posteriormente vincula a su concepto de fuerza eléctrica central (que difería del de Coulomb porque agregaba a la dependencia del inverso al cuadrado de la distancia una dependencia del tiempo), conceptos de energía, de tal manera que las oscilaciones del éter eléctrico explicaban la propagación de las ondas de luz propiciadas por transferencia de energía. Se encontró que las críticas a este modelo emergieron principalmente porque Helmholtz planteo que una ley de fuerza eléctrica dependiente del tiempo violaba el principio de conservación de la energía, argumento al

que se sumó Maxwell desechando interpretaciones de la teoría electromagnética que estuvieran basadas en fuerzas centrales.

Posterior a los trabajos de Maxwell, se encuentra el trabajo de Fitzgerald, quien doto al éter de propiedades electromagnéticas, retomando una visión de éter rotacionalmente elástico, en donde, ahora la rotación de este sólido elástico era representada por la corriente de desplazamiento de Maxwell y la velocidad de las corrientes del éter por la fuerza magnética. Resulta importante ver, como el modelo de Fitzgerald, propuesto en “On the electromagnetic theory of the reflexión and refraction of lighth” (Sobre la teoría electromagnética de la reflexión y refracción de la luz) (1880), buscaba desestimar la existencia de un éter material, al despojarle características de movimiento y describir sus propiedades únicamente desde lo electromagnético. Es así, como consolida su modelo representando la materia como anillos de vórtices cerrados y al éter como la organización de estos anillos en cadenas que formaban hilos que se extendían por el espacio, de tal manera, que la propagación de las fuerzas electromagnéticas se debía a los comportamientos que pudieran tener estos hilos, los cuales podían retorcerse, estirarse o generar ondas. De esta forma, tanto el éter como la materia quedaban representados a través de este movimiento de vórtices como existentes y continuos en todo lugar del espacio, lo que se denominó como una “plenitud universal”. Se observó aquí, como aspecto de importancia, que el modelo buscó establecer una explicación de la estructura física del campo por medio de este éter de vórtices con características electromagnéticas.

Finalmente en la década de 1890, Lorentz plantea su teoría electromagnética, dentro de la cual contemplaba unas partículas eléctricas (electrones) inmersas dentro de un éter electromagnético. De fondo, el planteamiento de Lorentz despojaba al éter de cualquier propiedad

material y mecánica, proponiendo que la materia estaba hecha de partículas cargadas (electrones) y de otro lado estaba el éter electromagnético; de esta manera, separaba el campo electromagnético de la materia. En esta mirada Lorentz se alejaba de los principios dinámicos, planteando ahora una teoría electrodinámica de la naturaleza, que debía estrictamente todas sus propiedades e interacciones a explicaciones netamente electromagnéticas, así, el campo estaba separado de toda propiedad mecánica y de materia, manifestándose como una realidad física independiente.

Reflexiones del grupo surgidas de este análisis de textos

Luego de todas las discusiones y reflexiones avivadas por las lecturas críticas y los análisis que emergieron de las mismas, se encontró como un aspecto de suma relevancia, y quizá como uno de los de mayor interés para los participantes del programa, la relación con la concepción fenomenológica, que en su momento se tenía de la física y que actualmente en algunas áreas de trabajo de la física aún se utiliza. Se discutió que la concepción fenomenológica de la interpretación de la naturaleza, que durante muchos años buscó sustentar el modelo de campo sin conocer la naturaleza del éter, es la misma que se usa en la física de partículas y en la teoría cuántica de campos. De acuerdo a esto, se discutió el interesante valor de reconocer como desde esa época se usaban técnicas de análisis que actualmente se siguen utilizando en la física de punta, como por ejemplo, el hecho que Maxwell planteara que el modelo lagrangiano era el que debía aplicarse para la explicación de los campos sin importar el modelo de éter, y posteriormente con Lorentz se rompe esta estructura mecánica y se crea el concepto de campo como partícula, es decir aparece la dualidad onda partícula.

De acuerdo a esto, se plantea que actualmente también se usa este método en la teoría cuántica de campos, que se basa en la mecánica lagrangiana para describir los campos. Teniendo en cuenta, que el uso del Lagrangiano en partículas tiene que ver principalmente con dos aspectos: 1) El Lagrangiano es invariante ante transformaciones de Lorentz (cosa que no pasa con el Hamiltoniano), esto lo hace una herramienta muy conveniente, en el caso de física de partículas, donde se trabaja en un sistema de laboratorio y luego se mueve (transforma) al sistema de centro del momentum. 2) A partir del Lagrangiano se puede extraer las simetrías del sistema (Teorema de Noether) lo cual lleva al conocimiento de cantidades conservadas en el sistema. En consecuencia el Lagrangiano es simplemente el método más conveniente en lo que se refiere a partículas y teoría cuántica de campos.

En este sentido, se identificó que Maxwell planteaba sus ecuaciones como la representación matemática tan solo para la interpretación de las líneas de fuerza, mientras que para el éter proponía que debería tener la capacidad de entenderse a través de la mecánica, es decir, como una interacción entre partículas. En este punto, se reconocía que existían dos estadios de importancia, en tanto que Maxwell, proponía que sus ecuaciones no eran tan importantes porque solo correspondían a una descripción de las líneas de fuerza, o dicho de otra forma, él consideraba de mayor relevancia la teoría subyacente a ésta, que sustentaba la naturaleza misma del campo y que se basaba en la descripción dinámica a partir de la teoría analítica de la mecánica de Lagrange.

Aquí se resalta, como aspecto de importancia dentro de este planteamiento de Maxwell, su proceso sobre cómo, a partir de un modelo de interacción de partículas sujetas a una serie de estados que interactúan internamente, a los cuales no se conocía en detalle su comportamiento, se le podían aplicar las ecuaciones de Maxwell que se ajustaban a la dinámica de Lagrange. Entonces,

en esta lógica se identifica la ambivalencia del proceso, en el sentido que, en teoría cuántica actual se hace el proceso contrario, es decir, no se conoce el lagrangiano lo que se conoce es la ecuación de movimiento que puede ser la ecuación de Dirac por ejemplo; lo que se hace es plantear un lagrangiano para evaluar si sirve y se ajusta al comportamiento, luego utilizan las ecuaciones de Lagrange a ver si el modelo se ajusta, (se llama fenomenología de partículas porque no se conoce el lagrangiano). Mientras que en la teoría de Maxwell no se conocía el lagrangiano que describía el campo, por lo tanto partían de las ecuaciones de movimiento de Maxwell.

Se identificó entonces, que los planteamientos de Maxwell se basaban en una teoría fenomenológica, encontrando que Maxwell miraba el fenómeno en su cuestión geométrica de líneas de fuerza, donde no importaba cómo se generaban esas líneas de fuerza, no necesitó conocer su comportamiento interno para plantear las ecuaciones de Maxwell. Así, estas ecuaciones debían provenir de otro lado, y es ahí donde el modelo físico con sus múltiples teorías propuestas cobraba sentido, tratando de buscar explicación a la proveniencia de ese modelo matemático que describía adecuadamente el comportamiento de las líneas de fuerza, que Maxwell había planteado no a partir del éter, sino simplemente a partir de los experimentos de Faraday, Oersted, Amper, entre otros y de las líneas de fuerza que propuso Faraday. Aquí se resalta, como una de las conclusiones importantes, que Faraday planteaba las líneas de fuerza como una representación geométrica y las ecuaciones de Maxwell nacen de la representación geométrica, pero Maxwell no se basó en el modelo del éter para llegar a esas ecuaciones.

Mirando más en detalle, el sentido de este método fenomenológico como un proceso que se consideró contemporáneo, al identificar que al igual que se hacía hace casi 200 años actualmente se trabaja de la misma manera en la física de partículas y de campos. Porque en su momento el

problema requería plantear un lagrangiano que era mecánico y en física de partículas se usa un lagrangiano basado en los campos de interacción, energías, vector potencial magnético, etc. Se discute que el proceso técnicamente no ha tenido cambios de fondo, porque en la física de partículas, ahora se busca plantear un lagrangiano basado en la teoría cuántica de campos, que fusiona un concepto ondulatorio con un concepto de partícula, dualidad onda partícula, y que es lo que actualmente se conoce como un campo. Entonces, a partir de esto es que se busca plantear un lagrangiano que se pueda ajustar a la fenomenología, por ejemplo, el lagrangiano efectivo del modelo estándar, el cual para que funcione requiere de un campo de Higgs, que requirió de muchos experimentos para lograr llegar a plantearse, hasta que se llegó a encontrar el bosón de Higgs que lo sustentaba. En esta lógica, se encuentra que las búsquedas y métodos son similares, porque Maxwell buscaba un lagrangiano que lograra describir el fenómeno del campo y del éter y en partículas el modelo del bosón de Higgs se logró afianzar hasta tanto se comprobó su existencia que validaba el lagrangiano del modelo estándar.

Finalmente y como otro elemento de análisis, fue relevante encontrar la concepción de utilizar medios continuos o discretos al buscar discretizar el espacio del éter cuando por ejemplo Faraday planteaba que el éter puede ser continuo o puede ser discreto, esto causó un marcado interés, en la medida que ésta es una idea desarrollada en la teoría cuántica y que de acuerdo a lo que nosotros generalmente pensábamos, estos planteamientos se habían dado solo hasta 1900; pero en relación con lo encontrado en las lecturas, este tipo de concepciones de discretización ya se empezaban a formular mucho antes, obviamente no como una teoría cuántica, pero sí como una concepción de interpretación del espacio.

Revisión de experimentos históricos

En este apartado se realizó una discusión en torno a una selección de experimentos, que se consideraron históricamente importantes para el desarrollo del electromagnetismo, descritos en la tabla 9. El propósito consistió en adelantar un análisis de la forma en cómo se desarrollaron para buscar identificar características representativas sobre los detalles experimentales, las problemáticas que los generaron y las movilizaciones científicas que los mismos permitieron; todo esto con la intención de resaltar cuales serían los elementos representativos que podrían aportar a su implementación o no en una clase de electromagnetismo.

Luego de los análisis se logró identificar una serie de aspectos que surgieron de la discusión y que orientaron la dinámica de la reflexión hacia: a) las implicaciones del trabajo científico, b) dificultad de los experimentos recreando experimentos históricos, c) modificación a experimentos para llevar al aula, algunos experimentos propuestos y d) la importancia de los experimentos para la clase reflexiones de cierre. A continuación se describen los resultados hallados para cada uno de estos aspectos dentro las sesiones dirigidas hacia el estudio de experimentos sobre electromagnetismo.

Las implicaciones del trabajo científico

A este respecto, se discutieron varios aspectos que se resaltaron como valor agregado de importancia alrededor de los desarrollos científicos en el contexto de sus implicaciones internalistas y externalistas. Se encontró representatividad en el reconocimiento de la interrelación y la transversalidad que ha existido entre los desarrollos experimentales de la física con otras áreas del conocimiento como la biología, la química, la tecnología, etc. Por ejemplo, el caso de Galvani y Volta con el desarrollo de la pila eléctrica y los sucesos científicos que fueron necesarios

alrededor de las especulaciones biológicas de las que emergió este invento (Galloni, 1965), aquí se manifestó de especial interés los sucesos asociados a la biología que generaron el proceso de su invención. Gracias a lo sucedido con el descubrimiento de la anguila eléctrica en el Amazonas y África, que produjo la intervención de personajes como Galvani, quien intentó explicarlos relacionándolos con los fenómenos de las descargas eléctricas generadas en las ancas de rana. Luego, un segundo intento de explicación llevó a Volta a la invención de la pila, al realizar una serie de experimentos, que no solamente estuvieron implicados por la física, sino que involucraron además despliegues en química con la descomposición de sales y las reacciones electrolíticas (Meyer, 1972).

Se identificó este suceso histórico, como uno de los iconos de interés, no solamente por sus reconocidas relaciones y estudios complementarios en otras áreas de las ciencias, sino que adicionalmente, se identifica la importancia histórica en el avance del electromagnetismo que aportó la invención de la pila de Volta. Esto considerando, que de acuerdo a como lo plantea Beléndez (2008), el electromagnetismo debe su auge a un invento y dos descubrimientos, siendo el invento la pila de Volta y los descubrimientos la generación de magnetismo a partir de electricidad de Oersted y dos la generación de una corriente eléctrica a partir de campos magnéticos de Faraday. Se encuentra así que la representatividad histórica de la pila de Volta, está dada porque parte en dos los fenómenos eléctricos, teniendo en cuenta que antes de este invento, sólo se realizaba el estudio de sucesos eléctricos relacionados con cargas eléctricas, electrostática, fuerzas eléctricas, chispas eléctricas, etc., sin el manejo de corrientes eléctricas continuas; de esta manera se pone en evidencia como luego de la pila de Volta se posibilita la aparición de los fenómenos magnéticos asociados a las corrientes, la invención del electroimán,

aplicaciones prácticas como el telégrafo, la galvanoplastia, la descomposición del agua, las reacciones electroquímicas, entre otros.

De igual manera, se identificaron elementos relacionados con los demás momentos históricos experimentales analizados, identificando entre otros, los usos que la botella de Leyden implicaron en los trabajos de Franklin, para tratar de almacenar las descargas eléctricas generadas por las nubes, que lo condujo a la invención del pararrayos, además de los otros aportes de Franklin que como escritor y político lo movilizaron a la conformación de una de las sociedades científicas más antiguas, *American Philosophical Society* y el establecimiento de la academia que se convertiría en la Universidad de Pennsylvania (Holton, 1978); los trabajos complementarios que Faraday realizó en el campo de la química planteando las leyes de la electrolisis, y de otro lado la revolución causada con sus descubrimientos de inducción y la invención de artefactos como el rotor electromagnético y otros dispositivos para inducción que dieron origen a los motores, generadores y transformadores; la construcción del generador de Van de Graaff como una solución para la generación de altos voltajes que permitieran acelerar partículas en experimentos de colisiones en física nuclear; y la importancia trascendental del experimento de Hertz sobre la generación de ondas electromagnéticas como la primera prueba experimental que verificaba la teoría electromagnética de Maxwell. En relación con el recorrido de esta contextualización histórica, se encontró que el reconocimiento de algunos elementos de la historia permite mostrar una imagen de la ciencia más acertada y próxima a la realidad del trabajo de los científicos y al contexto en que éste se ha desarrollado a lo largo de la historia (Solbes y Traver, 2001).

Dificultad de los experimentos, recreando experimentos históricos

Dentro de este recorrido histórico se encontró también, que no es sencilla la reproducción de algunos experimentos, teniendo en cuenta que las exigencias de precisión, los materiales utilizados o los tiempos de calibración y medición requieren de un despliegue de condiciones experimentales que no son posibles de obtener en una práctica de laboratorio con estudiantes. A este respecto, se reconoció la dificultad de algunos experimentos por ejemplo: *El experimento de Coulomb*, se encontró que el problema principal que Coulomb trataba de resolver en su montaje, se debía a la alta fricción existente en sus montajes iniciales, basados en el modelo de la brújula, aprovechando sus conocimientos en ingeniería y luego de varios montajes con diferentes tipos de cuerdas, realizando pruebas de torsión logró disminuir y controlar los problemas de fricción. *Los experimentos de Faraday*, como el rotor electromagnético presentan una alta dificultad teniendo en consideración que el montaje realizado originalmente requiere del uso de altas cantidades de mercurio, disposiciones específicas de cables, circulación de altas corrientes, emplazamientos de baja fricción y especificaciones mecánicas complejas en la construcción de los recipientes que conforman el dispositivo. Se encuentra entonces que buscar reproducir estos experimentos en condiciones similares es una tarea compleja por las exigencias de mecánica fina que requieren los montajes.

Sin embargo se discute la importancia y facilidad de otros montajes que pueden construirse como parte de trabajos prácticos de laboratorio para la clase, los cuales consideramos pueden ser recreados en concordancia a como fueron diseñados históricamente. En este particular se discutieron las condiciones, requerimientos y posibles variaciones que podrían tenerse en cuenta para la implementación de los experimentos de Botella de Leyden, Pila de Volta, corrientes y

campos de Oersted y ondas electromagnéticas de Hertz. A continuación, en la tabla 13 se describen las características técnicas e intenciones de aula que surgieron a partir de las reflexiones y análisis sobre cada uno de estos experimentos, para los cuales se identificó un valor histórico que describe brevemente las implicaciones históricas que se pueden tener en cuenta para motivar a los estudiantes a la realización del rastreo histórico, de igual manera para cada experimento se identifica la caracterización de las variables experimentales que se proponen para intencionar el diseño de los experimentos y los análisis de los mismos.

Tabla 13. Propuesta para recrear experimentos históricos

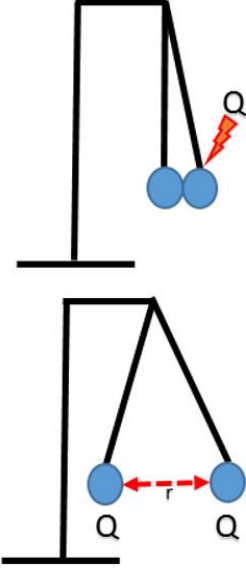
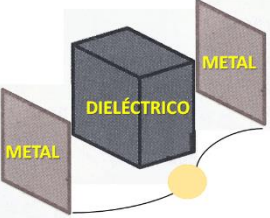
Experimento	Valor Histórico	Variables Experimentales
<p>Botella de Leyden</p> <p><i>Para desarrollar el tema de capacitancia</i></p>	<p>Uso que se hacía del instrumento para acumular grandes cantidades de electricidad, las variaciones en su construcción con el uso de agua o sin ella, con metal dentro, con recubrimientos de plata, etc.</p> <p>Además su utilidad para extraer chispas de diferentes tamaños conectando el interior y el exterior de la botella, que fueron usadas en los experimentos de Franklin, artefactos para tratamientos terapéuticos o demostraciones circenses en show y ferias de la época.</p>	<p>Tamaño de la botella. Material de la botella. Espesor de la botella. Tipo contenido metálico dentro de la botella. Tipos de recubrimiento metálico de la botella. Tamaños de recubrimiento metálico de la botella. Formas de cargar la botella. Tipos de conexiones entre botellas.</p>
<p>Pila de Volta</p> <p><i>Para desarrollar el tema de fuerza electromotriz FEM.</i></p>	<p>Reconocimiento de relaciones entre física y biología con los aportes de Galvani, realización de diversos experimentos que involucraron conocimientos de química para la descomposición de sales y las reacciones electrolíticas, trabajos desarrollados alrededor de la electricidad animal (Chau, 1984).</p> <p>Aportes de Volta al proceso para llegar a la invención de la pila eléctrica.</p> <p>Desarrollos en la electricidad y el magnetismo con la aparición de un fuente de corriente continua que permitió la invención del electroimán y demás aplicaciones tecnológicas como el telégrafo, la galvanoplastia, la</p>	<p>Forma de los metales de la pila. Material de los metales. Cantidad de discos metálicos. Tipo de soluciones salinas. Formas de acumulación entre discos y soluciones salinas. Uso de tejidos animales comerciales como soluciones salinas.</p>

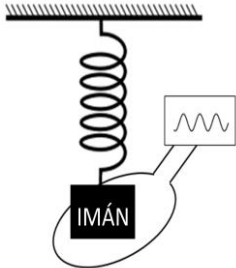
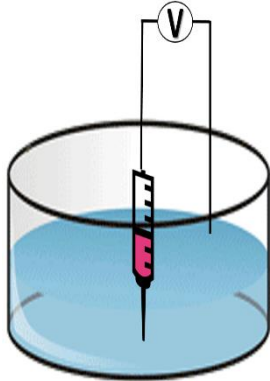
	descomposición del agua, las reacciones electroquímicas, etc.	
<p>Experimento de Oersted</p> <p><i>Para desarrollar el tema de corrientes y efectos magnéticos</i></p>	<p>Importancia de la primera prueba experimental que vinculará los fenómenos eléctricos con el magnetismo.</p> <p>Estudio realizado por Oersted sobre la independencia del fenómeno de posibles efectos del medio circundante al cable por donde circula la corriente relacionados con efectos térmicos o ionizantes del aire.</p> <p>Experimento generado gracias al uso de corrientes continuas producidas por la pila de Volta, de reciente invención para la época.</p> <p>Vinculación teórica con los aportes de Amper y las acciones entre corrientes</p>	<p>Intensidad de corrientes.</p> <p>Tamaño de cables.</p> <p>Distancia de la brújula al cable.</p> <p>Efectos producidos por materiales entre el cable y la brújula (madera, agua, etc).</p> <p>Posición de la brújula respecto al cable.</p> <p>Cambio en la posición del cable (horizontal, vertical) para identificar dirección del campo magnético generado.</p> <p>Aplicaciones ley de Ampere y efectos de una corriente de un cable sobre otro cable con corriente.</p> <p>Distancia entre cables.</p>
<p>Ondas electromagnéticas de Hertz</p> <p><i>Para desarrollar el tema de ondas electromagnéticas</i></p>	<p>Importancia de este fenómeno como la primera validación experimental de la teoría electromagnética de Maxwell.</p> <p>Detalles de la construcción y diseño del experimento original de Hertz.</p> <p>Implicaciones de este desarrollo para la transmisión de información sin cables (ondas de radio, televisión, etc)</p>	<p>Modificaciones al diseño original.</p> <p>Formas alternas de reemplazar el diseño original y la construcción a partir de materiales de bajo costo.</p> <p>Distancia de trasmisión de la onda electromagnética generada.</p>


Modificación a experimentos para llevar al aula y contextualizar sus aplicaciones

Debido a la dificultad de algunos experimentos, como se describió anteriormente, se propone el diseño de cinco prácticas experimentales, realizando algunas modificaciones en la concepción original del experimento pero manteniendo la intención que se busca mostrar en el fenómeno. Para este propósito se propone en adelante una descripción de cada experimento propuesto, en la tabla 14, se presenta un bosquejo para recrear gráficamente la idea general del experimento, se describe el objetivo de cada uno y se presenta una caracterización de las variables que se sugiere podrían tenerse en cuenta en el diseño del montaje, desarrollo de la práctica y la contextualización en diferentes tópicos de aplicación.

Tabla 14. Propuesta experimentos alternos

Experimentos	Bosquejo	Descripción	Variables Experimentales
<p>Ley de Coulomb</p> <p><i>Experimento</i></p>		<p>Se cuelgan dos esferas de polipropileno de un mismo punto a manera de dos péndulos simples. Se usa una máquina de Wimshurst como generador de electricidad para cargar las esferas de polipropileno. El efecto de cargar eléctricamente las esferas con cargas de igual signo se manifiesta con una fuerza de repulsión que separa las esferas. Se aborda la solución del problema por equilibrio de fuerzas en las esferas, se mide el ángulo de separación de las esferas. Se establece la relación de fuerza eléctrica en función del inverso del cuadrado de la distancia de separación entre las esferas.</p>	<p>La carga suministrada a las esferas se controla en función del número de vueltas dadas a la máquina de Wimshurst. Separación de las esferas. Tamaño de las esferas de polipropileno. Contextualizar el sentido de la práctica hacia otros fenómenos que tiene un comportamiento asociado con el inverso al cuadrado de la distancia, en fenómenos que se propaguen con simetría esférica como ondas sonoras, sísmicas, etc.</p>
<p>Condensadores de placa plana</p> <p><i>Experimento</i></p>		<p>Esta práctica se propone como complemento de la botella de Leyden. Se busca construir condensadores de placa plana utilizando papel metálico de baja densidad y variando el dieléctrico entre las placas, en cuanto a material y su composición de sólido seco, sólido semi-seco, líquido, etc., para establecer diferentes valores de capacitancia.</p>	<p>Área del papel de las placas planas metálicas. Tipos de dieléctrico (papel, papel impregnado de diferentes fluidos como aceites, dieléctricos fluidos, etc). Espesor del dieléctrico para variar la distancia de separación entre placas metálicas. Contextualizar el experimento hacia la construcción de capacitores, uso de dieléctricos, usos de condensadores variables, etc.</p>

<p>Inducción de Faraday</p> <p><i>Experimento</i></p>		<p>Se cuelga un imán de neodimio de un resorte que cuelga verticalmente (conformando un sistema masa resorte).</p> <p>En el punto de equilibrio del sistema masa resorte se coloca una bobina de alambre alrededor del imán, construida de acuerdo al tamaño del montaje y conectada a un osciloscopio.</p> <p>El imán se hace oscilar generando un movimiento armónico simple (MAS) del sistema masa resorte, el movimiento del imán dentro de la bobina induce una corriente eléctrica que circula por la bobina y es mostrada por la señal generada en el osciloscopio conectado a la bobina.</p> <p>El propósito del experimento busca analizar la relación entre la corriente inducida, la variación del flujo de campo magnético a través de la bobina y el MAS del imán.</p>	<p>Frecuencia de oscilación del resorte, variando la masa del resorte o los resortes.</p> <p>Frecuencia de la corriente generada en la bobina, determinada con el osciloscopio.</p> <p>Determinar la relación entre la frecuencia de oscilación del imán y la frecuencia de la corriente inducida.</p> <p>Se pueden construir las gráficas del MAS del imán mediante análisis de video o sensor de movimiento y compararlas con las gráficas generadas en el osciloscopio.</p> <p>Contextualizar las aplicaciones del fenómeno en los generadores eléctricos, alternadores, etc.</p>
<p>Oscilador salino</p> <p><i>Experimento</i></p>		<p>El propósito es mostrar un efecto similar al obtenido con la pila de volta para generar una diferencia de potencial.</p> <p>Este experimento genera una diferencia de potencial debido a la diferencia de afinidades electrónicas entre dos líquidos.</p> <p>Una jeringa de vidrio que contiene agua con sal se coloca de forma vertical y sumergida parcialmente dentro de un recipiente con agua, la diferencia de densidades entre el agua salada dentro de la jeringa y el agua del recipiente, origina una oscilación entre el flujo de agua salada que se mueve de la jeringa al recipiente y el flujo de agua que ingresa a la jeringa.</p> <p>Se colocan electrodos dentro de la jeringa y en el agua del recipiente que son conectados a un voltímetro para medir las variaciones de voltaje asociadas a los cambios en los flujos.</p>	<p>Tamaño de las jeringas.</p> <p>Niveles de saturación de sal dentro del agua de la jeringa.</p> <p>Corriente generada en los electrodos.</p> <p>Frecuencia de las oscilaciones y relación con la corriente.</p> <p>Relación de la oscilación con respecto a la variación de agua en el recipiente y a la rapidez de la variación.</p> <p>Contextualizar el comportamiento de este fenómeno físico con fenómenos biológicos como las neuronas y las células cardiacas, que se comportan similar. (González, Arce y Guevara, 2008).</p>

<p>Blindaje electrostático</p> <p><i>Demostración de clase</i></p>		<p>El propósito consiste en generar una demostración dentro de la clase sobre las aplicaciones de la ley de Gauss mediante la jaula de Faraday, para el blindaje electrostático. Consiste en colocar un celular dentro de bolsas metalizadas (se puede usar las de empaacar alimentos o las de pasa bocas de paquete comerciales), para evidenciar que dentro de una superficie metálica cerrada el campo eléctrico es nulo. Trasladar el fenómeno a los campos electromagnéticos en el blindaje electrostático.</p>	<p>Variar tipos de bolsas y condiciones de superficie cerrada necesarias para generar el blindaje. Pruebas con otras superficies metálicas cerradas como jaulas. Contextualizar las aplicaciones en blindaje industriales en laboratorios especializados o de telecomunicaciones</p>
---	---	--	---

La importancia de los experimentos para la clase reflexiones de cierre

Luego del análisis de los diferentes experimentos abordados en esta sección, el cual pretendió rescatar y discutir su valor histórico sobre la forma como lo desarrollaron, e identificar el contexto internalista y externalista en el que tuvieron lugar. En coherencia con lo planteado por Izquierdo, García, Quintanilla, y Adúriz (2016, 79), quienes proponen que para superar las limitaciones de los análisis superficiales sobre las teorías científicas, a partir de ubicar si eran verdaderas o falsas en una determinada época, es necesario al intentar repetir experimentos históricos ampliar la reflexión hacia reconocer “*cuales eran la ideas científicas en el tiempo que se postularon, las estrategias de divulgación que se utilizaron, las posibles interpretaciones que se tenían con los instrumentos disponibles y la utilidad de las mismas para el avance teórico*”. En consecuencia con esta intención de recorrido histórico que se llevó a cabo, y adicional al análisis de cada experimento, se llegó a la puesta en común de varios factores representativos consolidados a través de cuatro puntos, qué se develaron como elementos diferenciadores y que decantaron el trasfondo de la reflexión. Estos elementos se enfocaron hacia las siguientes consideraciones: no todos los experimentos históricos son viables para la clase, se pueden recrear experimentos

históricos con las condiciones actuales, para la formación de profesores la recreación de algunos experimentos históricos puede ser importante y finalmente se consideró que para la formación de ingenieros puede cobrar más sentido las aplicaciones de los experimentos que la recreación de experimentos históricos. A continuación se describen las propuestas en relación con cada uno de estos ítems.

No todos los experimentos históricos son viables para la clase: se encontró que la reconstrucción histórica de una buena cantidad de experimentos en física no es fácil de construir, esto considerando los requerimientos técnicos, la complejidad de los montajes o la precisión de los mismos. Por ejemplo, el experimento de fuerza de Coluomb si no se tiene el equipo de laboratorio de alto nivel, que generalmente tiene un montaje definido con balanzas de Coulomb (de acuerdo con los equipos de laboratorio usuales en Colombia de marcas Phywe, Pasco, Leybold, etc.), no es fácil de montar en condiciones similares a las planteadas por Coulomb. Igual sucede con los experimentos originales de Faraday por sus altos requerimientos de mecánica fina para la construcción. Entonces se considera que experimentos como la construcción de una balanza de Coulomb no es sencillo y la intención de mostrar el comportamiento de la fuerza en función del inverso del cuadrado de la distancia se puede mostrar con otros montajes modificados, que sean más viables de construir o montar en el entorno de una clase de física. Sin embargo, se considera que se puede usar el conocimiento de estas dificultades para la construcción de pensamiento crítico en los estudiantes, en consecuencia con Freundlich (1980), quien plantea que se puede generar el desarrollo del pensamiento crítico a partir del reconocimiento de las controversias de la ciencia y en este caso promoviendo capacidades para comparar los diseños experimentales originales con los que puedan montar los estudiantes.

Se pueden recrear experimentos históricos con las condiciones actuales: se llegó a esta consideración argumentando que es posible recrear experimentos históricos ajustando la reestructuración de condiciones experimentales que puedan tener ciertas variaciones de acuerdo a los recursos existentes. En este sentido, se plantea concretamente que algunas prácticas se pueden proponer a los estudiantes mediante una problematización histórica del fenómeno, en la cual se debe recurrir a la historia para conocer los detalles de su desarrollo y funcionamiento original para, a partir de este conocimiento histórico del fenómeno e inspirados en los documentos históricos (Anderson, 1992), proponer las condiciones experimentales requeridas para llevarlo a cabo, con materiales alternativos o instrumentos sencillos, aportando un valor en el aprendizaje no solo desde fundamentos físicos sino desde el desarrollo del pensamiento del estudiante abordando la solución de problemas propios de la experimentación, aspecto que está en concordancia con el planteamiento de Teichman (1999), considerando que este tipo de trabajos podría fomentar el razonamiento especulativo que es necesario para inferir los procesos de descubrimiento científico proporcionados por el experimento.

Para la formación de profesores la recreación de experimentos históricos puede ser importante: aunque existen investigaciones que muestran que para la formación de profesores de física la reproducción meticulosa de los instrumentos y condiciones de los experimentos históricos puede contribuir en la formación como lo describe Heering (1999); de acuerdo a lo que nosotros analizamos, consideramos que, no necesariamente deben llevarse a cabo la realización de los experimentos con la reproducción de la instrumentación original, para lograr un ejercicio exitoso en el aula. Argumento que esto estaría en concordancia con el planteamiento de Kragh (1989), el cual discute que la realización de los experimentos es un todo integral donde se ven implicadas las

expectativas teóricas y la interpretación de los datos, que requerirían demasiadas abstracciones y por lo tanto miradas ahistóricas para aislar el sentido y las condiciones experimentales del fenómeno, en esta mirada, se puede pensar que los experimentos históricos son únicos e irrepetibles. De acuerdo a esto, consideramos que la recreación histórica de ciertas condiciones experimentales, puede contribuir a la formación de los estudiantes pero desde el sentido problematizador del experimento y de los requerimientos que éste conlleve (Kpinis, 1995). Es decir que se busca, a partir del experimento original, que los estudiantes tratando de recrear las condiciones no necesariamente con los mismos materiales o con el mismo tipo de instrumentos, se enfrenten a las implicaciones problemáticas que dichas condiciones experimentales requieren, de tal forma que, conociendo los detalles históricos y de las condiciones originales bajo las cuales se desarrolló el experimento, puedan con los equipos disponibles en los laboratorios o con materiales de bajo costo realizar la recreación de los experimentos, con los ajustes o acondicionamientos necesarios para que puedan obtener resultados satisfactorios y acordes con la tipología fenomenológica del experimento y los principios físicos fundamentales. Finalmente, se discute que este tipo de ejercicios contribuye en la formación de profesores de física bajo la idea de Matthews (1994), en la cual un buen profesor de ciencias debe tener un conocimiento razonablemente elaborado no solo de su disciplina sino de la dimensión cultural e histórica de la misma, que posteriormente proyectará en sus estudiantes.

Para la formación de ingenieros puede cobrar más sentido las aplicaciones de los experimentos que la recreación de experimentos históricos: luego de varias discusiones, de un consenso no fácil de lograr, se llegó a plantear que para la enseñanza de la física en el contexto de la ingeniería podría cobrar más sentido el enfoque de las aplicaciones que el experimento pueda

tener, en comparación con el abordaje estrictamente histórico del mismo, es decir que, en este punto se planteó que el conocimiento histórico de algún experimento puede involucrarse como información teórica de referencia para el sustento introductorio de la guía, mientras que el aspecto problematizador de la práctica se estima debería estar más enfocado hacia el experimento como condicionante de aplicación en un contexto de la ingeniería. Lo cual cobraría sentido en relación con lo que propone Sánchez Ron (1988), sobre el hecho que no es considerado tan necesario la inclusión de la historia en la enseñanza de la física para ingeniería. En nuestro caso, para los ingenieros en formación se privilegiaría la contextualización de la práctica sobre el enfoque histórico de los experimentos, con el propósito de generar un ambiente de mayor motivación para los estudiantes, en concordancia con Redish (2003, 2008); Trumper (2003); Glynn y Koballa (2005), quienes argumentan que la implicación en el aula de procesos contextualizados del mundo real, en este caso experimentos, promoverá aprendizajes significativos con una construcción conceptual más sólida.

Sobre la reconstrucción histórica de los trabajos de Tesla

Cuando se analizaron las lecturas relacionadas con los trabajos de Tesla, se generaron discusiones alrededor de diferentes tópicos axiales, elementales y transversales a los trabajos realizados dentro de la obra de Nicola Tesla, que trataban de imprimir sentido a las implicaciones sociales, los desarrollos tecnológicos y las contribuciones para el avance de la ciencia, que las invenciones y propuestas de Tesla originaron durante finales del siglo XIX y casi medio siglo XX, los cuales aún se siguen utilizando y se manifiestan como la base de la ingeniería eléctrica actual. En esta dinámica se llegó a la construcción de un discurso que giro entorno a dos puntos: 1) La

importancia de los trabajos de Tesla para los avances tecnológicos, impacto de sus contribuciones desde la perspectiva CTS, y 2) La identificación de aspectos representativos para la clase. A continuación se presentan los resultados representativos que surgieron a la luz de las reflexiones del grupo, en cada uno de los puntos planteados.

La importancia de los trabajos de Tesla para los avances tecnológicos, impacto de sus contribuciones desde la perspectiva CTS

Se reconoce qué posiblemente la mayor la importancia de los trabajos de Tesla se encuentra vinculada con los avances tecnológicos y el impacto que sus contribuciones generaron para el desarrollo de la sociedad, dentro de las cuales se identifica la invención de más de 200 patentes (Trinkaus, 1988; Tesla, y Childress, 1993), con las que aportó, entre otros, al establecimiento de la fundamentación teórica y práctica de los sistemas modernos de potencia eléctrica basados en la corriente alterna (CA), a partir de la invención del sistema polifásico de distribución eléctrica y el motor de corriente alterna (Tesla, 2002). Se logró ubicar en la historia la participación de Tesla en las invenciones ingenieriles desde sus trabajos en Europa, en la Continental Edison Company de Paris, donde tuvo los primeros desarrollos sobre motores de inducción y campos magnéticos rotativos, que le permitieron su reconocimiento y traslado a Estados Unidos para trabajar directamente con Thomas Alva Edison en su compañía matriz la Edison Machine Works en New York, resaltándose su participación en el rediseño de los generadores de corriente continua.

De igual manera, se identifican sus trabajos independientes orientados a la construcción de un motor de inducción sin escobillas con corriente alterna y el desarrollo de la bobina de Tesla (Tesla, 1919), así, como también su paso por la Westinghouse Electric & Manufacturing Company's en los laboratorios de Pittsburgh, que le permitió realizar el desarrollo de los sistemas

polifásicos, que posteriormente se utilizaron para la transmisión de corriente alterna a larga distancia desde la central hidroeléctrica de las cataratas del Niágara. Suceso ocurrido durante el álgido momento histórico reconocido como la guerra de las corrientes, que se presentó entre Tesla y Edison, en el cual, por un lado Edison proponía la distribución de energía eléctrica basada en la corriente continua (DC) y por otro lado la apuesta de Tesla se inclinaba a la generación y distribución a partir de la corriente alterna (AC). Este modelo AC es actualmente usado a nivel mundial, debido a sus ventajas económicas para la generación y reducción en las pérdidas de potencia eléctrica para la transmisión a largas distancias.

En la misma medida se reconoce dentro de los múltiples aportes de Tesla, su propuesta para la transmisión de energía electromagnética inalámbrica, que consolida con la construcción del radiotransmisor, que posteriormente le permitió a Marconi realizar la primera transmisión intercontinental de radio. Evento reconocido históricamente como otro litigio de Tesla, ahora por la patente de esta invención, que histórica y socialmente se reconoce a Marconi, pero que en 1943 devuelve los créditos legales a Tesla por el reconocimiento de la patente (Tesla, 1919; Cheney, 2009). Finalmente, otra de las grandes contribuciones de Tesla atribuye su propuesta para la transmisión de energía eléctrica sin cables basado en la conductividad eléctrica de la tierra, con el cual planteaba que podría transmitirse otro tipo de información (Tesla, 1979). Esta idea tiene una gran relevancia en nuestra época, considerando que es principio de todas las comunicaciones actuales inalámbricas como el internet y las recientes invenciones de transmisión de energía eléctrica inalámbrica para el encendido de bombillas y otros dispositivos.

De acuerdo a este análisis, se reconoce explícitamente que los aportes de Tesla demarcaron trascendentales implicaciones CTS, que se visibilizan alrededor de todo el andamiaje del

desarrollo tecnológico, el aporte a la ciencia y las implicaciones sociales que tuvieron lugar en todo el mundo hasta la actualidad. Sin embargo, en las discusiones concluimos que en gran medida el aporte de Tesla se podría considerar esencialmente Socio-Tecnológico (ST), al considerar, de acuerdo con Gibbons et al. (1994) y Santos (2002), que la técnica deja de ser neutral y es necesario tomar en cuenta los lazos sociales que unen la tecnología con la sociedad y aunque la técnica tiene un lazo de interacción con la ciencia, es más fuerte su lazo con la sociedad, debido a que su intervención modifica directamente los comportamientos sociales. Que para el caso de Tesla, se reconoce dentro de sus aportes la trascendencia para el desarrollo de las comunicaciones, el bienestar de los hogares con la electricidad y en general lo que se denominó la Segunda Revolución Industrial (Cheney, 2009). En el mismo sentido, y en concordancia a como lo plantea Lévy (1992) citado por Santos (2002), la naturaleza de las interrelaciones existentes de la técnica, está caracterizada por tener influencia en los factores humanos, sociales, culturales físicos y biológicos que participan de ella, de la misma manera como se ve reflejado el impacto de las contribuciones de Tesla.

Es importante aquí resaltar, el reconocimiento que se hizo sobre las distinciones entre el aporte de Tesla y Maxwell, planteando que a diferencia de Tesla, el aporte de Maxwell se puede ubicar en la construcción de conocimientos de la ciencia moderna, que de acuerdo a la postura de Santos (2003), en la ciencia moderna se privilegiaba la idea de la ciencia pura, en la cual su horizonte estaba delimitado exclusivamente por la búsqueda de la verdad a través de unos métodos y razones propias, dejando en un segundo plano el papel del contexto social. A este respecto, fue importante identificar como elemento representativo para llevar a la clase, la diferencia en la concepción epistemológica sobre la orientación de los trabajos de estos dos grandes personajes de

la historia de la física, los cuales se ubicaron en Socio-Tecnológico (ST) para Tesla y Socio-Científicos (CS) para Maxwell, privilegiando en este último el aporte científico. Aunque nos aventuramos a plantear estas clasificaciones, caracterizadas por binomios ST y CS, por su relación predominante, reconocemos que estas contribuciones desarrolladas en la física manifiestan implicaciones representativas que a la larga presentan componentes de interrelación CTS.

La identificación de aspectos representativos para la clase

En relación con este factor se discutieron dos aspectos: por un lado se planteó, de acuerdo a nuestra experiencia, que para la formación inicial de profesores de física los aportes de Tesla son poco abordados en los cursos de electromagnetismo y por otro lado en la formación de ingenieros eléctricos el reconocimiento de los trabajos de Tesla es esencial por su quehacer, que se basa en gran medida en las contribuciones que este inventor desarrollo.

En relación con la formación inicial de profesores de física, se consideró que en el abordaje que se hace en la clase de electromagnetismo, sobre las temáticas asociadas con Tesla, generalmente está orientado a trabajos con la bobina de Tesla (Jewett, 2016), pero los otros tópicos sobre la guerra de las corrientes, sus contribuciones a los motores de inducción, la invención de sus múltiples patentes, sus aportes para la distribución de energía eléctrica, etc., normalmente no son contemplados y por lo general poco abordados. Con base en esta falencia, se propone la necesidad de un curso complementario de electromagnetismo avanzado, diferente a electrodinámica, para licenciatura en física, orientado en magnetostática y las aplicaciones tecnológicas e industriales basadas en aparatos que funcionan por inducción, modelos de transmisión de corrientes AC, inductancia, autoinductancia, inductancia mutua, circuitos magnéticos, fuerza magnetomotriz, etc. Aspecto que se considera generaría, en la formación inicial

de profesores, herramientas para la identificación de los contextos de aplicación de la física de forma más contundente en ámbitos del mundo real de la ingeniería, que de acuerdo con Redish (2003; 2008); Trumper (2003); Glynn y Koballa (2005), promoverá aprendizajes significativos con una construcción conceptual más sólida. En consecuencia, contribuiría a una formación más completa para la enseñanza de la física, que podría ser de utilidad en su futura cultura de destino donde se desempeñará profesionalmente y que muy probablemente no corresponderá con su cultura de origen de programas de formación de profesores de física o físicos; considerando que generalmente terminan dando clase en facultades de otros campos profesionales diferentes a la física, como medicina, ingeniería, arquitectura, etc.

De otro lado, se reconoce que en el campo de ingeniería eléctrica actualmente se usan de forma directa las contribuciones de Tesla, teniendo en cuenta que el quehacer profesional está basado esencialmente en el modelo de transmisión de corrientes AC, para baja, media y alta potencia y los dispositivos y artefactos que funcionan por inductancia. Además, soportados en todos los modelos teóricos para los fenómenos electromagnéticos representados e interpretados a partir de la teoría electromagnética de Maxwell. De esta forma y de manera contundente, se reconoce el aporte de Maxwell desde lo teórico y el de Tesla desde el desarrollo tecnológico, que particularmente para el campo de la ingeniería eléctrica representan su esencia misma. En consecuencia se considera que el reconocimiento de los trabajos de Tesla es obligatorio en este campo de la ingeniería, porque manifiesta gran parte del protagonismo de sus desarrollos, lo que encarna el propósito mismo de la ingeniería, que de acuerdo con Reséndiz (2008), está orientada a la solución de problemas en busca de un bienestar social o de resolver un problema nuevo o los problemas que otros avances han traído consigo.

Así, considerando que las dos funciones sustanciales del ingeniero son el diagnóstico de problemas derivados de las necesidades materiales de la sociedad y el diseño de artefactos que los resuelvan (Poser, 1998; Hyde y Karney, 2004), es imperante que para llevar a cabo estas funciones se deben tener en cuenta los procesos intelectuales mediante los cuales se cumplen estas funciones, el contexto en el que se desarrollan los procesos, los conocimientos y las capacidades que se requieren para cada problema, al igual que los métodos y formas de aprendizaje requeridos para adquirir las capacidades y conocimientos necesarios en el ejercicio de la profesión ingenieril. Proceso tal, al que se cree podría aportar el reconocimiento explícito de las contribuciones de Tesla en la formación de ingenieros eléctricos (Corchuelo, 2004).

Reflexiones finales de Cano y Alex sobre su participación en el programa

Como aspecto de cierre del programa se realizaron dos ejercicios de síntesis, con los cuales se buscó identificar en los profesores participantes Cano y Alex los aportes directos del programa de formación que evidenciaran cambio didáctico en su práctica docente, a partir del trabajo desplegado en esta investigación. Estos dos ejercicios consistieron en: primero se analizó una clase, que fue común para los dos profesores sobre el tema específico de Campo, considerando que este fue uno de los tres temas que se abordaron a profundidad dentro del programa. El segundo ejercicio se desarrolló a través de una entrevista final con cada profesor, que buscaba recoger los elementos representativos alrededor de las reflexiones generadas con la participación en el programa y los factores directos y evidenciables que cada profesor reconoce contribuyeron a un cambio didáctico o de mejoramiento de su ejercicio profesional.

Los resultados de estos dos ejercicios se condensan a continuación a partir de reflexiones en cinco aspectos, enmarcados en: aspectos que ha agregado a la clase, reorientación o posible

implementación para los laboratorios, aporte a la formación de profesores, aporte a la formación de ingenieros, y finalmente se presenta una reflexión final de cada profesor.

Aspectos que ha agregado a la clase

Manifiestamente los dos profesores reconocen que un buen profesor de física debe tener conocimientos de la dimensión cultural e histórica de la física, adicional al bagaje disciplinar de la misma. De tal manera, que le proporcione componentes enriquecedores para nutrir su discurso en la clase y presentar los conocimientos sobre la física de forma más elaborada y cercana al mundo real, a partir de generar analogías con otros fenómenos, reconocer el valor de la física en los procesos históricos, sociales, tecnológicos y científicos, estar en la capacidad de extender las implicaciones físicas en otros contextos profesionales, entre otros. Algo que está en concordancia con Matthews (1994), en relación a que no solo basta con ser formado en ciencias, también se deben tener elementos suficientes para considerarse ser educado en ciencias. Elementos a los cuales se llegó a la conclusión, dentro del desarrollo del programa, que nos aportaría el conocimiento de la HFC para nuestra formación permanente.

Alex: a raíz del trabajo dentro del programa de formación, el profesor refleja uso consiente e intencionado de elementos del contexto histórico de la física y la intención expresa de relacionar los conocimientos de la física con el contexto profesional de los estudiantes. A este respecto, se evidencia una introducción de aspectos históricos en el discurso elaborado dentro de su clase, que además relacionaba con otros campos de la física, por ejemplo, la comparación de la idea de campo mediante la representación matemática, la interpretación de fuerzas no solo dentro de lo electromagnético sino también en fenómenos gravitacionales y de física de partículas. Además expresa que en sus prácticas de enseñanza está procurando relacionar componentes de la física con

implicaciones directas dentro de la carrera de ingeniería eléctrica. En este sentido, se encontró en la clase de campo, que estableció relación de la temática con el uso de motores, máquinas y paneles fotovoltaicos. Como aspecto relevante, en relación al uso del contexto histórico y profesional como recursos dentro de la clase, Alex reconoce explícitamente que “*esto no lo hacía antes*”.

Además, Alex plantea, por ejemplo, que el hecho de conocer con mayor profundidad la construcción del concepto de campo, le ha permitido mejorar la forma de introducir los temas a la clase, a este respecto plantea:

... cuando hablaba de campo no me había parecido importante, pero esas líneas de campo solo son una representación geométrica, uno habla de las líneas de campo como si ese fuera el campo y la gente se va con esa idea de que ese es el campo y resulta que no, solo es una representación geométrica... el problema es dejarlos con la falsa idea de que esas líneas son el campo.

...de otro lado, es importante que queden con la idea de que realmente los mecanismos de interacción son mecanismos más complejos, que vienen de la mecánica cuántica, tratando de ligar la mecánica cuántica...con estas teorías clásicas...

Como un aspecto de suma importancia se reconoce que:

...el gran aporte del conocimiento de la parte histórica es que le sirve a uno para formarse como profesor.

Alex expresa que el valor que le da al conocimiento de la HFC, está orientado hacia su enriquecimiento profesional como profesor de física, más que al aporte que pueda proporcionarle a los ingenieros eléctricos, sin dejar de reconocer que sea importante para ellos, sin embargo lo jerarquiza como de mayor importancia para el profesor y el mejoramiento de sus clases.

Cano: manifiesta que el aporte del trabajo desarrollado en el programa, le ha permitido tener en cuenta aspectos explícitos sobre el reconocimiento de la historia de la física y el contexto profesional de los profesores en formación, evidenciando cambios en su metodología y diseño de la clase. Adicionalmente, Cano reconoce que ahora trata de salirse del rol de docente de tablero

(entendido este como el docente que se ciñe a la actividad desarrollada en el tablero), para implicar más a los estudiantes en el desarrollo de la clase, a través de lecturas sobre componentes históricos de la física o de darle un mayor protagonismo a las prácticas experimentales. Aunque el profesor Cano expresa que este año no ha tenido mucho tiempo para preparar actividades para la clase, porque se encuentra en un cargo directivo-administrativo dentro de la Universidad, adicional a las clases. Sin embargo, expresa que ha buscado involucrar elementos de la historia de la física y las implicaciones de la física en contextos de aplicación, al respecto manifiesta:

...con más tiempo para preparar la clase yo de pronto cambiaría un poquito la parte metodológica, salir un poquito más de la parte del profesor estándar, hacer un poquito más la clase en la que realmente se involucren los estudiantes...

...pero si cuando puedo trato de involucrar algo de historia y al mismo tiempo un poquito de aplicación. Por ejemplo, en el curso de mecánica analítica si yo hablo algo de orbitas entonces trato de conectar con el hecho de que Niels Bohr conocía muy bien la mecánica analítica, entonces sabía que la energía de una órbita no dependía realmente de la forma sino del tamaño de esta entonces una cosa era un círculo con el diámetro de un metro y una elipse con un diámetro entre comillas de un metro, daba la misma cuestión y entonces fue tan inteligente que cogió la circular porque era más sencilla...entonces yo trato de conectar estos aspectos cuando puedo.

...con más tiempo...creo que sobre la parte histórica si trataré de colocar una línea digamos complementaria en la que la parte histórica esté ahí, entonces si voy a hablar por ejemplo de ondas, entonces vamos a ver cómo es que conectamos eso con la historia y cómo se aplican las ondas en algún otro campo...

Sobre el aporte explícito de los temas trabajados en el programa de formación, Cano expresa que la lectura rigurosa de textos le permitió como físico complementar sus conocimientos y aclarar aspectos conceptuales, por ejemplo el reconocimiento de la relación entre las representaciones geométricas del campo, las ecuaciones de Maxwell y los modelos físicos del campo, a este respecto menciona que:

...leyendo uno la historia creo que uno termina conociendo mucho de la física realmente.

En su aporte para las clases, a partir del trabajo adelantado en esta temática describe:

...yo si considero que si he agregado algunos elementos, con base en todo el trabajo que hemos hecho con las lecturas, uno es repensar lo que es la concepción del campo y como introducirlo a los estudiantes, es más creo que hacer más énfasis en lo que es el concepto del campo, yo generalmente lo que comentaba era muy general en la primera clase de pronto algo de historia pero muy ligero retomando algo de Faraday pero básicamente quedaba ahí, quedaba una cosita un campo como una especie de perturbación en el medio y ya, simplemente el campo electrostático y vamos a calcular... entonces en mi opinión yo veo que si hay más de fondo en la historia del campo electrostático o sea con lecturas que se fueron tratando que me servirían de aporte para ayudar a dictar el curso... entonces se puede mejorar un poquito esa parte o sea por un lado hacer más lecturas, enfocar en esa parte del campo. Por otro lado la parte experimental, yo la fortalecería más, a veces termina uno usando mucho tablero pero la parte experimental es importantísima, o sea hacer más experimentos que tienen que ver con carga eléctrica con campo electrostático yo fortalecería más esa parte.

Cano al igual que Alex, expresa que el conocimiento de la HFC ha contribuido en su enriquecimiento profesional como profesor de física. Pero a diferencia de Alex, Cano revela que adicional a que le aporte para él como profesor, el conocimiento de la HFC es esencial para los profesores en formación, porque les permite tener un conocimiento más profundo y amplio de la física, lo cual les facilitará establecer relaciones con otros campos, tanto de la física misma como de otras áreas.

Reorientación o posible implementación para los laboratorios

Las reflexiones alrededor de este factor giraron entono a: como conectar la historia con la realización de experimentos, que tan necesario se consideraba replicar experimentos históricos con condiciones originales y cuales elementos deberían priorizarse en las prácticas experimentales de acuerdo al contexto de formación de los estudiantes. Estos resultados se describieron en el apartado de análisis de experimentos históricos de este capítulo. A continuación se sintetiza lo que cada profesor consideró de aporte para su práctica de enseñanza de la física.

Cano: expresa que para la formación de profesores de física, el uso del componente histórico en los laboratorios se puede implementar si se conectan las prácticas usuales con elementos históricos:

...cambiar un poquito la metodología, entonces, conectar un poco lo histórico yo puedo decir voy a hacer un laboratorio de condensadores entonces hablar un poquito de la botella de Leyden... conectar la historia por ese lado digamos que fortalecería un poco más los laboratorios. Sin uno ir a hacer el laboratorio necesariamente como fue históricamente hecho...

De igual manera, considera que para profesores en formación la reconstrucción de experimentos históricos puede aportar no solo en el conocimiento de la historia de la física, sino en el manejo de variables y parámetros experimentales, la creatividad para ajustar materiales y la innovación para proponer cambios en los montajes al tratar de construir con insumos y condiciones actuales algunos experimentos históricos. En este sentido, se encuentra que Cano considera:

...por otro lado también me parece que hay experimentos históricos que se pueden hacer de manera entre comillas muy casera...uno termina viendo que los estudiantes aprenden unas cosas importantes a través de un experimento histórico, pero hecho de manera casera; por ejemplo, lo vi con unos estudiantes que reconstruyeron el experimento de ondas electromagnéticas de Herz, cada uno construyéndolo con cosas básicas de la casa.

...entonces yo también acudiría un poquito a eso a buscar que los estudiantes acudan a buscar experimentos claves históricos y que trataran de reproducirlos de la manera más sencilla

Alex: plantea dos puntos de vista en cuanto al papel de los laboratorios, ligados al componente histórico que se pueda vincular; por un lado, para los profesores de física en formación, los elementos históricos se pueden orientar para enseñar a los estudiantes que en su ejercicio profesional deberán ser recursivos para el desarrollo de los trabajos experimentales, considerando que dependiendo del lugar donde se desempeñen profesionalmente como docentes, sea un colegio o una universidad, contarán con diferentes tipos de recursos; que pueden ser desde los equipos de laboratorio más sofisticados y completos, hasta contar con recursos mínimos,

donde tendrán que acudir a la recursividad y la improvisación en la construcción de experimentos, a los cuales la reconstrucción de algunos experimentos históricos podría contribuir. Alex comenta así:

...el hecho experimental está muy vinculado a las condiciones externas, una cosa es trabajar en una universidad pública con ciertos equipos y libertad de prácticas y otra cosa es trabajar en una universidad privada con prácticas estructuradas...en la parte de laboratorios me parece que lo más importante es enseñarle a los docentes, eso sí de cualquier nivel, a ser prácticos y a enseñarles a trabajar con lo que hay, de sacarle el jugo desde el ultramegawoow equipo hasta una cámara de video para usar Tracker o hasta simplemente llevarlos a un parque y enseñarles física desde un parque...

De otro lado, considera que tanto para la formación de profesores de física como de ingenieros eléctricos, el reconocimiento de los experimentos como actividades humanas construidas desde aproximaciones de ensayo y error, permitirá a estos estudiantes identificar que lo que realiza en el laboratorio, es el producto de la reconstrucción y reproducción de un proceso histórico de la física. Para este propósito, propone que debería agregarse al documento orientador de la práctica experimental, una introducción al planteamiento para el desarrollo de la práctica, pero desde el componente histórico, que enmarque el entorno histórico en el cual se sustenta el experimento, con el propósito que el estudiante identifique posibles dificultades e importancia de los hallazgos, al respecto Alex plantea:

...la práctica debe tener una introducción no como objetivos, sino una introducción como... usted está montando el sistema de inducción similar al que montó Faraday, su modelo original es el siguiente, donde el midió estas variables, de pronto poner un gráfico y en el documento orientador que debe leer anterior a la práctica reconocer que es una reproducción de un experimento que fue importante en la línea histórica de la evolución del área de conocimiento...dado que muchas veces las guías de laboratorio, para estudiantes de ingeniería, dicen mire aquí, ponga aquí, suba aquí y realmente no contextualiza porque debe mirar aquí, poner aquí y subir aquí...

Este valor agregado del complemento histórico para la práctica de laboratorio, proporcionará al estudiante elementos de mayor juicio para valorar el sentido, la importancia, el éxito o el fracaso de la práctica, de tal manera que pueda visibilizar el trabajo experimental como algo que no necesariamente es fácil y requiere de mucha paciencia, perseverancia y creatividad, para que los diseños experimentales funcionen. En consecuencia, si logra reconocer que inclusive actualmente se pueden presentar ciertas dificultades para conseguir resultados con la tecnología existente, cobrará una mayor valía el reconocimiento de las condiciones originales en las que se plantearon los experimentos, en este sentido se menciona:

...por ejemplo uno sabe que el experimento de la gota de Millikan es un contexto bastante interesante, de cómo Millikan sin tanta tecnología logró hacer que en mil intentos saliera el experimento, yo en la vida he podido ver la bendita gota de Millikan esa, pero solo el hecho de fallar es diferente si usted falla tratando de reproducir a Millikan que tratando de hacer los 3 o 4 pasos que dijo el profesor en la guía, si usted le dice haga esto, esto y esto y falla se siente fracasado, pero si usted le hace una introducción histórica y hace los 3 o 4 pasos, el estudiante dice oiga reconozco que esos señores son unos duros, porque en esa época lograron hacer eso sin necesidad de tanta tecnología y tanta cosa, entonces es solo cuestión de paciencia...

Alex, además, reconoce que para los ingenieros eléctricos el laboratorio debe agregar un sentido de aplicación que les muestre a los estudiantes, aparte del fenómeno físico y algunos componentes históricos asociados, los posibles escenarios profesionales donde podrían verse representados o aplicados estos conocimientos de la física.

Aporte a la formación de profesores de física

En relación a este factor, que es uno de los aportes esenciales a los que apunta el trabajo realizado en esta tesis, sobre la formación inicial de profesores de física, se planteó alrededor de tres elementos. Primero, se considera que para los profesores es fundamental el conocimiento de la historia de la física, por considerarse requisito base de su conocimiento profesional, porque representa la esencia de su quehacer mismo. Segundo, es importante que para el reconocimiento

de los hechos históricos de la física, se busque el acercamiento a algunos textos originales, como base de consulta, de tal manera que la aproximación histórica procure realizarse lo menos anacrónica posible, o a través de redacciones reelaboradas varias veces, que hagan perder el sentido o presenten visiones históricas erróneas. Así, se encontró que Cano plantea que:

...hay que leer los autores primarios, ya soy de los que creo que si yo voy a leer para dictar un curso de termodinámica tengo que leer a Fermín...en el curso de electromagnetismo si quiere tener una idea más o menos como clara hay que leer el libro de Maxwell por lo menos, el primer tomo, entonces esa parte histórica es clave...

Como un tercer elemento, se plantea que el conocimiento de las aplicaciones es importante para los profesores de física en formación, si se tiene en cuenta como se planteó en otro apartado, que estos profesores generalmente dictarán clase en facultades de distintos campos formativos, lo cual implica que un bagaje acerca de los posibles usos e implicaciones de las teorías y principios físicos le proporcionaría herramientas para un mejor ejercicio profesional. En este sentido, los profesores mencionaron:

Cano: en la parte de aplicaciones, esa es la parte en la que realmente uno aterriza esto, si ya hoy en día uno se da cuenta que a los estudiantes hay que entrarle no solamente con los conceptos y ya, sino hay que mostrarles para que sirve la física. Creo que sí, que la estrategia me parece que esa metodología puede ser muy buena historia y aplicación, la historia desarrollo de todos los argumentos y luego para que sirve...

Alex: yo digo que a los físicos si nos hace mucha falta entender esos conceptos esas nociones de física, que suena un poco ridículo pero los físicos ni siquiera saben por qué se transmite la corriente eléctrica a una altura dada, ¿por qué una torre tiene 10 metros y la otra tiene 50 metros y la otra tiene 100 metros? y es por el radio efectivo y el efecto corona...gran parte de los físicos no saben para qué o cómo se aplica la física, yo esto lo he aprendido porque trabajo en un programa de ingeniería eléctrica...

Estas reflexiones mostraron, que dentro de la formación de inicial y continuada de profesores de física, es pertinente complementar los conocimientos disciplinares, asociados, con la contextualización de las aplicaciones de la física en diferentes campos de concomitamiento.

Teniendo en cuenta que, además de ampliar su conocimiento sobre la materia a enseñar, le permitirá desarrollar conocimientos y competencias prácticas para su ejercicio profesional, cuando se enfrente a enseñar la física en diferentes programas académicos.

Aporte a la formación de ingenieros eléctricos

En el ámbito del uso del contexto histórico para la formación de ingenieros, se reconocen dos factores asociados, por un lado se considera que el ahondar en los conocimientos históricos cobra una gran relevancia para el profesor que enseña la física en ingeniería, en el sentido que, de acuerdo a como se discutió anteriormente, esto le brindará un mayor conocimiento de la materia a enseñar, lo cual se verá reflejado en sus clases a través de elaboraciones conceptuales más profundas, relaciones entre otros saberes y asociaciones y reflexiones sobre las relaciones de la física con los desarrollos tecnológicos, científicos y sociales.

De otro lado, para los estudiantes de ingeniería, se considera que el aprovechamiento de los recursos históricos debe estar relacionado con el perfil de la ingeniería en la que se enseñe la física. Así, se cree que algunos temas históricos tendrían mayor importancia que otros según el programa académico, por ejemplo, los ingenieros eléctricos podrían tener un gran interés en los aspectos históricos de los trabajos de Tesla, porque los fundamentos de la carrera están basados en sus desarrollos para la generación y transmisión de corriente, los artefactos de inducción, motores eléctricos, etc., de tal manera que para este perfil de estudiantes, el conocer los detalles sobre la construcción original de estos diseños e inventos, puede cobrar un mayor sentido y valor histórico para su profesión. Pero contrariamente, discutir a profundidad detalles sobre la construcción del modelo de campo no generaría un interés igual, porque, de acuerdo a nuestra experiencia, en facultades de ingeniería, el estudiante privilegia las aplicaciones que puedan surgir a partir del

concepto de campo y la forma en como deba utilizar las ecuaciones o leyes asociadas para su práctica profesional, mostrando un menor interés para un recorrido epistemológico o histórico sobre la manera en cómo se construyó este concepto. Aquí Alex manifiesta:

...la historia de la física para ellos no es relevante porque no es su quehacer profesional y no es de su interés propio.

En este mismo sentido, se cree entonces que para otras ingenierías los intereses podrían ser diferentes, por ejemplo, para estudiantes de ingeniería mecánica tendrá mayor importancia aspectos relacionados con termodinámica y máquinas de vapor, para estudiantes de ingeniería civil sería relevante hechos históricos orientados a los fluidos y sus usos en construcciones, etc. Es decir, se propone que los ingenieros en formación encontrarían sentido a aspectos históricos siempre y cuando tengan relación con el quehacer profesional de la carrera, porque pueden establecer una relación directa con sus aplicaciones, las cuales se manifiestan como un eje diferenciador y de motivación para el aprendizaje y para el propósito de la ingeniería, que es resolver problemas del mundo real.

En el otro ámbito, asociado a las implicaciones de tener en cuenta el contexto profesional y de aplicación, se plantea que para los ingenieros en formación, este contexto refleja un sentido más amplio y contundente, porque identifican de forma más clara la utilidad que le podrán dar en su futuro profesional. Se concluye así, en la reflexión conjunta, que para las clases de física tener en cuenta el contexto de aplicación de la física en la ingeniería, es fundamental, por considerar que los estudiantes tienen un interés y gusto predominante por todos los conocimientos que estén directamente implicados en el fin mismo de su carrera, en este sentido Alex y Cano comentan que:

Alex: ...para los ingenieros si no se les enmarca la física en su quehacer profesional no les interesa, no es de pronto como puede ser una licenciatura física o una carrera de física, donde los estudiantes van a aprender el conocimiento abstracto por aprender el conocimiento abstracto;

aquí se requiere sentar ese conocimiento en el quehacer profesional de ellos por obligación o sino no le ponen atención a uno, entonces yo ahora siempre estoy hablando de energías, estoy hablando de líneas de transmisión estoy hablando de cosas que me ha tocado aprender porque no hace parte de mi quehacer profesional, pero si me ha servido como herramientas didácticas para los ejercicios que planteo.

Cano: ...a los estudiantes les gusta un curso aplicado...porque es cuando empiezan a darse cuenta que eso sirve para algo, entonces esa parte a los estudiantes creo que les llama mucho la atención...

Como elemento de cierre se propone que el tener en cuenta el contexto profesional de las carreras donde se enseña la física contribuiría a lograr mayores y mejores acercamientos de los estudiantes hacia el aprendizaje de la disciplina. Adicionalmente, considerando que la ingeniería se fundamenta en los desarrollos de la física, se cree que el acercamiento de los conceptos y teorías físicas al quehacer mismo del contexto profesional, aportaría elementos representativos como estrategia didáctica para promover evidencias de cambio didáctico en profesores de física.

Reflexiones

Se planteó a cada profesor la pregunta sobre ¿cuál es su reflexión luego del trabajo desarrollado en este programa de formación en el que participaron dentro de esta investigación?

A este respecto la reflexión final de cada uno de ellos se sintetiza así:

Reflexión final de Cano

La reflexión es, que pues lo que yo he aprendido y he aprehendido es que si influye mucho la metodología, parte de la reflexión es que esa metodología de dictar uno la clase las dos horas no funciona entonces hay que buscar un poco más de trabajo por parte de los estudiantes ...mejorar la herramientas didácticas... y eso se puede lograr en parte con el experimento, con lecturas con contenido histórico...esa enseñanza tradicional creo que ya no funciona mucho y por otro lado, si la parte histórica me parece que realmente es clave cada vez veo que hay que entender lo que hacían originalmente.

... yo la parte histórica la defiendo hoy en día, porque si hay que leer la historia, hay que leer los autores primarios; ya soy de los que creo que si yo voy a leer para dictar un curso de termodinámica tengo que leer a Fermí, Carnot, etc... sigo diciendo hay que leer a los primeros autores...

...el ejercicio fue interesante aportó muchas cosas, las lecturas con el concepto de campo por ejemplo...el ejercicio de pensar que una cosa es como dicta la clase Alex hacia ingenieros, como nos contaba él, que tenía que aplicarlas hacia los transformadores y otra cosa es como uno trata de aplicarlos a los estudiantes de licenciatura en física. Eso es algo que uno no pensaba normalmente, uno a veces dicta a ingeniería y entonces termina dictando como si fuera a licenciados en física.

...fue bien interesante revisar lecturas y discutir entre todos, así muy de colegas entre todos es bien interesante, le da a uno a pensar que es como uno debería hacer las cosas, por ejemplo si yo voy a dictar un curso entonces podría armar un curso no uno solo, sino entre varios profesores; tratar de definir una metodología para el curso, los contenidos, mediante el trabajo con un grupo de profesores eso es algo bien interesante. Me parece que de ahí se podrían armar cositas bien interesantes o sea me parece que ese trabajo de formación de profesores, con tres profesores, así con todas las características que se hizo, me parece que fue una buena experiencia.

Reflexión final de Alex

Me parece que este tipo de ejercicios deberían ser obligatorios para los profesores, porque después de un ejercicio en el que ya llevamos casi dos años, en esto he tenido espacios para hacer reflexiones sobre la práctica docente y hay personas que llevan toda la vida narrando los mismos tres libros y ni siquiera tienen ese espacio de reflexión...

...me parece que se pueden hacer revisiones desde otros contextos políticos, culturales, diferentes, aquí es histórica y aplicada en el contexto propio de cada disciplina de cada ingeniería, pero puede ser interesante también hacerle una reflexión política, por ejemplo cuando yo hablo de energía estoy hablando de la economía de cada país porque es importante entender el concepto de energía desde cada punto de vista político sobre cómo la energía es el grado de medir la industrialización de un país, etc, entre más industrializado es un país pues mayor es el concepto energético.

...ese tipo de cosas, de reflexiones también le dan elementos al profesor para que lleve al aula no solo aspectos históricos, sino también reflexiones políticas, reflexiones económicas, reflexiones ambientales, todo es ciencia, tecnología, sociedad y ambiente. Esas cosas se verían desde el punto de vista no solo cultural, sino me parece que podríamos hacer reflexiones desde puntos de vista de ámbitos diferentes a la historia... algunas de los cuales se lograron abordar en este trabajo.

Reflexión de cierre

El desarrollo de esta investigación de tesis doctoral, proporcionó una alternativa importante para el desarrollo profesional, no solamente del autor como investigador de formación doctoral, sino para los dos profesores, Cano y Alex, que participaron del proceso. En este sentido, se evidenció a lo largo de la realización del programa de formación, etapas que reflejaron el progreso y la manera como los profesores Cano y Alex asimilaban, comprendían, cuestionaban o incorporaban aspectos asociados a la realización del mismo. Así, el proceso se desarrolló bajo un ambiente extremadamente rico en discusión académica que giró siempre en reflexionar y cuestionarnos sobre cómo concebimos la ciencia y cómo enseñamos la física, aspectos que los tres reconocimos reiteradamente no es común que se den en nuestro círculo docente, quizá porque los profesores no estamos cómodos cuando se nos cuestiona frontalmente sobre lo que hacemos o lo que no sabemos. En suma porque muy pocas veces, o casi nunca, los profesores universitarios nos exponemos a participar en un programa de formación como el aquí desarrollado.

Las discusiones y el trabajo desplegado dentro del programa, permitieron como elementos de fondo mostrarnos en el grupo de discusión, a Cano, Alex y yo, como profesores humanos que reconocíamos nuestras falencias, mencionábamos desaciertos, exponíamos nuestra ignorancia, alentando siempre el deseo de aprender y mejorar lo que hacemos. Todo esto, a partir de construirnos mutuamente desde un interés voluntario por participar, una curiosidad por las temáticas y lecturas nuevas, la satisfacción de la elaboración colectiva y las enriquecedoras sesiones de discusión que nos llevaron a configuraciones, para nosotros trascendentales, que generaron espacios, para en esencia, reflexionar a la luz de fundamentos teóricos y de la experiencia sobre nuestro que hacer docente.

Se evidenció también el crecimiento de los profesores Cano y Alex, quienes se vincularon al proyecto como un favor de amigos, pero con un interés y afinidad con la propuesta de investigación. En el camino su compromiso en las jornadas de trabajo fue evidente, permitiendo mostrarse abiertamente en las clases filmadas y en sus concepciones, para luego reflexionar sobre las mismas. La participación activa en las lecturas y discusiones nos permitió generar una construcción colectiva, pero sobre todo reflexiva y encaminada hacia la generación del cambio didáctico de cada uno; el cual se evidenció y ellos reconocieron explícitamente, en un mejoramiento y enriquecimiento de sus formas de enseñar, las mismas que ahora desarrollan buscando incorporar algunos elementos constructivistas para la enseñanza de la física, haciendo uso del contexto histórico de la ciencia y teniendo en cuenta el contexto profesional de los estudiantes.

Adicionalmente, fue muy gratificante y formativo, para todos, tener la oportunidad de leer sobre historia de la física bajo una intensidad marcada por un metaanálisis, primero individual y luego colegiado, que nos proporcionaron las discusiones. Permittiéndonos reconocer cosas que desconocíamos y afianzar otros conocimientos, buscando siempre la manera de orientarlos hacia mejorar nuestras formas de enseñanza; las cuales ahora todos reconocemos abiertamente son diferentes a como las realizábamos antes del programa.

En consecuencia, de acuerdo al trabajo aquí desarrollado y las evidencias recolectadas, consideró que puede ser importante y con un impacto positivo para la enseñanza y aprendizaje de la física, formar a los profesores de física, de formación inicial y continuada, desde los elementos expuestos en esta tesis. Porque aunque su quehacer inicialmente plantee la física como un conocimiento genérico, su ejercicio laboral, en concordancia con Millicic (2004; 2007), requerirá

que el profesor de física busque ajustarse a las diferentes culturas de destino donde trabajará, caracterizadas por ser facultades de medicina, ingeniería, arquitectura, etc., en las cuales generalmente se busca que se enseñe la física orientada al contexto profesional de los estudiantes. Así, de acuerdo a todas las razones expuestas en el problema y que se soportaron a lo largo del análisis, se plantea que los estudiantes le dan más sentido a la física si evidencian de manera explícita la posible aplicación en su contexto profesional futuro. Aspecto al que se puede contribuir a partir de la generación de un cambio didáctico, soportado en el uso del contexto histórico de la física y el contexto profesional donde se enseñe la física, como se desarrolló en esta tesis para profesores universitarios de física en ejercicio.

Capítulo VII

Conclusiones y recomendaciones

Sobre el programa de formación desplegado

El programa de formación de profesores universitarios de física basado en el contexto histórico de la física y profesional de la enseñanza, contribuyó a la caracterización de la epistemología personal docente de los profesores participantes, la elaboración conjunta de algunas concepciones sobre la didáctica de las ciencias, la epistemología de las ciencias, la historia de la ciencia y el conocimiento de la materia a enseñar. Evidenciando transformaciones reflexivas que manifiestan cambios conceptuales, actitudinales y procedimentales hacia la enseñanza de la física, en las cuales los profesores, Cano y Alex, hacen explícito su reconocimiento de la importancia del conocimiento de los elementos históricos de la física para su formación y como complemento para la enseñanza. Adicionalmente, el modelo de programa implementado ha permitido evidenciar cambios en las formas de pensar y de actuar por parte de los dos profesores universitarios, visibilizados en algunos cambios en la epistemología del profesor y en su práctica de aula, en donde los profesores participantes reconocieron explícitamente la necesidad de identificar contextos profesionales para la enseñanza.

En la búsqueda de como producir cambios didácticos a través de un programa de formación de profesores como el realizado. Se encontró, que es fundamental el desarrollo de un trabajo colaborativo con profesores, en el cual se tengan en cuenta las inquietudes, propuestas, motivaciones e intereses de los participantes, así, se cree fundamental la participación activa de los profesores para la configuración de los temas de estudio, el análisis de actividades y las discusiones emergentes. Desde este punto de vista, no consideramos necesario, ni conveniente, transmitir propuestas didácticas, presentadas como productos acabados o recetas con pasos a

seguir, sino que se debe favorecer un trabajo conjunto que conduzca a los profesores, a partir de sus propias concepciones y reflexiones de su práctica, a la configuración de temas de estudio que les permitan ampliar sus recursos de enseñanza para buscar reorientar y mejorar su práctica profesional.

El uso del contexto histórico de la física y profesional de los estudiantes, como propuesta de innovación dentro del programa de formación desplegado, se consideró una herramienta diferenciadora que motivo el interés de los dos profesores participantes. Resaltándose para cada aspecto que: por un lado, el contexto histórico generó un especial interés para el estudio profundo de la materia permitiendo que se logrará ahondar en los conocimientos de la física, el reconocimiento de las tensiones que giraban alrededor de la construcción internalista de los conceptos, la identificación de diferentes corrientes epistemológicas y la valoración de la historia de las ciencias como elemento inherente del conocimiento del profesor. Por otro lado, el tener en cuenta el contexto profesional de los estudiantes donde se enseña la física, permitió elevar reflexiones en torno a las temáticas relevantes, los intereses de los estudiantes, los posibles éxitos o fracasos de una clase, el impacto de la física en cada contexto, las costumbres de los profesores, la orientación del trabajo experimental, qué parte de la HFC podría o no ser representativa, cómo involucrar las relaciones CTS en la clase, entre otros. Todos con el propósito de estimar la necesidad de considerar este contexto como herramienta didáctica para favorecer la motivación y el aprendizaje de los estudiantes.

El cambio didáctico presupuestado en esta investigación, buscó contribuir al cambio conceptual, metodológico, epistemológico, axiológico y ontológico de elementos relacionados con la enseñanza. A través de la reestructuración del quehacer docente y la reorientación de la epistemología docente, que de acuerdo a lo desarrollado, se buscó mediante la reflexión profunda por parte de cada profesor participante, a la luz de la diferenciación de los contextos profesionales del ejercicio docente y el uso del contexto histórico. En esta mirada, la propuesta de esta tesis se le juega por una interpretación del cambio didáctico no como evolución, sino como diferenciación de contextos. Es decir, se plantea una coexistencia de modelos, en los cuales el profesor debe estar en la capacidad de sopesar aquello que se debe privilegiar en cada contexto y en consecuencia enseñar su disciplina orientada al contexto de formación profesional de los estudiantes.

Producto de las reflexiones al interior del programa de formación desplegado con los profesores Cano y Alex, se logró la construcción de algunas estrategias de innovación educativa que buscan favorecer en los profesores procesos de cambio didáctico, a partir de la incorporación del contexto histórico en la enseñanza de la física y del reconocimiento de los entornos donde se imparten los cursos de física, en este caso, la formación de profesores y la formación de ingenieros, con el propósito de generar elementos motivacionales para el acercamiento de los estudiantes al estudio de los comportamientos del mundo a través de la física, reconociendo posibles paradigmas, concepciones de ciencia, momentos históricos relevantes, implicaciones sociales, aplicaciones tecnológicas y usos de la física.

En los análisis adelantados y en las reflexiones elaboradas se identificó como aspecto representativo elementos diferenciadores para cada profesor, que de acuerdo a su contexto profesional de enseñanza, la formación de profesores o de ingenieros, consideraban importantes. Así, se encontró que para la formación de profesores de física cobra un mayor sentido los dos contextos, el histórico como fundamento de la formación disciplinar y posibilitador de comprensión no solo de conceptos físicos sino de elementos internalista y externalista de la HFC obligatorios para el futuro desempeño profesional; y el contexto profesional como orientación hacia el reconocimiento de los diferentes contextos de aplicación de la física, que se consideró podría contribuir sustancialmente para el potenciamiento de la enseñanza de la física en diferentes campos profesionales. En otra mirada, para la formación de ingenieros eléctricos se planteó de mayor relevancia el reconocimiento del contexto de aplicación sobre el histórico de la física, por interpretarlo como parte esencial de la formación y el quehacer del ingeniero, sin embargo los aspectos históricos se consideraron relevantes para el enriquecimiento del conocimiento del profesor que enseña la física en la ingeniería.

Sobre el uso del contexto en la enseñanza

Con relación al planteamiento de Cole, *el contexto determina el contenido*, se encuentra que este factor se evidencia tácitamente en el trabajo realizado, en el sentido que el tener en cuenta el contexto histórico y profesional, demarcó los derroteros de acción que entramaron el abordaje del programa de formación aquí construido. De esta manera, se observó como las actividades y reflexiones elaboradas giraron siempre alrededor de estas dos categorías propuestas; en consecuencia y aunque el desarrollo del trabajo tuvo componentes de reconocimiento de elementos

didácticos por considerarlos necesarios para el bagaje mínimo del conocimiento de la materia a enseñar, sin embargo, el despliegue de actividades se orientó en mayor medida hacia el trabajo de los elementos históricos y del contexto profesional de desempeño, por considerarlos ejes articuladores y diferenciadores de esta propuesta doctoral. Así, se estima, que otras categorías de contexto, definirían otras prioridades y otros contenidos para un programa de formación.

Las reflexiones presentadas, nos llevan a pensar que el tener en cuenta el contexto profesional donde se enseña la física proporciona un sentido diferente para los estudiantes, porque les permite identificar las implicaciones de la física y acercarse de forma más clara hacia el reconocimiento de las ciencias básicas como elemento fundamental en los programas de formación profesional asociados con las ciencias. De igual manera, se considera importante y con un alto valor motivacional para los estudiantes, la visibilización de los aportes y usos de la física en el entorno práctico de su profesión. En el caso particular del contexto abordado en esta investigación, la formación de Profesores de Física y la formación de Ingenieros Eléctricos, se identificaron aspectos representativos relacionados con la clase misma, las prácticas experimentales, los intereses de los estudiantes y los posibles beneficios que una buena y contextualizada formación en física podría aportar para su futuro desempeño profesional.

Las revisiones teóricas desarrolladas, permiten plantear que aunque el contexto y sus diferentes interpretaciones lo manifiestan como un concepto caracterizado por su polisemia, en la perspectiva didáctica el contexto se orienta a las formas en cómo se concibe en el aula. En este sentido, las relaciones entre el contexto y los estudiantes muestran diversas miradas para establecer

dinámicas de interacción, que configuran el contexto y su asociación con los comportamientos de los estudiantes. Encontrándose que los estudiantes le dan un mayor significado y valor motivacional a lo que aprenden cuando lo pueden relacionar con el mundo real, esto considerando que generalmente no tienen clara la forma de como aterrizar en la práctica profesional los conocimientos de la física. En consecuencia la propuesta desarrollada se presenta como una alternativa de innovación didáctica, por aportar a la formación permanente de profesores universitarios de física, elementos complementarios para introducir en su práctica profesional en busca de la generación de cambio didáctico.

Una de las problemáticas existentes para la enseñanza de la física basada en el contexto, se debe principalmente a la falta de diseños curriculares elaborados en esta línea, las pocas investigaciones que relacionen el contexto en la enseñanza de la física, las limitaciones debidas a la falta de propuestas metodológicas que desarrollen despliegues didácticos sobre la incursión del contexto en la enseñanza, los pocos estudios que muestren resultados que den cuenta si la enseñanza de la física basada en contexto es más eficaz que la enseñanza tradicional para mejorar el rendimiento de los estudiantes, al igual que aún no se tienen consensos o mecanismos claros sobre la metodología necesaria para el uso del contexto en la enseñanza. Sin embargo, estas brechas aún existentes sobre el campo del contexto y la enseñanza de las ciencias, lo manifiestan como un interesante campo emergente de indagación y que abre potenciales problemas de investigación en el área.

Sobre el uso de la HFC en la enseñanza

En la elaboración de una trama histórica del electromagnetismo, se logró establecer un panorama general de los hitos históricamente reconocidos y que han generado: cambios estructurales, ruptura de paradigmas, escuelas de pensamiento, invenciones trascendentales, descubrimientos y demás impactos que contribuyeron para el desarrollo de este campo de la física y sus posibles aplicaciones. Identificando algunos aspectos didácticos de importancia que podrían favorecer el desarrollo de un curso de física y que están relacionados con la relevancia y los aportes que pueden ser tenidos en cuenta al incluir la HFC en la enseñanza de un curso de electromagnetismo.

Cuando se plantea la necesidad de una formación de profesores para la generación de cambio didáctico, teniendo como uno de sus referentes de configuración la contextualización histórica, se busca que los profesores además de ampliar sus conocimientos sobre la materia a enseñar, puedan reflexionar y argumentar con los estudiantes discusiones críticas sobre la ciencia, a partir de mostrar la construcción de las ciencias en términos de polémicas internalistas y externalistas, la construcción de colectivos científicos, las dinámicas de constante cambio, etc. De igual manera, debería contribuir a una enseñanza de las ciencias desde la perspectiva CTS, más enriquecedora, con una imagen de la ciencia universitaria con mayor contenido del pragmatismo científico, así como de los aspectos históricos, sociales, filosóficos y políticos que fueron necesarios para que se pudiera dar su construcción; además ayuda a fundamentar mejor la ciencia y la tecnología como espacios de conocimiento que penetran cada vez más en los cotidianos sociales y futuros profesionales de los estudiantes, es decir una posible enseñanza de la ciencia conceptualmente transparente.

Los argumentos descritos a lo largo del documento, plantean una postura que defiende la importancia de considerar la HFC para lograr aclaraciones y precisiones epistemológicas, que se manifiestan como un elemento clave para la formación continuada de los profesores de física, que les permita enseñar una ciencia más enriquecedora y acorde con los elementos propios del contexto profesional de los estudiantes donde se enseña la física, al privilegiar concepciones epistemológicas, cognitivas y praxitivas de los contenidos y enfoques, de acuerdo a las futuras necesidades profesionales, caso particular de estudiantes de Licenciatura en Física e Ingeniería Eléctrica.

Perspectivas para configurar un programa de formación de profesores universitarios de física

De acuerdo a lo expuesto, a lo largo de esta memoria de tesis, en relación a la necesidad latente dentro de los docentes de física universitaria para reconocer con mayor propiedad y con sentido crítico de interpretación los contextos históricos y de aplicación de la física en una amplia gama de escenarios, se considera pertinente la propuesta de un programa de formación continuada de profesores universitarios de física, que esté fundamentada a partir de los dos tópicos diferenciadores que cimentaron la propuesta de esta investigación doctoral, el contexto histórico y el contexto profesional de aplicación de la física. En este sentido, como sección de cierre del documento se plantea una propuesta inicial, que requerirá de una mayor fundamentación y futura discusión, para la formulación del programa de formación de profesores en mención. El programa propuesto se estructuraría a partir de la identificación de unos temas generales y transversales de la física, que a partir de las discusiones del grupo de trabajo se consideraron relevantes y de

trasfondo importantes, para la formación de profesores universitarios de física con perspectivas de generación de cambio didáctico.

El propósito de fundamentar el programa desde estos dos tópicos, que han sido justificados problematizados y operativizados en el desarrollo de esta tesis doctoral, radica en la intención de aportar al profesor un bagaje estructurado sobre la construcción de conocimientos que son transversales en la física y que le podrán aportar a una mejor comprensión de la disciplina. Adicionalmente, busca propiciar un entramado de contextos de aplicación de la física, que le proporcionen herramientas suficientes para descuadricular y desencajar la física de los modelos ideales que generalmente se enseñan en la clase, para lograr aterrizar sus implicaciones y usos en diversos contextos. Esto considerando que los lugares de trabajo, o la cultura de destino, de la mayoría de profesores de física son facultades diferentes a facultades de física o de formación de profesores de física, lo que implica que su ejercicio profesional docente se vería más nutrido con conocimientos que le apunten a contextualizar la física en estos escenarios profesionales diversos.

De acuerdo a esto, se propone que el programa de formación debería ahondar ocho temáticas alrededor de los conocimientos en física, que se consideran relevantes, transversales a diferentes campos de física y de amplia aplicación en diversos ámbitos científicos, tecnológicos y sociales. A continuación se presenta una breve descripción de cada módulo con las temáticas propuestas a abordar:

I) *Reconocimiento de aspectos didácticos y profesionales de enseñanza*: De forma similar a lo realizado en el inicio del programa de formación de esta tesis, se busca realizar sesiones introductorias para discutir componentes básicos de la didáctica de las ciencias experimentales, de tal manera que se logre hacer un acercamiento de los docentes a algunos temas de interés de la

innovación didáctica, que les permita reflexionar sobre su práctica y el papel del contexto profesional de desempeño.

II) *Las simetrías como concepto esencial de la física*: relación de los principios de conservación y el establecimiento de simetrías en el espacio tiempo; aplicación de simetrías en las redes cristalinas del estado sólido; la ruptura de las simetrías en la física de partículas; la comprensión del balance energético a partir de simetrías y las configuraciones en los espacios de fase como simetrías.

III) *La energía sus relaciones e interpretaciones*: establecimiento de las relaciones de energía en lo mecánico, térmico, electromagnético y cuántico a partir del balance energético y la conservación de la energía.

IV) *El concepto de estado y sus configuraciones*: definiciones de estado; planteamiento de estados y configuraciones dentro de sistemas; estados estacionarios y cuasiestacionarios; superposición de estados; establecimiento de ecuaciones de estado y transiciones de estado a partir de la interpretación de teorías de la mecánica clásica y cuántica.

V) *Propiedades de los materiales para la comprensión del mundo real*: estudio de campos electromagnéticos y transferencia de energía en sistemas y materiales no ideales; efectos térmicos, tensión y deformación en materiales; relaciones de física e ingeniería a partir del estudio de modelos ideales y materiales reales.

VI) *Las ondas y partículas como modelos*: conceptos y modelos de onda, partícula y campo; propagación de ondas, ondas electromagnéticas y sus usos reales.

VII) *La extensión de la física en sistemas vivos a partir del estudio de la biofísica*: la física del estado vivo; los efectos electromagnéticos en el cuerpo humano y la protección industrial;

fenómenos de bioelectricidad; comportamientos de los fluidos y fenómenos hemodinámicos; proceso homeostáticos y de termorregulación; los estados de la materia y la relación con los tejidos biológicos; relaciones entre física, ingeniería y el cuerpo humano.

VIII) *El modelamiento como representación de los fenómenos*: concepto de modelo en la teoría clásica, electromagnética y cuántica; modelamiento computacional; establecimiento de modelos para la solución de problemas.

Cada uno de estos módulos estaría orientado desde conceptos centrales, fundamentados a partir de la construcción del contexto histórico y su utilidad actual en los diferentes escenarios de aplicación; con el objetivo de proveer a los profesores universitarios de física participantes, conocimientos más profundos y amplios sobre la materia a enseñar, que permitan fomentar la generación de un cambio didáctico evidenciable en el mejoramiento de su ejercicio de enseñanza de la física, en cualquier contexto profesional de desempeño.

Referencias Bibliográficas

Aikenhead, G.S. (2003). STS Education: A Rose by Any Other Name. En R. Cross: *A Vision for Science Education: Responding to the work of Peter J.Fensham*, (pp. 59-75). New York: Routledge Falmer.

Aikenhead, J.J. (1985). Collective decision making in the social context of science. *Science Education*, V. 69 (4), 453 – 475.

Almudí, J.M. (2002). *Campos magnéticos producidos por cargas móviles: dificultades de aprendizaje y propuesta constructivista de enseñanza en primer curso universitario de física general* (Tesis doctoral). Departamento de Física Aplicada, Universidad del País Vasco.

Anderson, N. (1992). Hidden Treasures for Science Teaching: United States Patents. Teaching Guides for Teachers, North Carolina University.

Appleton, K. y Asoko, H. (1996). A case study of a teacher's progress toward sing a constructivist view of learning to inform teaching in elementary science. *Science Education*, V. 80 (2), 165-180.

Association For Science Education, (1963). *The Training of Graduate Science Teachers*. Hatfield, Herts: ASE.

Austin, J. L. (1982). *Cómo hacer cosas con palabras: Palabras y acciones*. Barcelona: Paidós.

Ayala, M. M., Malagón, F. & Guerrero, G. (2004). La enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural. *Revista Física y Cultura*, 7, 79-91.

Bachelard, G. (1976). *La formación del espíritu científico*. (5). México: Siglo XXI Editores.

Baird, J.R., Fensham, P.J., Gunstone, R.F. y White, R.T. (1991). The importance of reflection in improving science teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, V.28 (2), 163-182.

Bao, L. y Redish, E.F. (2001). Concentration analysis: A quantitative assessment of student states. *American Journal of Physics*, V. 69 (7), 45-53.

Beasley, W. y Butler, J. (2002). Implementation of context-based science within the freedoms offered by Queensland schooling. En: *The annual meetings of australasian science and education research association conference*. Townsville, Queensland.

Beléndez A. (2008). La unificación de luz, electricidad y magnetismo: la síntesis electromagnética" de Maxwell. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 30, (2), 260, 1-20.

- Bennett, J. y Lubben, F. (2006). Context-based Chemistry: The Salters approach. *International Journal of Science Education*, V. 28 (9), 999-1015.
- Blández, A.J. (1996). *La investigación acción un reto para el profesorado*. Barcelona: INDE Publicaciones.
- Brush, S.G. (1974). Should the History of Science be Rated X ?, *Science* 183, 1164-1172.
- Buchwald, J. (2014). *The History Of physics. The oxford handbook*. United Kingdom: Oxford University.
- Bulte, A.M. et al. (2006). A Research Approach to Designing Chemistry Education using Authentic Practices as Contexts. *International Journal of Science Education*, V. 28 (9), 1063-1086.
- Caamaño, A. y Vilches, A. (2001). La alfabetización científica y la educación CTS: Un elemento esencial de la cultura de nuestro tiempo, *Enseñanza de las Ciencias*, N° extra. II Congreso.
- Camacho F. F y Gallegos C. L (1999) Construcción de conceptos físicos en estudiantes. La influencia del contexto. *Perfiles Educativos*, 85-86.
- Cantor, G. N. (1981). *Conceptions of Ether: Studies in the History of Ether Theories, 1740-1900*. En: Michael Jonathan Sessions Hodge (Editor), (1). Londres: Cambridge University Press.
- Carnicer, J. (1998) *El cambio didáctico en el profesorado de ciencias mediante tutorías en equipos cooperativos* (Tesis doctoral). Valencia: Universidad de Valencia.
- Carnicer, J. y Furió, C. (2002) La epistemología docente convencional como impedimento para el cambio. *Investigación en la Escuela*, 47, 33 – 52.
- Chalmers, A. F. (1989). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo XXI de España Editores, S.A.
- Chau H. Wu. (1984). El pez eléctrico y el descubrimiento de la electricidad animal. *American Scientist*, Vol. 72, (6), 598-607.
- Cheney, M. (2009). *Nikola Tesla. El genio al que le robaron la luz*. Madrid: Turner.
- Cobern, W. W. y Loving. C. C. (2000). *Defining “Science” in a Multicultural World: Implications for Science Education*. En: John Wiley & Sons, Inc (Ed.)
- Cohen, L. y Manion, L. (1990). *Métodos de investigación educativa*. Madrid: La Muralla.
- Cole, M., (1996). *Cultural Psychology: a Once and Future Discipline*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

- Cole, M. (1999). Poner la cultura en el centro En: *Psicología cultural* Traducido por Tomás del Amo (Ed.). España: Morata.
- Conant, J. B. (1957). *Harvard Case Histories in Experimental Science*. Londres: Harvard University Press Cambridge.
- Cooper, S., Yeo, S., y Zadnik, M. (2003). Australian students' views on nuclear issues: Does teaching alter prior beliefs? *Physics Education*, V. 38, 123–129.
- Corchuelo, M. (2004). Una aproximación a los procesos de formación de ingenieros. *Revista Electrónica de la Red de Investigación Educativa*. Vol.1, No.1. En línea: <http://revista.iered.org>.
- Cord. (1990). *Principles of Technology*. South-Western Educational Publishing. Waco, Texas, EE.UU: CORD Communications, Inc.
- Cord. (1999). *Teaching Science Contextually, The cornerstone of tech prep*. Waco, Texas, EE.UU: CORD Communications, Inc.
- Cornejo, J., Speltini, C. y Iglesias, A. I. (2004). *Una aplicación de los contextos de Reichenbach en los trabajos prácticos de laboratorio*. En: Congreso de Educadores del Mercosur, 1. Proceedings. [CD ROOM].
- Crawford, M. (2001). *Teaching Contextually, Research, rationale, and techniques for improving student motivation and achievement in Mathematics and Science*. Waco, Texas, EE.UU: CORD Communications, CCI Publishing, Inc.
- Crawford, M. et al (2001). *Physics in context, An integrated approach*. Waco, Texas, EE.UU: CORD Communications, CCI Publishing, Inc.
- Crowther, J. G. (1945) *Humphry Davy-Michael Faraday, Hombres de ciencia Británicos del siglo XIX*. Buenos Aires: Colección Austral.
- Cronin-Jones, L.L. (1991). Science teaching beliefs and their influence on curriculum implementation: two case studies. *Journal of Reserach in Science Teaching*, 38, (3), 235-250.
- Day, C. (1999). *Developing teachers, the challenges of lifelong learning*. Londres: Falmer Press.
- Dewey, J. (1938). *Experience and Education*. New York: Collier Books.
- diSessa, A. A. (1988). Knowledge in pieces. En G. Forman and P. B. Pufall. *Constructivism in the computer age*, (pp.49-70). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

diSessa, A.A., Elby, A. y Hammer, D. (2003). J's epistemological stance and strategies. En: G. Sinatra and P. Pintrich (eds.) *Intentional Conceptual Change*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, V. 6 (2), 109-120.

Duschl, R. (1994). Research on the history and philosophy of science. En: D. L. Gabel. (ed) *Handbook of Research on Science Teaching* (pp. 443-465). New York: Macmillan.

Duschl, R. (1997). *Renovar La Enseñanza de las Ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea.

Edelson, D. C. (2008). Engineering pedagogical reform: A case study of technology-supported inquiry. En: Duschl, R. A y Grandy, R. E. *Teaching Scientific Inquiry Recommendations for Research and Implementation*. Sense Publishers.

Edward, D. (1998). Em direção a uma psicologia do discurso da educação em sala de aula. En: Ensino C Coll, D Edward (organizadores) *Aprendizagem e Discurso em sala de aula*. Trad.B Affonso Neves. (pp. 47-74). Porto Alegre: Artes Medicas.

Edward, D. y Mercer, N. (1998). *Conocimiento compartido*. Trad. Ramón Alonso. Barcelona, España: Ediciones Paidós.

Einstein, A. y Infeld, L. (1986). *La evolución de la física*. Barcelona: Salvat.

Eisberg, R. y Resnick, R. (1997). *Física Cuántica*. Mexico: Ed. Limusa.

Eklund-Myrskog, G. (1998). Students' conceptions of learning in different educational contexts. *Higher Education*, V. 35 (3), 299-316.

Elliott, J. (1994). *La investigación acción en educación*. Madrid: Morata.

Enghag, M. (2004). *Miniprojects and context rich problems: Case studies with analysis of motivation, learner ownership and competence in small group work in physics* (Unpublished Thesis). : Linkoping University, Sweden.

Escudero, J.M. (1991). La naturaleza del cambio planificado en educación: cambio como formación y formación para y como cambio. En: Escudero, J.M. y López, J. (coords.). Los desafíos de las reformas escolares. *Cambio educativo y formación para el cambio*. (pp.133-177).Sevilla: Arquetipo Ediciones.

- Esteban, S. E. (2003). La perspectiva histórica de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, V. 2 (3), 399-415.
- Feiman-Nemser, S. (1990). Learning to teach. En: Shulman, L. S. & Sykes, S, *Handbook of Teaching and policy*. (pp. 150-170). New York: Macmillan.
- Fermoso, P. (1989). El Modelo Fenomenológico de Investigación En: *Pedagogías social. Educar* 14-15. (pp. 121-136).
- Fernandez, G. M. (2000). Fundamentos Históricos. En Perales, P. F. J. y Cañal de León, P. *Didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 65-83). Alcoy: Marfil.
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza De Las Ciencias*, V. 20 (3), 477-488.
- Finkelstein, N. (2001). *Context in the context of physics and learning, Physics Education Research Conference Proceedings*. Rochester, NY: PERC Publishing.
- Finkelstein, N. (2005). Learning physics in context: a study of student learning about electricity and magnetism. *International Journal of Science Education*, V. 27 (10), 1187-1209.
- Fraser, B. y Tobin, K. G. (1998). *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publisher.
- Fraser, B., Tobin, K. G. y Campbell, J. M. (2012). *Second International Handbook of Science Education*. Springer International Handbooks of Education.
- Freundlich, Y. (1980). Philosophy of Science and the Teaching of "Scientific Thinking". *Teachers College Record*. Vol.82, (1).
- Foucault, M. (1988): El sujeto y el poder. *Revista Mexicana de Sociología*, V. 50 (3), 3-20
- Fourez, G. (1997). *Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires, Argentina: Colihue.
- Furió-Mas, C. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 188-199. Recuperado de: <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21357/93312>.
- Furió, C. y Gil, D., 1989. La didáctica de las ciencias en la formación inicial del profesorado; una orientación y un programa teóricamente fundamentados. *Enseñanza de las Ciencias*, V. 7 (2), 257-265.

Furió, C y Carnicer, J. (2002). El desarrollo profesional del profesor de ciencias mediante tutorías de grupos cooperativos. Estudio de ocho casos. *Enseñanza de las ciencias*, V. 20 (1), 47-73.

Furio, C., Guisasola, J. y Zubimendi, J. L. (1998) Problemas históricos y dificultades de aprendizaje en la Interpretación newtoniana de fenómenos electrostáticos Considerados elementales. *Investigações em ensino de ciencias*, V. 3, 165-188.

Furió, C. y Vilches, A. (1997). Las actitudes del alumnado hacia las ciencias y las relaciones ciencia, tecnología y sociedad, en Luis del Carmen (coord.). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.

Gabel, D. (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Pub.

Gagliardi, R. y Giordan, A. (1986). La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, V. 4 (3), 253-259.

Gallager, J.J. (1991). Interpretative research in science education. National Association for Research En: *Science Teaching Monograph*. (4).

Galloni, E. (1965). *La invención de la pila eléctrica*. Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires.

Gamow, G. (1987). *Biografía de la Física*. Barcelona: Salvat.

García, A. E. G. (1998). El papel de la historia en la organización del fenómeno eléctrico. En *El papel de la historia en la organización del fenómeno eléctrico desde una perspectiva de campos*. Brasil: Universidad Federal Do Rio Do Janeiro.

García, A. E. G. (2011). *Las prácticas experimentales en los textos y su influencia en el aprendizaje. Aporte Histórico y filosófico en la física de campos* (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma De Barcelona, Barcelona.

García, M. A. (2009). *Aportes de la historia de las ciencias al desarrollo profesional de profesores de química* (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona.

Garret, R.M., Satterly, D., Gil, D. & Martínez, J. (1990). Turning exercises into problems: An experiments study with teachers in training. *International Journal of Science Education*, V. 12 (1), 1-12.

Geertz, C. (1992). *Descripción densa: hacia una teoría interpretativa de la cultura*. En *La Interpretación de las culturas*. Barcelona: Editorial Gedisa.

Gibbons, M. et al. (1994). *The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*. London: Sage.

Gil, D. (1991) ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias?. *Enseñanza de las Ciencias*, V. 9 (1), 69-77.

Gil, D. (1993). Contribución de la Historia y la Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, V. 11 (2), 197-212.

Gil, D. y A. Vilches (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, V. 43, 27-37.

Gilbert, J. K. (2006). On the Nature of “Context” in Chemical Education, *International Journal of Science Education*, V. 28 (9), 957-976.

Glynn, S., y Koballa, T. R. (2005). The contextual teaching and learning instructional approach. En R. E. Yager (Ed.), *Exemplary science: Best practices in professional development*, (pp. 75–84). Arlington, VA: National Science Teachers Association Press.

Greeno, J. G. (1998). The situativity of knowing, learning, and research. *American Psychologist*, V. 53, 5–22.

Gribbin, J. (2005). *Historia de la Ciencia 1543-2000*. Barcelona, España: Critica.

González, H., Arce, H. y Guevara, M. (2008). Phase resetting, phase locking, and bistability in the periodically driven saline oscillator: experiment and model. *Physics Review E*. 78(3).

Guisasola, J., Almudi, J.M. y Ceberio, M. (2003). Concepciones alternativas sobre el campo magnético estacionario. Selección de cuestiones realizadas para su detección, *Enseñanza de las Ciencias*, V. 21 (2), 281-293.

Guisasola, J., Montero, A y Fernández, M. (2005). Concepciones de futuros profesores de ciencias Sobre un concepto «olvidado» en la enseñanza De la electricidad: la fuerza electromotriz. *Enseñanza de las Ciencias*, V. 23 (1), 47–60.

Gunstone, R. (2004). Physics education past, present and future: An interpretation through cultural contexts. En Park, Y. *Teaching and learning of physics in cultural contexts Proceedings of the International Conference on Physics Education in Cultural Contexts 2001*.

Gunstone, R.F. y Northfield, J.R. (1994). Metacognition and learning to teach. *International Journal of Science Education*, V. 16 (5), 523-537.

Hargreaves, A. (1996). *Profesorado, cultura y modernidad*. Madrid: Morata.

Harman, P.M. (1990). *Energía, fuerza y materia, el desarrollo conceptual de la física del siglo XIX*. Madrid: Alianza editorial.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, V. 66, 64–74.

Heilbron, J.L., (1979). *Electricity in the 17th and 18th centuries. A study of early modern Physics*. Los Angeles: University of California Press.

Heller, P., y Hollabaugh, M. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 2: Designing problems and structuring groups. *American Journal of Physics*, V. 60, 637–644.

Heering, P. (1999). History of Science in Teaching: Understanding Science by Using Replications of Historical Instruments. Universitat Oldenburg. Research Group on Higher Education and History of Science. Recuperado de: <http://www.physik.uni-oldenburg.de>.

Hennessy, S (1993). Situated cognition and cognitive apprenticeship: implications for classroom learning. *Studies in Science Education*. 22, 1-41.

Hestenes, D. (1987). Towards a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics*, V. 55, 440–454.

Hewson, P.W.y Hewson, M., (1988). An appropriate conception of teaching science: a view from studies of science learning. *Science Education*, V. 72 (2), 597-614.

Hodson, D. (1992). In search of a Rationale for Multicultural Science Education, *Science Education*, V. 77 (6), 685-711.

Hodson, D. (2003). Time for action: science education for an alternative Future. *International Journal of Science Education*. 25 (6), 645–670.

Hofstein, A. y Kesner, M. (2006). Industrial Chemistry and School Chemistry: Making chemistry studies more relevant. *International Journal of Science Education*, V. 28 (9), 1017-1039.

Holton, G. (1978). *Introducción a los conceptos y teorías de las Ciencias Físicas*. Barcelona: Reverté.

Hottecke, D., Henke, A. y Riess, F. (2010). Implementing History and Philosophy in Science Teaching: Strategies, Methods, Results and Experiences from the European HIPST Project. *Sci & Educ*. DOI.

Houston, W. R. (1990). *Handbook of Research on Teaching Education*. New York: Macmillan.

Hurd, P. D. (1958). Science literacy: Its meaning for American schools. *Educational Leadership*, V. 16, 13–16.

Hyde, R. A., Karney, B. W. (2001). Environmental education research: Implications for engineering education. *Journal of Engineering Education*; Apr; 90, 2; 267-280.

Izquierdo, M. (1994). Como contribuye la historia de las ciencias en las actitudes del alumnado hacia la enseñanza de las ciencias. *Aula de Innovation Educativa*, V. 27, 37-41.

Izquierdo, M. (2000). Fundamentos Epistemológicos. En Perales, P. F. J. & Cañal de León, P. *Didáctica de las ciencias experimentales*. Alcoy: Marfil, 35-64.

Izquierdo, M., Auduriz-Bravo y Quintanilla, M. (2007). Discusión en torno a un modelo para introducir la historia de la ciencia en la formación inicial del profesorado de ciencias. En: *Investigar en la enseñanza de la química, nuevos horizontes; contextualizar y modelizar*. (pp. 173-196). Barcelona, España: Editorial UAB.

Izquierdo, M. I., Garcia, M. A., Quintanilla, G. M. y Adúriz, B. A. (2016). Historia, filosofía y didáctica de las ciencias: aportes para la formación del profesorado de ciencias. No 6. Serie Investigaciones. Bogotá, Colombia: UD editorial. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Jewett, J. W. (2016). Bringing (Century-Old) Technology into the Classroom, Part II: Teaching Vibrations and Waves, Electricity and Magnetism, and Optics with Antiques. *The Physics Teacher* 54, 24. doi: 10.1119/1.4937967.

Johri, A y Olds, B. M. (2011). Situated Engineering Learning: Bridging Engineering Education Research and the Learning Sciences. *Journal of Engineering Education*. V. 100 (1), 151–185.

Kaschalk, R. (2002). Physics—Why bother?... that’s why!. *Contextual Teaching Exchange*, V. 1, 1-8.

Kemp, A.C. (2002). Implications of diverse meanings for “scientific literacy”. Paper presented at the Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science. Charlotte, N.C. En P.A. Rubba, J.A. Rye, W.J. Di Biase y B.A. Crawford (eds.): *Proceedings of the 2002 Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science*, 1202-1229.

King, D. y Ritchie, S. M. (2012). Learning Science Through Real-World Contexts. In Fraser, B., Tobin, K. G., Campbell, J. M. *Second International Handbook of Science Education* (pp. 69-79). Springer International.

King, D., Winner, E. y Ginns, I. (2011). Outcomes and implications of one teacher’s approach to context-based science in the middle years. *Teaching Science*, V. 57 (2), 26-34.

- Kipnis, N. (1995). From the Danube to the North Sea. *Rediscovering Science Newsletter*, published for secondary science teachers by the Bakken Library and Museum. Vol. 3, (1).
- Kistner, A. (1934). *Historia de la Física*. Barcelona, Buenos Aires: Ed Labor.
- Kitcher, P. (2001). *El avance de la ciencia*. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Klimovsky, G. (2006). *Las desventuras del conocimiento científico*. Buenos Aires: A-Z Editora.
- Koballa, T. (1992). Persuasion and attitude change in science education. *Journal of Research in Science Teaching*, V. 29. 63-80.
- Koyre, A. (1977). *Estudios de historia del pensamiento científico*. Madrid: Siglo XXI.
- Kragh, H. (1989). *Introducción a la historia de la ciencia*. Barcelona: Ed Crítica.
- Kuhn, T (1968). *La historia de la ciencia*. Enciclopedia Internacional de las ciencias sociales en la Tensión Esencial. Editorial Fondo de Cultura económica. México.1982
- Kuhn, T. S. (1970). *La estructura de las revoluciones científicas 2^{da} ed.* Chicago: University of Chicago Press.
- Lakatos, I. (1974). Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales. En I. Lakatos, T. S. Kuhn, H. Feigl, R. J. Hall, & N. Koertge, *Historia de las ciencias y sus reconstrucciones racionales*. (pp. 9-77). Madrid: Tecnos.
- Lara, D. L., Navales, C. M., Sánchez, A. L. Bravo, L. G y Pérez, M. C. (2016). Las relaciones de poder profesor alumno en el aula. Una reflexión desde la práctica. *Revista de Educación, Cooperación y Bienestar Social*. (10), 51-58.
- Leander, K. y Brown, D. (1999). "You understand, but you don't believe it": Tracing the stabilities and instabilities of interaction in a physics classroom through a multidimensional framework. *Cognition and Instruction*, V. 17, 93-135.
- Lin, C.C. y Tsai, C. C. (2009). The Relationships between Students' Conceptions of Learning Engineering and their Preferences for Classroom and Laboratory Learning Environments. *Journal of Engineering Education*. 193-204.
- Litwin, E. (1997). *Las configuraciones didácticas. Una nueva agenda para la enseñanza superior*. Buenos Aires: Paidós.
- Lloyd, C. (1995). *As Estruturas da História*. Trad. Maria J Goldwasser. Jorge Zahar. Rio de Janeiro: Brasil.

Magnusson, S., Borko, H., Krajcik, J y Layman, J. (1992). *The relationship between teacher content and pedagogical content knowledge and student content knowledge of heat energy and temperature. Paper presents at the annual meeting of the national Association for Research in Science Education.* Boston.

Marcelo, C. (1994). *Formación del profesorado para el cambio educativo.* Barcelona: PPU.

Marco-Stiefel, B (2002). Alfabetización científica y enseñanza de las ciencias estado de la cuestión. En Membiela, P. I. (2002) *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad: Formación científica para la ciudadanía.* (pp. 33-46). Madrid: Narcea.

Marshall, D., Summer, M y B. Woolnough. (1999). Students' conceptions of learning in an engineering context. *Higher Educatio*, V. 38 (3), 291–309.

Martínez, C. (2009). El conocimiento profesional de los (as) profesores (as) de ciencias: algunos aspectos centrales en el desarrollo de la línea de investigación. *Revista Científica*, 11, 15 - 23. Disponible en: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/article/viewFile/412/641>.

Martínez, M. (1989). *Comportamiento humano. Nuevos métodos de investigación.* México: Trillas.

Martínez, M. (2006). *Ciencia y arte en la metodología cualitativa.* México: Trillas.

Mason, C. (1988). *A collaborative effort to effectively evolve pedagogical content knowledge in preservice teachers. Paper presents at the annual meeting of the national Association for Research in Science Education.* Lake of the Ozarks. MO.

Matthews, M.R. (1990). History, Philosophy and Science Teaching: A Rapprochement. *Studies in Science Education*, V. 18, 25-51.

Matthews, M. R. (1991). Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las ciencias. *Comunicación, Lenguaje y Educación 11-12.* 141-155.

Matthews, M.R. (1994). Historia, Filosofía Y Enseñanza De Las Ciencias: La Aproximación Actual. *Enseñanza De Las Ciencias*, V. 12 (2), 255-277.

Matthews, M.R. (1998a). *Science teaching: the role of history and philosophy of science.* New York: Rutledge.

Matthews, M.R. (1998b). The nature of science and science teaching. En Fraser, B. & Tobin, K. G. *International Handbook of Science Education.* (pp. 981-999). London: Kluwer Academic Publisher.

McDermott, L.C. (1990). A perspective on teacher preparation in physics-other sciences: the need for special science courses for teachers, *American Journal of Physics*, V.58 (8), 734-742.

McDermott, L.C. (1984). Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics Today*, V. 37 (7), 24-32.

McDermott, L.C. (1990). A perspective on teacher preparation in physics-other sciences: the need for special science courses for teachers, *American Journal of Physics*, V.58 (8), 734-742.

McDermott, L.C. (1993), Guest comment: How we teach and how students learn: A mismatch. *American Journal of Physics*, V. 61, 295-298.

McDermott, L. C. (2001). Oersted Medal Lecture 2001: Physics education research: The key to student learning. *American Journal of Physics*, V. 69, 1127-1135.

McDermott, L.C. y Redish, E.F. (1999). Resource letter: PER-1: Physics education research. *American Journal of Physics*, V. 67 (9), 755-767.

McDermott, R. (1993). The acquisition of a child by a learning disability. En: S. Chaiklin, and J. Lave (eds.) *Understanding Practice: Perspectives on Activity and Context*. (pp. 269-305). New York, EE.UU: Cambridge University Press.

Mellado, J V. (2001). ¿Por Qué A Los Profesores De Ciencias Nos Cuesta Tanto Cambiar Nuestras Concepciones Y Modelos Didácticos? *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, V. 40, 17-30.

Mellado, J. V. (2003). Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. *Enseñanza De Las Ciencias*, V.21 (3).

Mellado, V. (1998). "La investigación sobre el profesorado de ciencias experimentales". En: Banet y Pro (Eds.), *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*, V. 1, 272-283.

Mellado, V. (1999). "La investigación sobre la formación del profesorado de ciencias experimentales". En Martínez y García (Eds.), *La didáctica de las Ciencias. Tendencias actuales* (pp. 45-76). A Coruña: S. P. Universidad.

Mellado, V. (2001). ¿Por qué a los profesores de ciencias nos cuesta tanto cambiar nuestras concepciones y modelos didácticos? *Alambique*, V. 40, 17-30.

Mellado, V. Y Carracedo, D. (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, V.11 (3), 331-339.

Membriela, P. (2001). *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia Tecnología Sociedad*. Madrid, España: Narcea.

Membiela, P. I. (2002). Una revisión al movimiento CTS en la enseñanza de las ciencias. En Membiela, P. I. *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad: Formación científica para la ciudadanía*. (pp. 91-103.) Madrid: Narcea.

MEN. (2015). Estadísticas personal docente en instituciones de educación superior – 2015. *Sistema Nacional de Información de la Educación Superior-SNIES*. Recuperado de: <http://www.mineducacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/w3-article-212400.html>. Mayo 2016.

Meyer, H. (1972). *A History of electricity and magnetism*. Norwalk, Connecticut: Burndy Library.

Middleton, D. y Edwards, D. (1992). *Memoria compartida. La naturaleza social del recuerdo y del olvido*. España: Paidós.

Milicic, B., Sanjosé, V., Utges, G., y Salinas, B. (2007). La cultura académica como condicionante del pensamiento y La acción de los profesores universitarios de física. *Investigações em ensino de ciencias*, V. 12 (2), 263-284.

Milicic, B., Sanjosé, V., Utges, G., Salinas, B. (2008). Transposición didáctica y dilemas de los profesores en la enseñanza de física para no físicos. *Investigações em ensino de ciencias*, V. 13 (1), 7-33.

Milicic, B. (2004). *La cultura profesional como condicionante de la adaptación de los profesores de Física universitaria a la enseñanza de Física*. (Tesis doctoral). Universidad de Valencia, España.

Molina, A. (2007). Relaciones entre contexto cultural y explicaciones infantiles acerca del fenómeno de las adaptaciones vegetales. *En nodos y nudos*, V. 3 (23).

Molina, A. (2010). Contexto cultural: diversas aproximaciones. (Documento de trabajo).

Molina, A., Nino, C. y Sanchez, A. (2014). Enseñanza de las ciencias y cultura: Múltiples aproximaciones. En *Enseñanza de la ciencias y cultura multiplex aproximaciones*. (pp. 19-37). N.º 7 Serie grupos. Bogotá, Colombia: DIE. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Mosquera, C. J. (2008). *El cambio en la epistemología y en la práctica docente de Profesores universitarios de Química*. (Tesis Doctoral). Valencia: Universidad de Valencia.

Mosquera, C. J. y Furió-Mas, C. J. (2008). El cambio didáctico en profesores universitarios de química a través de un programa de actividades basado en la enseñanza por investigación orientada. *Re-vista Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (22), 115-154.

Mosquera, C. J. (2011). La investigación sobre la formación de profesores desde la perspectiva del cambio didáctico. *Revista Internacional de Investigación en Educación*, V. 3 (6), 265-282.

Munby, H. y Russell, T. (1998). Epistemology and context in research on learning to teach science, en Fraser B.J. y Tobin K. (eds.). *International Handbook of Science Education*, 643-665.

Murphy, P., Lunn, S., y Jones, L. (2006). The impact of authentic learning on students' engagement with physics. *The Curriculum Journal*, V.17, 229–246.

Niss, M. (2012). Towards a conceptual framework for identifying student difficulties with solving Real-World Problems in Physics. *Lat. Am. J. Phys. Educ*, V. 6 (1).

Pak, S. J. (2004). Physics education in cultural context-issues, approaches, and perspectives. En Park, Y. *Teaching and learning of physics in cultural contexts Proceedings of the International*. (pp. 3 – 14). Proceedings of the International Conference on Physics Education in Cultural Contexts. 2001. Cheongwon, South Korea: World Scientific Publishing.

Parchmann, I., Gräsel, C., Baer, A., Nentwig, P., Demuth, R y Ralle, B (2006). “Chemie im Kontext”: A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. *International Journal of Science Education*, V. 28 (9), 1041-1062.

Park, J., y Lee, L. (2004). Analyzing cognitive and non-cognitive factors involved in the process of physics problem-solving in an everyday context. *International Journal of Science Education*, V. 29, 1577–1595.

Park, Y. (2004). *Teaching and learning of physics in cultural contexts*. Proceedings of the International Conference on Physics Education in Cultural Contexts. 2001. Cheongwon, South Korea: World Scientific Publishing.

Paupart, J., Deslauriers, J. P., Groulx, L., Laperriere, A., Mayer, R. y Pires, A. P. (2010). *A pesquisa qualitativa: Enfoques epistemológicos e metodológicos*. Brasil: Editora Vozes.

Perales, P. F. J. y Cañal de León, P. (2000). *Didáctica de las ciencias experimentales*. Alcoy: Marfil.

Perez, M. C. (2003). *Orígenes del electromagnetismo. Oersted y Ampere. Científicos por la historia*. España: Nivola Libros y ediciones.

Pilot, A. y Bulte, A.M. (2006a). Why Do You “Need To Know”? Context-based education. *International Journal of Science Education*, V. 28 (9), 953-956.

Pilot, A. y Bulte, A.M. (2006b). The Use of “Contexts” as a Challenge for the Chemistry Curriculum: Its successes and the need for further development and understanding. *International Journal of Science Education*, V. 28 (9). 1087-1112.

- Porlán, R. Y Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Diada.
- Posada, J. M (1996). Hacia una teoría sobre las ideas científicas de los alumnos: Influencia del contexto. *Enseñanza de las Ciencias*, V.14 (3), 303-314.
- Pozo, J. I., Gómez, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. España: Morata.
- Pozo, J.I (1999). Enfoques para la enseñanza de las ciencias. En: *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- Poser, H. (1998). On structural differences between science and engineering. *Phil & Tech* 4:2. Winter.
- Pozo J. I.; Asensio, M., y Carretero, M. (1989). Modelos de aprendizaje-enseñanza de la Historia. En Carretero, M.; Pozo, J. I., y Asensio, M., *La Enseñanza de las Ciencias Sociales*. Madrid, Visor, (pp 139-163). *Enseñanza de las Ciencias*, 2003, V. 21 (3).
- Rayner, A. (2005). Reflections on context-based science teaching: A case study of physics for students of physiotherapy. En: Johnston, I and Peat, M. *Blended Learning in Science Teaching and Learning*. Glended Learning in Science Teaching & Learning, The University of Sydney, (pp. 169-172). Sydney, Australia: The University of Sydney.
- Redish, E.F. (1994). Implications of cognitive studies for teaching physics. *American Journal of Physics*, V. 62, 796-803.
- Redish, E. F. (2003). *Teaching physics with the physics suite*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Redish, E.F. (2012). The role of context and culture in teaching physics: The implication of disciplinary differences. THE WORLD CONFERENCE ON PHYSICS EDUCATION 2012. Istanbul, Turkey: Baheçeşehir University.
- Redish, E. F., y K.A. Smith. (2008). Looking beyond content: Skill development for engineers. *Journal of Engineering Education*, V. 97 (3), 295–307.
- Redish, E. F., Saul, J. M., y Steinberg, R. N. (1998). Student expectations in introductory physics. *American Journal of Physics*, V. 66, 212–224.
- Redish, E.F. (1994). Implications of cognitive studies for teaching physics. *American Journal of Physics*, V. 62, 796-803.
- Redish, E. (1997). ‘What Can a Physics Teacher Do with a Computer?’, En Wilson, J. (ed.), *Conference on the Introductory Physics Course*, Wiley, New York. Recuperado de: <http://physics.umd.edu/ripe/papers/resnick.html>.

Reichenbach, H. (1938). *Experience and prediction: an análisis for the foundations and the structure of knowledge*. Chicago: University of Chicago.

Rennie, L. J. y Parker, L.H. (1996). Placing physics problems in real-life context: Students' reactions and performance. *Australian Science Teachers Journal*, V. 42, 55–59.

Reyes, R. J (2014). *Conocimiento Didáctico del Contenido del profesor de física en formación inicial: la enseñanza del campo eléctrico*. (Tesis doctoral). Bogotá: Universidad Distrital Francisco.

Reyes, R. J y Martínez. C. A. (2013). Conocimiento didáctico del contenido en la enseñanza del campo eléctrico. *Revista TED*. No 33, Enero-Junio, ISSN 0121-3814 impreso, ISSN 2323-0126 web. 37–60.

Rioseco, M. y Romero, R. (1997) La contextualización de la enseñanza de la Física y el uso de los programas de TV. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra. V Congreso. 271-272.

Roberts, D. A., Russell T. (1975). An alternative approach to science education research: Drawing from philosophical analysis to examine practice. *Curriculum Theory Network*, V. 5, 107-125.

Rogers, M. (2007). An inquiry-based course using physics in cartoons and movies. *The Physics Teacher*, V. 45, 38–41.

Rubba, P.A. Wiesenmayer. R.L. (1998). Goals and competencies for precollege STS education: Recommendations based upon recent literatura in enviromental education. *Journal of Environmental Education*, 19, (4), 38-44.

Sánchez Ron, J. M. (1988). Usos y abusos de la historia de la Física en la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, V. 6 (2), 179-188.

Santos. M E. (2002). Relaciones entre ciencia tecnología y sociedad. En Membiela. P. I. (2002) *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad: Formación científica para la ciudadanía*. pp. 61-75). Madrid: Narcea.

Santos. S. E. (2003). La perspectiva histórica de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, V. 2 (3), 399-415.

Schurmann, P. F. (1946) *Historia de la física*. 2ª ed, Tomo II. Buenos Aires: Nova.

Schwartz, A. T. (2006). Contextualized Chemistry Education: The American experience. *International Journal of Science Education*, V. 28 (9), 977-998.

Shen, B. S. P. (1975). Science literacy and the public understanding of science. *Communication of scientific information*. S. B. Day. (pp. 44-52). New York: S. Karger.

Shiu-sing, T. (2005). *Some reflections on the design of contextual learning and teaching materials*. Contextual Physics in Ocean Park. Recuperado de: http://www.hk-phy.org/contextual/approach/tem/reflect_e.html

Shulman, L.S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, V. 15 (2), 4-14.

Shulman, L. S. (1992). Renewing the pedagogy of teacher education: the impact of subject-specific conceptions of teaching. En María Lourdes Montero-Mesa & José Manuel Vez (eds.). *Las didácticas específicas en la formación del profesorado*. Santiago de Compostela: Tórculo

Silver, B. L. (2005). *El ascenso de la Ciencia*. México: Fondo de cultura económica.

Solbes, J. y Traver, M. J. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza De la física y la química. *Enseñanza de las Ciencias*, V.14 (1), 103-112.

Solbes, J. y Traver, M. (2001). Resultados obtenidos introduciendo historia de la ciencia en las clases de física y química: mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. *Enseñanza de las Ciencias*, V.19 (1),151-162.

Solbes, J. Vilches, A. y Gil, D. (2002). Papel de las interacciones CTS en el futuro de la enseñanza de las ciencias. En Membiela. P. I. (2002) *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad: Formación científica para la ciudadanía*. (pp. 221-231). Madrid: Narcea.

Soledad, E. (2003). La perspectiva histórica de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, V. 2 (3), 399-415.

Solomon, J. (1999). Op-Ed: Meta- Scientific criticisms, curriculum innovation and propagation of scientific culture. *Journal of Curriculum Studies*, V. 31, 1-15.

Solomon, J. (2004). Physics, technology and society. En Park, Y. *Teaching and learning of physics in cultural contexts*. (pp. 15-24), Proceedings of the International Conference on Physics Education in Cultural Contexts. (2001). Cheongwon, South Korea: World Scientific Publishing.

Speltini, C., Cornejo, J. y Iglesias, A. I. (2006). La epistemología de Reichenbach aplicada al desarrollo de trabajos prácticos contextualizados (TPC). *Ciência & Educação*, V. 12 (1), 1-12.

Taasoobshirazi, G. y Carr, M. (2008). A review and critique of context-based physics instruction and assessment. *Educational Research Review*, V. 3, 155–167.

- Tamir, P. (1988). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, V. 7 (3), 263-268.
- Teichmann, J. (1999). Studying Galileo at Secondary School: A Reconstruction of His "Jumping-Hill" Experiment and the Process of Discovery. *Science and Education*. Vol.8, (2).
- Tesla, N. (1919). *Tesla Yo y la Energía Título original: My inventions & The Problem of Increasing Human Energy*. Traducción: Cristina Núñez Pereira.
- Tesla, N. (1979). Experiments with alternate currents of high potential and high frequency, Omni Hawthorne: California.
- Tesla, N. y Childress, D. H. (Editor). (1993). *The fantastic inventions of Nikola Tesla, Adventures Unlimited Pr: New York*.
- Tesla, N. (2002). *Experiments whit Alternate Currents of high potential and high frecuency*. Amsterdam: Fredonia Books.
- Trigwell, K., y M. Prosser. (1991). Improving the quality of student learning: The influence of learning context and student approaches to learning on learning outcomes. *Higher Education*, V. 22 (3), 251–66.
- Trumper, R. (2003). The Physics Laboratory – A Historical Overview and Future Perspectives. *Science & Education*, V. 12. 645–670.
- Tobin, K y Garnett, P. (1988). Exemplary practice in science classroom. *Science Education*, V. 72. 197-208.
- Tobin, K., Tippins, D. J., y Gallard, A. J. (1994). Research on instructional strategies for teaching science (La investigación sobre estrategias para la enseñanza de la ciencia). En: Gabel, D. I. *Handbook of research on science teaching and learning*. (pp. 3-44). Nueva York: Macmillan.
- Trinka, G. (1988). *Tesla, The Lost Inventions*. Porland: High Voltage Press.
- Tytler, R. (1998). Children´s conception of air pressure: exploring the nature of conceptual change. *International Journal of Science Education*, V. 20 (10), 929-958.
- Ulmer, G. y Ulmer, C. (2009). *ABC Technologies*. CORD Communications, CCI Publishing, Inc. Waco, Texas: EE.UU.
- Valcárcel, M.V. y Sánchez, G. (2000). “La formación del profesorado en ejercicio”. En Perales y Cañal (Ed.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 557-581). Alcoy: Marfil.

Velho, G. (1994). *Individualismo e Cultura. Notas para uma Antropologia da Sociedade Contemporânea*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor.

Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *Science Education*, V. 1, 205–221.

Vilches, A, Gil, D, Solbes, J. (2001). Las relaciones CTS y la alfabetización científica y tecnológica. *Actes V Jornades de la Curie*.

Watts, D. M. (1983). Some alternative views of energy. *Physics Education*, V. 18, 213–217.

Whitaker, Edmund. (1951). *A history of the theories of aether and electricity*. Toronto: Thomas Nelson and Sons LTD.

Wierstra, R. F. A., y Wubbels, T. (1994). Student perception and appraisal of the learning environment: Core concepts in the evaluation of the PLON physics curriculum. *Studies in Educational Evaluation*, V. 20, 437–455.

Wittgenstein, L. (1996). *Investigações Filosóficas*. Trad. Portuguesa Marcos G. Montagnoli, Brasil: Vozes.

Wittrock, M. C. (1986). *Handbook of Research on Teaching*. New York: Macmillan.

Yam, H. (2005). *What is contextual learning and teaching in physics?* Contextual Physics in Ocean Park. Recuperado de: http://www.hk-phy.org/contextual/approach/tem/brief_e.html

Young, M., Mental Space. (1999). *Oline Archive Centre for Psychotherateutec Studes*. Recuperado de: <http://www.shef.ac.uk/~psysc/mental/chap2.html>.

Young, M (1994). Instrucional desing for situated learning. *Education Technology e Development*, 42, (1), 43-58.

Zapata, J. P. (2015). Implicaciones didácticas de la inclusión de la historia y filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias: Una interpretación histórica del electromagnetismo. En: *Educación en ciencias: experiencias investigativas en el contexto de la didáctica, la historia, la filosofía y la cultura*. (pp. 35-58). Bogotá, Colombia: UD editorial. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Zapata, J. P. (2016). Contexto en la enseñanza de las ciencias: Análisis al contexto en la enseñanza de la física. *Revista Góndola, Enseñanza Y Aprendizaje De Las Ciencias*. ISSN: 2346-4712, v.11 (2) 193 – 211.

Zapata, J. P. y Mosquera, C. J. (2012). Implicaciones para el cambio didáctico en profesores de física: el papel del contexto histórico y profesional. *Revista EDUCyT*; V. Extraordinario, 169-185.

Zapata, J. P. and Mosquera, C. J. (2017). Didactic change based on the historical and professional context for the physics teaching. *International Journal of Advanced Research (IJAR)*. 5(5), ISSN-e: 2320-5407. DOI:10.21474/IJAR01/4286, DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/4286>, 1584-1595.