

**EL PAPEL DE LA EXPERIMENTACIÓN EN LOS DISCURSOS SOBRE LA
REFRACCIÓN DE LA LUZ: ELEMENTOS PARA LA FORMACIÓN DE
PROFESORES DE CIENCIAS NATURALES**

LISBETH LORENA ALVARADO GUZMÁN



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
ÁREA DE EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES Y TECNOLOGÍAS
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN CON ÉNFASIS EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS
NATURALES
2017**

**EL PAPEL DE LA EXPERIMENTACIÓN EN LOS DISCURSOS SOBRE LA
REFRACCIÓN DE LA LUZ: ELEMENTOS PARA LA FORMACIÓN DE
PROFESORES DE CIENCIAS NATURALES**

LISBETH LORENA ALVARADO GUZMÁN

Cód.: 1102876

**Trabajo de grado para optar al título de Magister en Educación con Énfasis en Enseñanza
de las Ciencias Naturales**

Director:

PhD EDWIN GERMAN GARCÍA



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
ÁREA DE EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES Y TECNOLOGÍAS
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN CON ÉNFASIS EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS
NATURALES
2017**

Dedico este trabajo a mi familia. A mi madre que ha sido un referente fundamental en mi vida, a mis hermanas Nana y Tris, quienes siempre me han apoyado en todos mis proyectos, a mi hermanito Fabi, por ser un hombre maravilloso y el mejor hermano de todos. A mis sobrinos Sarita y Juan José que son futuro, por los que escribí convencida de que lo que hagamos debemos hacerlo lo mejor posible por uno mismo y por el otro.

A todos aquellos que me enseñaron que el otro es uno mismo en otro cuero.

AGRADECIIMIENTOS

Agradezco a mi familia por el apoyo en todo momento, por su compañía y paciencia en este proceso que a veces implico ausencias.

A mi amigo Nelson, quien empezó esta aventura conmigo hace más de cuatro años y siempre pude contar con él, no hasta dos o hasta tres, sino contar con él.

Agradezco a mi maestro, el profe Edwin García, quien siempre creyó en mis intereses y posibilidades.

A mi maestro, el profesor Evelio Bedoya Moreno, siempre recordándome la necesidad del principio de realidad.

A mis amigos Jaime, Fabio, Sigifredo, Gustavo y Luigi, por su invaluable compañía.

A mis queridos amigos y colegas Marga Fernández, David Hurtado y Óscar Castañeda, por sus enseñanzas y compañía en el momento adecuado.

A mis amigas eternas (y eso es mucho tiempo) Vivian A. Bolaños y Paola Galeano, porque siempre he contado con ellas, aunque la vida nos desencuentre de a ratos.

A mis maestros, personas que me aportaron en la reflexión que en estas páginas se plasma.

A mis estudiantes, quienes siempre exigieron de mí lo mejor y me enseñaron que siempre hay más de una forma de ver las cosas.

A ti, que fuiste la más afortunada serendipia de una noche de marzo.

Y a mí, por darme la oportunidad de vivir experiencias de vida mientras escribía y pensaba estas páginas.

Tabla de contenido

RESUMEN	10
CONTEXTUALIZACIÓN DE INTERESES Y PERSPECTIVAS QUE CONVERGEN EN ESTE TRABAJO	15
ANTECEDENTES	16
¿Qué trabajos se han desarrollado en ¿la formación de profesores de física? ¿Óptica? y ¿análisis del discurso?	16
Llevando los originales al aula de clase: experiencia en la formación de profesores.....	17
El problema de la luz, más allá de la física geométrica.	21
La historia de las ciencias y la enseñanza de la propagación y refracción de la luz.....	25
El papel de la experimentación en la formación de profesores y su relación con la naturaleza de la ciencia.....	28
De Newton a Goethe, aportes de los análisis historico critico a la formación de profesores.	32
Desde el análisis crítico del discurso.	36
El discurso docente como construcción ideológica: posibilidades de transformación.	36
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	40
El problema de delimitar el problema.....	40
El problema de la experimentación en la formación de profesores	42
El maestro como transformador social. ¿Qué significa esto?	51
Formación Universitaria.	51
Formación de profesores de física.	53

La enseñanza y el aprendizaje de la Óptica.	55
El papel de la experimentación en la enseñanza de las ciencias naturales.	61
Reconocer el papel de la experimentación en los discursos sobre la refrangibilidad de la luz y sus aportes a la formación de profesores de ciencias naturales desde una perspectiva sociocultural.	64
MARCO TEÓRICO.....	65
La historia de las ciencias en la formación de profesores. De lo anecdótico a lo metacognitivo	65
Qué fue primero, ¿La teoría o la experimentación? el papel de la experimentación en la formación docente.....	68
La construcción social de los hechos científicos y la experimentación.....	72
¿A que le llamamos fenómeno?	73
El debate entre realistas y anti realistas en torno a los fenómenos.	74
La relación entre fenómeno y experimento.	76
Reflexiones sobre la creación de fenómenos y sus implicaciones en torno a la práctica educativa.	78
Reconocimiento a la Experimentación Exploratoria.	80
La producción de efectos:	82
La creación y estabilización de fenómenos.	84
Datos y resultados experimentales.....	84
La manipulación de entidades:.....	85
Diseño y construcción de aparatos:.....	86
La construcción de modelos y explicaciones:.....	86

El discurso como práctica social: el lente del laboratorio y el aula de clase	87
El Análisis Crítico del Discurso (ACD).....	91
La intertextualidad y la interdiscursividad: Planteando diálogos con nuestro pasado y futuro..	94
Algunos elementos del análisis de la intertextualidad.	97
El análisis intertextual del discurso científico y la comunidad científica	100
El Análisis Crítico del Discurso (acd) y los textos originales en la formación de profesores de ciencias naturales	105
Contexto de producción del tratado de la óptica de Newton	108
Descomponiendo la naturaleza de la luz: la pérdida de la unidad y la substancia.....	110
La luz adquiere nuevas propiedades al moverse.....	113
La luz como propiedad de lo divino: el arcoiris y las lentes.....	114
Las controversias del trabajo sobre óptica de Newton.....	119
METODOLOGÍA.....	124
Elementos teóricos de la metodología	124
Contexto de investigación y participantes del estudio	128
Descripción de la investigación:	129
ANÁLISIS DEL LIBRO I DEL TRATADO DE LA ÓPTICA DE NEWTON, CON FINES DIDÁCTICOS EN LA FORMACIÓN DE PROFESORES	140
Hypotheses non fingo: el Cartesianoismo vs Newton	142
Las propiedades de la luz desde la Óptica de Newton.....	144
¿Qué caracteriza la luz que propone Newton?	150
La riqueza de la experimentación propuesta en la Óptica de Newton	156

Los fenómenos ópticos en la formación de profesores de Ciencias naturales: Experiencia en un curso de Educación en Física.....	160
Análisis del programa del curso.....	162
Análisis de los discursos producidos por los estudiantes en el marco del curso educación en física.....	169
Desde la interdiscursividad.....	169
Análisis textual: organización del texto producido por el estudio de caso.....	176
Arqueología textual y presuposiciones.....	182
Análisis desde la experimentación a la luz de las categorías de Pickering.....	188
Otros elementos emergentes en la interacción original- estudiante- profesor.....	191
Las actitudes frente a la experiencia y al texto original.....	191
El papel del sujeto en la construcción del fenómeno óptico:.....	193
El papel de la experimentación en el aula de clase:.....	194
REFLEXIONES FINALES A MANERA DE COLOFÓN.....	196
El ACD y la formación inicial de profesores de ciencias naturales.....	200
Reflexiones en torno al uso de originales en la formación inicial de profesores de ciencias naturales.....	202
Bibliografía.....	204
ANEXOS.....	213

Lista de tablas

Tabla 1. Categorías de análisis propuesta por el grupo LIEC.....	89
Tabla 2. Preguntas que guían el análisis	99
Tabla 3. Categorías de análisis de textos científicos propuestas por Makinoch, J & Benítez, R (2000).....	102
Tabla 4. Síntesis del modelo y las relaciones propuestas	110
Tabla 5. Argumentos contra el trabajo de Newton desde la óptica	122
Tabla 6. Fuentes del análisis	130
Tabla 7. Eventos discursivos libro I, parte I	131
Tabla 8. Evento discursivo.....	161
Tabla 9. Eventos discursivos de la estudiante.....	171
Tabla 10. Eventos discursivos sesión final	171
Tabla 11. Microestructura del texto producido por el estudio de caso	179
Tabla 12. Correo de E1 el día 14/04/13	182
Tabla 13. Comportamiento de la luz y el fenómeno de la refrangibilidad	190

Lista de Figuras

Figura 1. Elementos que intervienen en el problema de la visión.	24
Figura 2. El esquema muestra los temas tratados en el sitio «Luz y visión» en una red conceptual que representa el panorama completo de la física y la radiación.....	25
Figura 3. Esquema de la investigación.	42
Figura 4. El sistema didáctico, cuyos elementos son los profesores, los estudiantes y los conocimientos, los cuales interactúan y cambian.	44
Figura 5. Diferentes formas de comprender el constructivismo: Se construye el camino hacia el conocimiento sabio.	47
Figura 6. Diferentes formas de comprender el constructivismo: Se construye el conocimiento como interacción entre el sujeto y su entorno en la búsqueda de significaciones propias.	48
Figura 7. Encuadre tridimensional.....	94
Figura 8. Elementos para el análisis de la intertextualidad por Zavala (2013).....	98
Figura 9. Categorías de análisis a la luz del marco teórico y los antecedentes.....	140
Figura 10. Superestructura de la Óptica de Newton	146
Figura 11. Organización de Los Elementos de Euclides. Tomado y adaptado de http://www.xtec.cat/sgfp/licencias/200304/memories/elementseuclides1.pdf	147
Figura 12. Modelo de luz Newtoniano.	148
Figura 13. Modelo de instrumento óptico.....	153
Figura 14. Dibujo realizado por E1 sobre la refracción de la luz	165
Figura 15. Esquema organizativo del texto producido por el estudio de caso.....	179

Lista de anexos

Anexo A. Educación en física.....	213
Anexo B. Correo enviado por la estudiante el día 14/04/13	216
Anexo C.	217

RESUMEN

Esta tesis se inscribe en las investigaciones en el campo de la formación inicial de profesores de ciencias naturales. Desde el análisis del papel de la experimentación en la construcción de discursos sobre la refrangibilidad de la luz, se pretende caracterizar la influencia que esta tiene en la construcción de fenomenologías asociadas a la refracción de la luz desde la lectura y análisis de originales. Para esto se revisa el trabajo de la Óptica de Newton y los textos producidos por los estudiantes de un curso de formación en física, en los cuales se evidencian las construcciones discursivas y las relaciones intertextuales que tienen lugar después de encontrarse con el texto original. Desde el análisis del trabajo desarrollado por Newton en el Libro I de la Óptica, tres aspectos resaltan: a) el carácter dogmático que presenta el texto a través del uso de una estructura que lleva al lector discípulo de las definiciones y axiomas a los teoremas y las demostraciones experimentales, así como el uso de la construcción de fenómenos para argumentar la existencia del rayo y las propiedades asignadas al mismo como el color. b) El uso de la experimentación cualitativa como subsidiaria de la teoría, es decir, el carácter demostrativo o más bien mostrativo de la experimentación combinado con el aparato matemático muestran la tradicional relación dependiente de la experimentación a la teoría. Sin embargo, desde una postura que reconoce la riqueza que hay en la experimentación, se puede rescatar el carácter exploratorio de la misma y la producción de efectos, en la búsqueda de estabilizar el fenómeno del color. Por último, el contexto de producción y divulgación del texto de la óptica de Newton, enmarcado en las diferentes controversias en la que estuvo envuelta su aceptación por la comunidad, así como la espera por más de treinta años para que viera la luz la primera edición después de la primera carta enviada por Newton a la Royal Society, muestra cómo se dan procesos de validación al

interior de una comunidad científica. Esto discute la idea de verdad y muestra el carácter eminentemente sociocultural de la actividad científica. A su vez, la influencia y posibilidades que brinda el acercamiento a textos originales en la formación de profesores de ciencias naturales se presentan a través del análisis de los discursos producidos en un curso de formación en física, donde se problematiza el ver asociado a los fenómenos ópticos, particularmente la refracción de la luz. El estudio, desde elementos del Análisis Crítico del Discurso (ACD), muestra una influencia de los elementos retóricos del texto original, así como el papel de la experimentación en la ubicación del sujeto como un elemento fundamental del proceso experimental y en la construcción de conocimiento científico. Así, desde la exploración de los fenómenos asociados a la refracción se logra indagar otros fenómenos que son más cercanos y llamativos al estudiante. Esto problematiza su relación con el conocimiento científico adquirido en cursos anteriores de formación científica y la imagen de ciencia que posee el estudiante.

Para finalizar, estos análisis generan algunas reflexiones en torno al papel de la experimentación en la formación de profesores y el uso de originales en la deconstrucción de la imagen de ciencia que usualmente se expresa a través de discursos y prácticas en el aula de clase y el análisis crítico del discurso como un marco analítico que permite develar los discursos hegemónicos, así como los opacados en el aula de clase, su relación con la práctica educativa y la posibilidad a estos últimos de darles una voz más preponderante en la construcción de conocimiento científico.

Palabras claves: refracción de la luz, experimentación, análisis crítico del discurso (ACD), textos originales, enseñanza de la física, formación de profesores.

CONTEXTUALIZACIÓN DE INTERESES Y PERSPECTIVAS QUE CONVERGEN EN ESTE TRABAJO

Este trabajo de investigación se enmarca en los intereses del grupo de investigación Ciencia, Educación y Diversidad. Desde una perspectiva sociocultural y tomando en cuenta los aportes de la filosofía, sociología e historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias, se pretende problematizar el papel de la experimentación en la construcción discursiva de la refrangibilidad de la luz. Un elemento central de este trabajo en el marco de los trabajos del grupo de investigación es la inclusión de elementos del análisis crítico del discurso (ACD) para pensar los discursos y textos que se producen en el aula.

El principal interés de esta investigación es reconocer el papel de la experimentación en los discursos sobre la refrangibilidad de la luz y sus aportes a la formación de profesores de ciencias naturales. Para esto se realizó el Análisis del libro I de la Óptica de Newton a la luz de tres categorías: Contexto de producción del texto de la óptica de Newton, las propiedades de la luz y la experimentación. Además, se realizó el análisis de los textos producidos por una estudiante del curso de Educación en Física donde se trabajó sobre óptica problematizando el papel de la experimentación y el uso de originales. Este análisis se desarrolló a través de dos categorías: la interdiscursividad (Fairclough. 1999), Fairclough y Wodak (1998), (Marinkovich, 1999) (Zavala, 2013) y la experimentación desde (García, 2011) y (Pickering, 1992) .

Por último, se plantean algunas reflexiones a manera de colofón sobre la formación de profesores de ciencias naturales y el papel de la experimentación en la construcción del discurso sobre la refrangibilidad de la luz.

ANTECEDENTES

¿Qué trabajos se han desarrollado en: ¿la formación de profesores de física?, ¿Óptica? y ¿análisis del discurso?

Múltiples son los trabajos que se han desarrollado en cada uno de los tópicos que se mencionan en el título. Formación de profesores, Óptica, Estudios Histórico Críticos. Basta hacer una breve revisión en los Handbook o los temas de los eventos a nivel nacional e internacional. Esto lejos de ser un problema, es una muestra de cómo el campo de la Didáctica de las ciencias naturales ha venido consolidándose con problemas y metodologías propias. Además, ofrece una oportunidad para construir y ampliar la mirada del problema que en este trabajo tienen lugar: El papel de la experimentación en la formación de profesores desde el caso de la óptica.

Tan basto es el trabajo que se ha desarrollado en el campo, que en este capítulo se mencionarán solo algunos. El criterio para establecerlos como antecedentes ha sido el de brindar una intersección de al menos dos de los tres elementos de interés: experimentación, óptica, estudios histórico-críticos.

Estos trabajos, si bien se pueden llamar antecedentes de este, tienen el doble carácter de ser antecedente y aportar en la comprensión conceptual del problema. Por tal razón aquí se presentan sus principales ideas, pero a lo largo del trabajo se volverán a retomar.

Llevando los originales al aula de clase: experiencia en la formación de profesores.

El trabajo de los profesores Granés y Caicedo (2002), titulado *Del contexto de la producción de conocimientos al contexto de la enseñanza. Análisis de una experiencia pedagógica* se desarrolla en un curso de formación posgradual para profesores de física y se centra en el análisis del texto de la óptica de los colores de Newton de 1672. En este ejercicio se analiza el papel de la historia en la enseñanza de las ciencias, se discuten algunos problemas epistemológicos sobre la producción de conocimiento y se realiza un contraste entre el tratamiento de los libros de texto y el desarrollo propuesto por Newton.

Granés y Caicedo (2002) definen la recontextualización como un situar, insertar, articular conocimiento, en un nuevo contexto y también implica la construcción de un nuevo discurso, esto es: *los procesos de re contextualización son siempre complejos, multifacéticos. Implican la construcción de un nuevo discurso, con finalidades, funciones y estructuras propias, que deliberadamente se aleja del discurso original, aunque lo toma como base*” (Granes, 1988, p. 2).

Los principios bajo los cuales se da la recontextualización no dependen solo de la lógica disciplinar o de la experiencia de los maestros, los principios son, ante todo, *Hechos Sociales* y problematizan el papel del lenguaje en la enseñanza de la física. Esto es:

El maestro se ve obligado a tomar en cuenta los lenguajes, las formas de comunicación, la experiencia y los conocimientos previos de los estudiantes, incluso la cultura y la historia de la comunidad, para hacer que su discurso sea significativo e interesante para el alumno. (Granés & Caicedo, 2002, p. 2)

En el documento se problematiza la ausencia de los textos originales en la enseñanza de la física, pues predomina el uso de libros de texto y otros materiales. Los originales solo aparecen como referencias a los autores y su trabajo.

hoy en día, sobre la base de libro de texto y otros materiales especialmente preparada para la enseñanza. Las obras originales de los creadores de las grandes teorías solo se mencionan ocasionalmente como referencias puntuales. (Granés & Caicedo, 2002, p. 3)

En contraposición a esto, los autores sugieren que el retorno a las fuentes originales ofrece la posibilidad de hacer más flexible la comprensión del concepto y comprender aspectos relacionados con la forma en que se produce y se decanta el conocimiento científico, la génesis de los mismos y permite establecer relaciones con otros conceptos. Además, es posible conocer los cambios que han tenido lugar desde el original al conocimiento decantado que se presenta en los libros de texto, el uso del lenguaje, los hechos escogidos, es decir, la recontextualización que ha tenido lugar en el libro de texto, para ese concepto particular. Esto es:

finalmente fueron decantados en el paradigma y que son presentados de manera acabada y precisa en los libros de texto, tuvieron una génesis y un proceso de desarrollo. Conocer este proceso permite enriquecer el concepto, flexibilizándolo y sugiriendo nuevos significados y relaciones. Permite reconocer, con mayor facilidad, que el significado del concepto nunca se agota y que toda decantación es por eso provisional. [textos originales, permiten entender los problemas que originalmente motivaron la elaboración de un conocimiento particular. Puede permitir, además, un acercamiento al proceso que hizo surgir lo nuevo a partir de la situación problemática y, en muchas ocasiones, de las contradicciones del debate agudo entre posiciones contrapuestas]. (Granés & Caicedo, 2002, p. 3)

Respecto al trabajo de la óptica de Newton, los autores mencionan algunos aspectos destacados del contexto de producción del mismo y resaltan la importancia que había suscitado el problema de los colores en los círculos científicos de la época. Un hecho tan cotidiano se había

llevado a la esfera del conocimiento científico y puesto en el mismo nivel que problemas aparentemente muy lejanos de los contextos cotidianos, para ser explicado.

un prisma, suscitó
un gran interés en los medios científicos de mediados del siglo XVII. Autores como
Descartes, Hooke, Boyle, Grimaldi y Newton entre otros realizaron el experimento del
. (Granés & Caicedo, 2002, p. 5)

Aunque son muchos los científicos de la época que desarrollan trabajos en el campo de la óptica, el mérito de Newton se basa en dos cosas: 1) la formulación nueva que hace del problema de los colores, esto es, *“todos buscan responder a una misma pregunta: ¿por qué se producen colores cuando un haz de luz blanca pasa por el prisma?”* (Granés & Caicedo, 2002, p. 5), mientras que Newton propone preguntarse por el espectro surgido en la pared después de que el rayo de luz atraviesa el prisma. *“El problema que se trata de resolver ha cambiado. Ya no se pregunta por la causa de la aparición de los colores sino por la forma de la mancha sobre la pared”* (Granés & Caicedo, 2002, p. 6). Además, el método que desarrolla Newton y la forma de construir su argumentación sobre el fenómeno y su explicación también es totalmente diferente de la que plantean sus contemporáneos.

Aunque cada uno de los autores que antecedieron a Newton en el estudio del fenómeno elaboró explicaciones diferentes, todas ellas comparten una misma lógica. [resumirse de manera sintética en dos grandes etapas. En la primera, se elabora o se acoge alguna hipótesis sobre la naturaleza de la luz blanca. Ya sea que la luz blanca se piense como un flujo de partículas, como un pulso o una onda, o como un fluido, siempre es alguna sustancia o entidad simple. El modelo explicativo se articula estrechamente a esta hipótesis. En la segunda etapa, se supone que el prisma modifica la luz blanca que lo atraviesa. El carácter de esta modificación y la manera cómo se produce dependen de la hipótesis que se adopta sobre la naturaleza de la luz blanca. Los distintos autores componen modelos diversos, todos ellos de carácter cualitativo, **sobre la interacción luz—prisma**. Estos modelos no se fundamentan en teorías estructuradas ni ofrecen tampoco la posibilidad de una contrastación empírica. Por último, se supone que las

modificaciones que sufre la luz blanca son percibidas por el ojo como colores. (Granés & Caicedo, 2002, p. 8)

Newton por su parte se centra en la contradicción sobre la forma esperada y la forma observada, desplazando el centro del problema de los colores, esto es interesante porque sigue siendo el problema de los colores el que se está abordando, sin embargo, es otro el aspecto que ocupa la atención del investigador. Esto es:

en su artículo. El texto de Newton se estructura según una retórica cuidadosa de convencimiento. Como parte de esta retórica, el *experimentum crucis* es descrito antes de introducir las premisas teóricas de tal manera que estas últimas son presentadas como una conclusión necesaria del experimento mismo. (Granés & Caicedo, 2002, p.9)

Por otra parte, el trabajo desarrollado por Granés y Caicedo (2002), problematiza lo encontrado en los libros de texto. Se señala la ausencia de la contradicción que propone Newton sobre la forma del espectro observada, la presentación de la luz como una entidad continua mientras que Newton al introducir la idea de rayo, fijaba un carácter discreto para la misma, la falta de problematización sobre el carácter multicromático de la luz blanca que se da por sentado en algunos libros de texto y la dependencia a problemática del índice de refracción y la frecuencia de la luz. Al respecto mencionan:

] En primer lugar, el problema original que da lugar a la investigación la contradicción que para Newton entraña la forma observada del espectro no aparece en los libros de texto. Tampoco se problematiza en ellos el hecho de que la luz blanca sea

sentado que la luz es una onda electromagnética y que la frecuencia de esa onda se relaciona directamente con el color. La frecuencia es una variable continua. Newton

usual en los libros de texto de la escuela secundaria y primeros años de universidad dar por sentada la dependencia del índice de refracción con la frecuencia de la luz []. (Granés & Caicedo, 2002, p. 10)

Como se puede evidenciar, este trabajo pone en relieve el trabajo de Newton sobre óptica desde una mirada de los análisis históricos y el papel del original en la formación de profesores. De este trabajo se desprende aspectos propios de la intervención en el aula de clase de este trabajo. Así como Granés y Caicedo proponen el acercamiento al original por parte de los profesores, en este trabajo ese fue el punto de partida de la investigación. ¿Con que elementos cuentan los profesores para ese acercamiento? ¿Qué es lo que se busca en el texto original? Por tanto, este trabajo constituye un antecedente que aporta desde aspectos metodológicos y conceptuales al mismo.

El problema de la luz, más allá de la física geométrica.

El trabajo desarrollado por el grupo de investigación en Didáctica de la física y profesores de escuela primaria y párvula en Italia, bajo el proyecto nacional de investigación SeCiF, presenta el problema de la luz más allá de la óptica geométrica para la formación de profesores. Se desarrolla una propuesta en la que se problematiza la luz desde diferentes referentes de la vida cotidiana y proponiendo un campo fenomenológico que amplíe el problema de la luz y la visión. Este grupo presenta una página web que pretende contribuir a la formación y el trabajo en el aula de los maestros de física que trabajan desde edades tempranas,

Uno de los problemas detectados por estos investigadores, es la clásica idea sobre la visión, pues se cree que está es una acción pasiva que tiene lugar a través del ojo, simplificando el problema a la formación de imágenes en la retina. La luz y el color son problemas que han estado en el centro de la discusión desde hace mucho tiempo, pues son múltiples los aspectos de la cotidianidad que son atravesados por estos dos elementos. Además, muchos campos disciplinares y artísticos centran su atención en los fenómenos ópticos como es el cine, la pintura, tecnología, psicología y geometría.

Al respecto (Gagliardi, Giordano, & Recchi, 2006, p. 140) mencionan:

La secuencia tradicional de enseñanza de la óptica reduce el proceso de la visión a un registro «pasivo», como en una cámara oscura o una máquina fotográfica; sin embargo, desde una perspectiva cultural más amplia, esto se considera como un serio error conceptual.

Por esta razón se hace necesario acudir a la fenomenología como un elemento que permita comprender desde la cotidianidad la complejidad del fenómeno óptico y salir de reduccionismos que fragmentan la comprensión del fenómeno. Así mismo, desde una perspectiva cultural, se propone abordar la física de los fenómenos luminosos. El tratamiento que se realiza vincula los dos elementos centrales: la luz y el ojo. En la enseñanza de la óptica geométrica, el ojo es representado para ubicar un observador, siempre pasivo. Sin embargo, al problematizar el ojo, en paralelo con la luz, el problema a tratar es el de la visión, que tiene elementos más allá de la óptica geométrica, pero que la vincula como parte de la comprensión del fenómeno. Esto es:

ar la física de los fenómenos luminosos para comprender los aspectos culturales y formativos, más allá de aprender los aspectos informativos nos ha llevado a proponer un

acercamiento a los fenómenos de la óptica geométrica mediante el tratamiento paralelo de los dos puntos de vista de la «luz» y del «ojo». Pensamos que este enfoque es culturalmente significativo para los docentes en el plano de la preparación personal y útil en el de la preparación profesional, ya que proporciona instrumentos eficaces para enseñar, favorecer el aprendizaje y prevenir la formación de concepciones alternativas inducidas por la enseñanza tradicional de la óptica. [(Gagliardi et al., 2006, p. 140)

La enseñanza de la óptica que se propone en este trabajo, más allá de las leyes y las ecuaciones, trata de conectar las percepciones de la cotidianidad asociada a la luz y la visión con conocimientos científicos y de otras ciencias, mostrando que la óptica geométrica es uno de otros tantos desarrollos que pueden dar cuenta del problema de la visión. Esto se torna importante pues el problema en sí no es el rayo de luz y su comportamiento al atravesar medios, sino todo el problema de la visión que vincula tanto al receptor (de manera activa) como al emisor o fuente de luz y elementos de corte cultural que permiten interpretar y dar sentido a la experiencia. Así, Gagliardi et al (2006), propone

cotidianas, sus modos indiferenciados de considerar la luz, la visión, la sombra, la uno, entre los múltiples puntos de vista contruidos por la cultura para afrontar este tema (entre otros: religión, filosofía, geometría, astronomía, En el desarrollo del conocimiento científico (y no sólo científico) en los niños, así como también en el desarrollo histórico, **el problema no es la «luz» en sí misma, sino la luz en su estrecha relación con el hecho de ver o de reconocer[...]**

A partir de estas reflexiones, el grupo de Didáctica de la física propone una secuencia de actividades encaminadas a explorar algunas experiencias cotidianas y dirigirlas hacia la reflexión científica, vinculando elementos de la óptica geométrica y proponiendo otros enlaces que remiten a vínculos desde donde se aborda el problema desde otras áreas del conocimiento.

Los bloques fundamentales del itinerario conceptual que guía al alumno desde las ideas y experiencias cotidianas hacia el conocimiento científico son: construcción del esquema básico fuente- objeto- observador; exploración de los «espacios de luz» y «espacios de sombra» tridimensionales; identificación de las diversas fenomenologías que se yuxtaponen cuando la luz interacciona con la materia; estudio de estas fenomenologías por separado; reinterpretación de la experiencia cotidiana. Cada paso del itinerario conceptual presenta: experiencias del mundo real; puntos de vista del conocimiento común; puntos de vista del conocimiento científico; experimentos con material de bajo costo; conceptos físicos, modelos y leyes. Fisiología, psicología (Gagliardi et al., 2006, p. 142)

Para este trabajo, particularmente llama la atención la triada que proponen para comprender el problema de la visión y que se presenta en el siguiente diagrama, así como la red conceptual sobre el problema de la visión que enmarca las actividades propuestas.

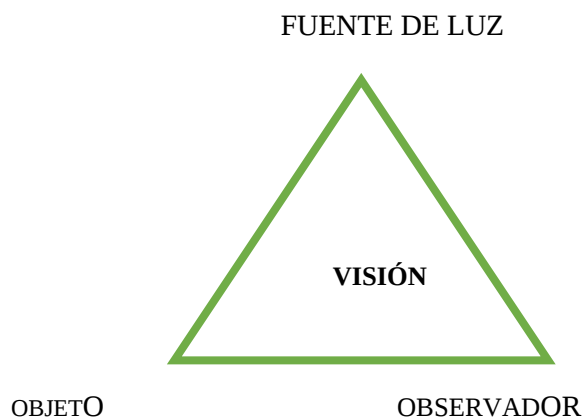


Figura 1. Elementos que intervienen en el problema de la visión.

Fuente: El Autor adaptado de (Gagliardi et al., 2006)

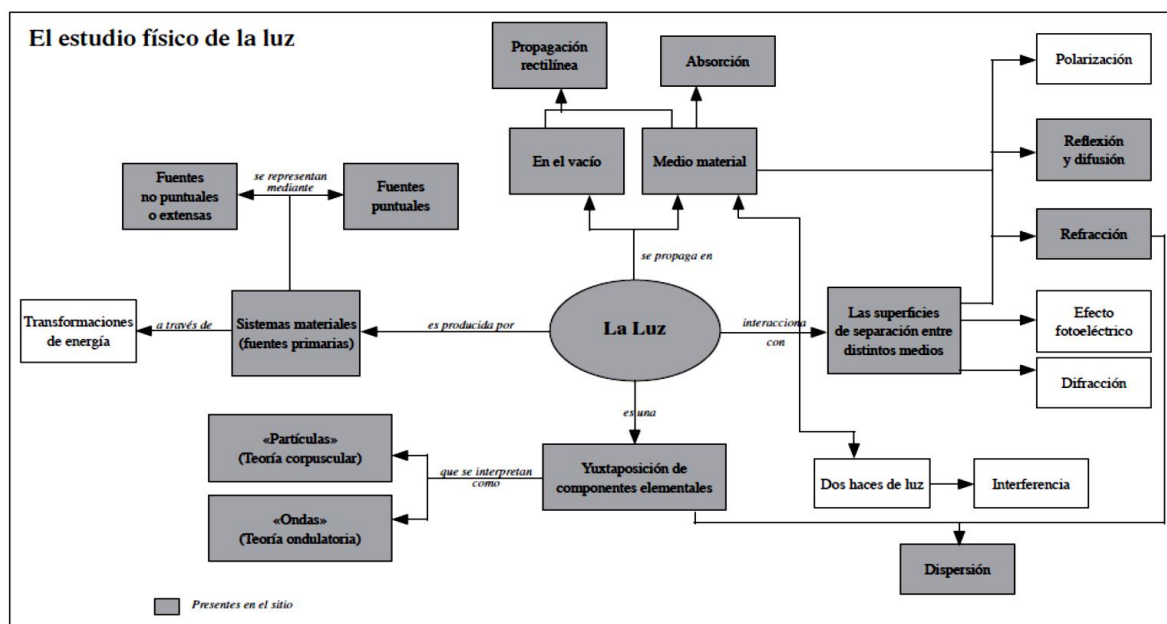


Figura 2. El esquema muestra los temas tratados en el sitio «Luz y visión» en una red conceptual que representa el panorama completo de la física y la radiación.

Fuente: (Gagliardi et al., 2006).

Como se puede ver, de este trabajo se resalta la problematización de la luz y la visión y sus relaciones con otros conceptos.

La historia de las ciencias y la enseñanza de la propagación y refracción de la luz.

El trabajo desarrollado por Cerquera y García (2016) que aquí se retoma, centra su interés en la formación de maestros de física y propone una relación entre la historia y la enseñanza de las ciencias, desde el estudio del fenómeno de propagación y refracción de la luz. Fundamentalmente se propone mostrar que los textos originales son una fuente en la que el maestro se puede apoyar conceptualmente para construir propuestas de intervención en el aula.

Examinando el trabajo de Huygens en relación con la propagación y refracción de la luz, se muestran los problemas que dieron lugar a sus planteamientos y como desde una visión mecanicista pueden coexistir dos explicaciones diferentes al mismo fenómeno, Newton y la teoría corpuscular de la luz, Huygens y la teoría ondulatoria de la luz. Es interesante para este trabajo la visión sobre re contextualización de saberes, si bien en el trabajo de Granés se retoma la definición de Basil Bernstein, en este trabajo se amplía, contextualizándola a la formación de profesores, esto es:

re contextualización del presente trabajo permite al maestro la posibilidad de construir interpretaciones que aboguen por la construcción de nuevos significados y relaciones en los procesos de enseñanza. Es en este concepto de re contextualización en el que se centra el principal aporte del acercamiento a los textos originales, pues antes de pensar en el aula de clase, es necesario poner el énfasis en la formación del profesor y su proceso educativo, pues la construcción de fenomenologías que lo impliquen como sujeto activo del conocimiento científico, esto es, un sujeto con la posibilidad de pensar la ciencia e intervenir en el mundo y en la construcción de su propia

(Cerquera & Garcia,
2016, p. 3)

Así el acercamiento a los textos originales y el análisis histórico- crítico se propone indagar por los problemas que dieron lugar al trabajo del científico y del grupo de pensadores que abordaron el mismo tópico o problema con el fin de encontrar elementos desde la recontextualización de saberes para la formación de profesores de física. Al respecto (Cerquera & Garcia, 2016, p.5) mencionan:

Entre los problemas que impulsaron la construcción del conocimiento científico podemos encontrar a Huygens, cuando se pregunta con relación al pensamiento de Newton sobre la propagación rectilínea de los corpúsculos, ¿cómo es posible que rayos de luz que vienen en

diferentes direcciones éstos se crucen sin obstaculizarse unos a otros siendo que la luz es un movimiento de materia? [

Los autores proponen en un segundo momento, después del análisis histórico-crítico, una revisión de libros de textos de física, encontrando algunas limitaciones de la óptica geométrica en ellos, por ejemplo, el medio entra a jugar un papel secundario en los problemas asociados a la refracción de la luz y por tanto se usan representaciones muy simples para mostrar su existencia. Además, esta representación no presenta la interacción medio- rayo.

medio- sea ésta una lente convergente o divergente- solo en una línea vertical para llevar a cabo toda la construcción geométrica, imagen que termina desviando la mirada de la
]. (Cerquera & Garcia, 2016, p.10)

Este segundo elemento es relevante en la problematización de la enseñanza de la óptica pues se caracterizan cinco limitaciones en los libros de texto: *yuxtaposición de imágenes; limitaciones de la óptica geométrica; experiencias acomodadas al modelo teórico; óptica desvinculada de la astronomía; y Leyes y teorías guían la observación y la experimentación.*

Estas dos últimas, como se puede ver, justifican la necesidad de pensar el papel de la experimentación en la construcción del fenómeno óptico. Además, se resalta el papel de los análisis históricos en el establecimiento de nuevas formas de indagar y conceptualizar el problema de la luz. Así, la pregunta por el papel del medio y su relación con el ver y la luz se vuelve relevante y a través de actividades orientadoras se puede movilizar la reflexión en la formación de maestros. Por tal razón se establecen dos núcleos problemáticos sobre el papel del medio: el medio y sus características y el cambio de medio que surgen como consecuencia de la revisión y el encuentro con los originales bajo una nueva búsqueda. Para finalizar, una de las

reflexiones que tienen lugar en este trabajo y que justifican la necesidad de problematizar las relaciones de los sujetos con los libros de texto, esto es:

Si el maestro no tiene una sólida formación en la construcción de su saber disciplinar y pedagógico, el texto le impondrá la visión de ciencia que sustenta su trabajo de aula. Sólo un maestro capaz de un análisis reflexivo al interior de la historia de las ciencias podrá construir elementos conceptuales para establecer una relación con el texto, donde éste no sea su única guía sino un referente, pero que puede presentar carencias, limitaciones y fallas para su trabajo en el aula; lo cual necesariamente comportará debilidades e incompetencias en su enseñanza. (Cerquera & Garcia, 2016, p. 15)

En conclusión, este trabajo se vuelve relevante como antecedente porque aporta elementos en la reflexión sobre el papel de la historia de las ciencias en la formación de profesores desde el uso de originales, así como el problema de la enseñanza de la óptica.

El papel de la experimentación en la formación de profesores y su relación con la naturaleza de la ciencia.

El trabajo desarrollado por los profesores Romero, Aguilar y Mejía (2016) titulado *“Naturaleza de las ciencias y formación de profesores de física. El caso de la experimentación”*, presenta algunos elementos teóricos y resultados de la investigación desarrollada por el grupo de Estudios Culturales de la Universidad de Antioquía en donde se estudió el problema de la experimentación y los procesos de formación de profesores de Ciencias Naturales en la búsqueda de generar una propuesta de formación de profesores de física que aborde la experimentación en relación con la reflexión sobre la naturaleza de la ciencia. De este trabajo particularmente llama la atención este último aspecto, pues problematiza la relación que hay entre la naturaleza de las

ciencias y la forma en que se concibe la experimentación desde la formación de profesores de física. Así (Romero et al., 2016, p.78) mencionan sobre el rol de la experimentación:

El rol de la experimentación en la formación de profesores de física se constituye en una problemática particularmente interesante y fructífera para adelantar e implementar reflexiones acerca de la NdC, tanto por la estrecha relación que puede establecerse entre esta dimensión y los procesos de construcción de conocimiento, como porque su modo de significarla devela, también, un modo particular de asumir la ciencia y su enseñanza.

Este último elemento se vuelve fundamental y justifica la investigación que en este trabajo se desarrolla, pues la forma en que se significa la experimentación determina modos de acción y de pensar en el aula de clase de ciencias naturales. Así, se considera importante la reflexión sobre la experimentación en la formación inicial de profesores y particularmente sus vínculos con la Naturaleza de las Ciencias. Además, otro elemento que se resalta de este trabajo es el propósito de caracterizar las prácticas y los discursos de los profesores de física en los programas de formación de profesores de ciencias naturales de la Universidad de Antioquia, en relación con la forma como conciben la experimentación. Prestar atención a las prácticas y los discursos que se agencian en el aula de clase, constituye un elemento central para identificar elementos que den origen a nuevas propuestas de formación docente, en donde se redefina la experimentación y su relación con la construcción de conocimiento científico.

Después de una fase de fundamentación teórica, se establecieron tres categorías para analizar los discursos que los docentes desarrollan en relación con la experimentación, estas son: Relación teorización-experimentación, rol del instrumento en la construcción del conocimiento científico y finalidades de la experimentación. Desde estos tres elementos se proponen los análisis que recogen algunas dificultades en la forma en que se concibe la experimentación y que

Por tanto, una de las reflexiones de este trabajo y que guían la propuesta de formación que se realiza en el trabajo de los profesores (Romero Ch., Aguilar M., & Mejía, 2016) es la siguiente:

para debilitar el énfasis de la concepción positivista del conocimiento científico como fundamento de la enseñanza y desestimar la función puramente instrumental que cumplen las actividades experimentales, se requiere de un enfoque alternativo respecto al papel que cumple la experimentación en los programas de formación de profesores; enfoque que reconozca la interdependencia complementariedad entre la teorización y la experimentación, y a la vez incentive los procesos discursivos en relación con la construcción de conocimiento. En síntesis, es necesaria una perspectiva de la experimentación que incorpore reflexiones concernientes a la NdC, fundamentadas en una óptica sociocultural acerca de la construcción del conocimiento científico. [

Esta reflexión es fundamental en este trabajo de investigación, pues se requiere mostrar la potencialidad que existe en la experimentación para construir conocimiento científico, en oposición al consumo desprevenido de los productos de la ciencia. Un elemento en el que se coincide con esta propuesta es el uso de textos originales en la formación del profesorado de ciencias naturales. Así, se realiza la selección y estudio de algunos episodios históricos de temas de la física, que se problematizan para mostrar los problemas que se suelen abordar en el ámbito de la Naturaleza de la ciencia y que se desliga de la clásica discusión entre internalistas y externalistas (Romero et al., 2016), buscando conciliar y retomar aspectos positivos de ambos. Se aclara que el abordaje de episodios históricos no busca develar el significado de un referente, tampoco consiste en encontrar lo que ciertos personajes representativos concebían acerca de los fenómenos, ni hacer seguimientos cronológicos de la evolución de un concepto específico, sino establecer una relación dialógica con los autores por medio del análisis con la intención de construir sus propias reflexiones sobre los problemas y fenómenos abordados. (Romero et al., 2016). Desde estos aspectos, este trabajo recoge esta postura en su acercamiento al texto original de la Óptica de Newton pues no se pretende replicar la experimentación desarrollada por Newton

sino construir nuevos sentidos que permitan resignificar el problema del color y la refracción de la luz, así como reconocer las formas en que la experimentación puede ser usada en las construcciones dialógicas para convencer y argumentar.

Los elementos presentados en la investigación de los profesores Ángel, Aguilar Mosqueta & Mejía, problematizan y justifican la necesidad de avanzar hacia nuevas formas de pensar la experimentación en la formación de profesores, un elemento que atraviesa este trabajo y que por medio del análisis de los discursos que se construyen en el aula, se puede evidenciar y transformar.

De Newton a Goethe, aportes de los análisis histórico-críticos a la formación de profesores.

El trabajo desarrollado por Tobón y Romero (2014), presenta un análisis de los trabajos desarrollados por Goethe en relación con el color, resaltando el papel de la experimentación exploratoria y la forma de abordar el problema de la luz. Se discute el papel de las ideas de rayo en la enseñanza de la óptica en la escuela, mostrando como se dejan de lado fenómenos que no están contemplados en la óptica de Newton y por tanto planteando una explicación al problema de la luz que se aleja de la comprensión de fenómenos cotidianos en relación con el ver y el color.

Particularmente, se resalta el carácter matemático de las entidades creadas por Newton para explicar los fenómenos de reflexión y refracción de la luz, pues el rayo y los ángulos se incorporan en la explicación de los mismos. Tobón y Romero (2014, p.413) mencionan que

en el ámbito de la enseñanza esta forma de asumir la luz y sus posibles
luminosos, alejada de su nexo con las experiencias de los sujetos. Así, generalmente la
enseñanza no se ocupa de ampliar u organizar la fenomenología en torno a la luz y el color
sino de reproducir los modelos que de ella se tienen. Se olvida el fenómeno mismo para
enfocar usuales la luz es un objeto
, ni de la cultura
que la crea.

Como se puede evidenciar, el abordaje del fenómeno óptico solo a través de una teoría deja
por fuera una riqueza conceptual y fenomenológica que debe ser tomada en cuenta en la escuela.
El objetivo, desde una perspectiva sociocultural de la educación no se centra en la repetición de
una teoría sino en la comprensión e intervención del mundo a través del conocimiento científico
que se construye.

Continuando con el análisis al trabajo de Newton, los autores mencionan que el éxito de él
consiste en otorgar al fenómeno de dispersión de la luz una base cuantificable. Tobón y Romero
(2014, citando a Granés, 1988, p. 22), resaltan que

Newton forzó la fundante teoría que explicaba los experimentos luminosos,
los colores son
propiedades originales y connaturales de la luz que son distintas en distintos

Teniendo en cuenta estas citas retomadas, se muestra la explicación otorgada por Newton a
los colores, ellos son propiedades de los rayos refrangibles, que al pasar por el prisma se desvían,
generando un espectro oblongo en una pared blanca. Así, la luz tiene una naturaleza discontinua
o corpuscular, y lo que distingue a cada rayo es el color.

Esta idea de color es lo que usan los autores para establecer la comparación con los trabajos
de Goethe. Así, resaltan el carácter experimental de la teoría de colores de Goethe y la riqueza de
relaciones que plantea con el ojo y la naturaleza.

(1991: 483). Es el color el que nos permite diferenciar una fruta madura o una serpiente venenosa. Nuestros ojos están hechos para el color y el color está hecho para nuestros ojos. No obstante, no podemos percibir el color sino en una determinada relación entre luz y oscuridad. En la más oscura noche, o ante la luz más incandescente no notamos nada, no

(Tobón & Romero, 2014, p. 415)

Se muestra la clasificación realizada por Goethe para explicar diferentes fenómenos en donde el color tiene lugar. Así, se habla de colores fisiológicos, colores físicos y colores químicos. Se resalta el trabajo desarrollado con prismas mostrando el papel del observador en la construcción del fenómeno.

De acuerdo con Goethe, cuando el medio material que está entre nuestra visión y los objetos es transparente o traslúcido, los colores observados son de carácter dióptrico. Especial atención presta a aquellos de medios completamente transparentes, como el prisma. En la percepción de esta clase de colores se destacan dos formas en las que el observador se relaciona con el color: una de carácter subjetivo en la que el sujeto observa a través del medio, y otra de carácter objetivo en la que el sujeto deja que la luz y la oscuridad determinen a través del medio una imagen en la pared. [(Tobón & Romero, 2014, p. 416)

Como se evidencia en el trabajo de los autores, el modelo de Goethe sobre los colores vincula elementos de la poesía, botánica, arte y la relación hombre naturaleza en su esencia, mostrando una complejidad mayor al modelo newtoniano de rayo. Al estar en el centro del fenómeno el sujeto que siente, percibe y ve, el fenómeno tiene diferentes aristas desde donde puede ser retomado y le da utilidad a la explicación. Esto es, ¿para qué sirve pensar en la luz y los colores si no podemos explicar los hechos que acaecen cotidianamente en donde estamos ante el color y la luz (¿o la ausencia de?

Con respecto a la experimentación desarrollada por Newton y Goethe para contrastar, los autores mencionan que Newton otorga a sus experimentos un papel demostrativo, guiando el experimento a que se comportará tal como se había pensado en la teoría.

que se deriva en colores, los forzó para validar la ley de Snell. Esta clase de experimentación es llamada por Ribe y Steinle (2002) como experimentación guiada-teóricamente (theory-"estándar" en la filosofía de la ciencia, donde los experimentos están diseñados con las teorías formuladas previamente en la mente y sirven principalmente para probar, demostrar o convencer . (2002, p. 45) Tomado de Tobon y Romero, 2014, p. 419.

En comparación con Goethe, donde la experimentación tiene un carácter exploratorio, se muestra la riqueza y potencialidad de este tipo de experimentación para indagar sobre el fenómeno y organizar una fenomenología asociada al ver y los colores.

Goethe y su teoría del color es el ejemplo de una forma diferente de asumir la experimentación. Ese abordaje exploratorio de los fenómenos cromáticos, ese pensar el color en distintos contextos, esa intención de relacionar los experimentos entre sí, más que un experimento aislado con una teoría general (Tobón y Romero, 2014, p. 419)

Para cerrar, el documento propone algunas reflexiones sobre el uso de este tipo de estudios en la enseñanza de las ciencias, mostrando la riqueza y posibilidades de relacionar diferentes disciplinas, en trabajos como el de Goethe.

Desde el análisis crítico del discurso.

El siguiente trabajo se ha desarrollado en el marco del Análisis Crítico del Discurso. El siguiente trabajo es relevante en esta investigación pues muestran una línea de investigación en educación en ciencias que cada vez cobra más fuerza pues resalta el carácter ideológico de los discursos que se movilizan en la escuela y que determinan y están determinados por prácticas sociales. En este trabajo se hace relevante esta mirada, pues se desea mostrar cuales son las construcciones discursivas que tienen lugar alrededor de la experimentación en la formación de profesores.

El discurso docente como construcción ideológica: posibilidades de transformación.

El trabajo desarrollado por Cosenza, Freire, Espinet y Martins (2014) titulado *Relaciones entre justicia ambiental, enseñanza de las ciencias y ciudadanía en construcciones discursivas docentes* presenta un estudio desarrollado con maestras en formación continuada, sobre los discursos que movilizan en relación con la educación ambiental, teniendo en cuenta que la comunidad donde se sitúa su práctica tiene una fuerte influencia de la industria petrolera.

Las autoras [...] *Neste estudo, buscamos compreender como construções discursivas de professores(as) em formação continuada articulam determinados objetivos do ensino de ciências, sobretudo aqueles que dizem respeito às relações entre ciência e sociedade e cidadania à discursos sobre justiça ambiental e risco*” (Cosenza et al., 2014, p. 90).

Particularmente, para esta investigación llama la atención la fundamentación en los estudios críticos del discurso (ACD), pues muestran una pauta de análisis y sus potencialidades para

comprender las relaciones dialécticas entre la escuela y la sociedad. Las autoras muestran como los discursos docentes pueden ser entendidos como construcciones ideológicas en la medida en que contribuyen a la reproducción y cristalización de las relaciones sociales de dominación, aunque también pueden generar procesos de transformación.

orientadas pelo pensamento de Norman Fairclough (2003). Tomados pela Análise Crítica do Discurso (ACD), os discursos docentes podem ser entendidos como construções ideológicas, na medida em que contribuem para a reprodução e cristalização de relações sociais de dominação, embora também possam operar para a transformação. [et al., 2014, p. 91).

En el marco del análisis crítico del discurso, las autoras realizaron análisis de los discursos de las profesoras estudio de caso, a través de la dimensión de intertextualidad manifiesta, atendiendo a la definición planteada por Norman Fairclough (2003, citado por Cosenza et al., 2014, p.93).

Esto es:

] A análise dos discursos de ambas as experiências privilegiou a dimensão que diz respeito à intertextualidade manifesta, ou seja, às formas pelas quais outros textos estão explicitamente marcados na superfície textual. Segundo Fairclough (2003), os intertextos tomam parte da constituição ideológica dos sujeitos. Para o autor, o sujeito não somente incorpora discursos outros, mas também está envolvido na prática que contesta e reestrutura as estruturas discursivas, política e ideologicamente motivada.

Esta dimensión del análisis crítico del discurso se vuelve relevante en este trabajo de investigación por que muestra los nexos entre discursos y su reproducción. Las prácticas sociales producen textos que reproducen y divulgan discursos, estos discursos no son neutros, ni siquiera en las ciencias, y a su vez esa reproducción y asimilación del discurso construye la realidad y forma en que el sujeto interviene (o no) en el mundo. Al respecto se menciona:

Por outro lado, ao longo do texto, surgem questões sobre os aspectos da distribuição dos recursos, do reconhecimento dos afetados e da participação nos processos de decisão sobre acesso e uso dos recursos naturais. A indústria petroleira presente na região é vista como um ator social que detém mais poder do que a comunidade e é significada como geradora de impactos negativos. O fragmento do texto da professora a seguir traz uma representação do discurso dos moradores da comunidade. (Cosenza et al., 2014, p.94)

Llama la atención sobre este trabajo, el resultado de las experiencias formativas. Se encuentra que los discursos analizados movilizan corrientes ideológicas de la educación en ciencias naturales y educación ambiental. Sin embargo, esas ideologías son híbridos dinámicos entre discursos conservadores y emancipatorios. Es decir, los discursos movilizan ideologías que se componen de diferentes posturas y coexisten siendo contradictorias.

Podemos tecer aproximações em relação aos resultados de ambas as experiências formativas. Em primeiro lugar, os discursos analisados informam correntes ideológicas da EA e da EC. Os resultados indicam rearticulações dinâmicas e híbridas de discursos conservadores e emancipatórios desses campos que se manifestam nos segmentos analisados. Se por um lado, tal hibridismo pode favorecer dimensões políticas que podem ser exploradas e desdobradas em novos processos educativos no sentido de estimular a compreensão das relações assimétricas de poder entre os diferentes sujeitos que vivenciam os riscos presentes nas agressões ambientais, por outro lado, podem sinalizar uma cooptação ideológica por discursos que não valorizam dimensões emancipatórias. (Cosenza et al., 2014, p.96).

Efectivamente, este tipo de investigaciones muestran como las asimetrías discursivas son producto de las relaciones de poder que estructuran y movilizan discursos y prácticas de acuerdo con la dinámica de las fuerzas que en ellas se desenvuelven. La convergencia de discursos con diferente naturaleza puede entenderse como la lucha de los grupos sociales dominados por hacer reconocer sus formas culturales en el universo de prácticas discursivas que los grupos hegemónicos movilizan a través de diferentes instancias.

Compreendemos que a ambiguidade discursiva, no âmbito dos diferentes projetos analisados é fruto de relações de poder que organizam os discursos e dependendo da dinâmica das forças que neles se desenvolvem, as experiências podem ser tomadas como espaço de luta dos grupos sociais dominados para terem suas formas culturais reconhecidas ou como ferramentas produtora de consenso em torno de ideais dominantes e assim podem limitar o reconhecimento de fatores e contradições que sustentam a desigualdade socioambiental local. (Cosenza et al., 2014, p. 96).

Para finalizar, este trabajo se vuelve relevante para la presente investigación, pues muestra, desde el ACD, como se pueden comprender los discursos y sus relaciones con imaginarios hegemónicos y dominantes vs discursos que movilizan grupos dominados y que luchan desde las prácticas sociales y culturales por no desaparecer y reivindicar su propia ideología.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El problema de delimitar el problema

[...] todo enigma es un alimento, algo que nos mueve a buscar, que debe movernos a buscar la vida entera; que lo peor que le puede ocurrir a una pregunta verdadera es saciarse con la primera respuesta que encuentre. [...]

El anterior párrafo relata de manera poética la búsqueda a través de la cual se lanza el investigador. Particularmente, el enigma que abordaré en este apartado no era algo que se descubriese, por el contrario, fue una construcción que necesitó tiempo, paciencia, lectura, debates y sobre todo mucha reflexión.

Inicialmente el interés con el que inicie mi investigación era muy amplio y tal vez un poco difuso: la formación de profesores de Ciencias naturales. Si bien es un campo de investigación muy vasto y con poca tradición en la investigación en ciencias Naturales, durante los últimos años ha venido fortaleciéndose gracias a múltiples investigaciones que han problematizado la formación de los futuros profesores de ciencias naturales al considerarlo un elemento nuclear en las mejoras educativas.

Al avanzar en los seminarios y lecturas del programa de formación de Maestría en Educación con énfasis en enseñanza de las ciencias naturales, encontré la Historia, Filosofía y enseñanza de las ciencias como una línea de investigación muy interesante que tenía conexiones con la formación de profesores. Así, después de aventurarme en los problemas propios de la Historia y la Filosofía de la ciencia, de la historiografía como una manera alternativa de hacer historia y de la importancia de los textos originales no solo para rescatar hechos de primera fuente sino para

establecer un diálogo con los autores en la búsqueda de la re-contextualización de saberes, decidí que la historia definitivamente contribuía en mi manera de problematizar la formación docente.

Particularmente sentí interés por el problema del ver asociado a la óptica. Y es así como, en esa búsqueda de delimitar mi problema, me pareció profundamente relevante el texto de la óptica de Newton pues algunas de sus ideas aún tienen vigencia en los textos escolares y universitarios y una en especial ha traspasado espacios, tiempos, contextos y formas de la cultura: el experimento crucial del prisma de Newton y la descomposición de la luz. La representación del prisma descomponiendo la luz ha sido utilizado desde camisetas, logos, hasta portadas de álbum de rock and roll (The Dark side of the moon- Pink Floyd)

Al interactuar con el texto original y al explorar el análisis de textos escolares en el marco del proyecto de investigación del grupo de investigación Ciencia, Educación y Diversidad, surgen inquietudes sobre la intencionalidad de los textos y su validación a través de la divulgación y contextos de producción y legitimación, por lo cual, la lectura del mismo no se hace ya desde un punto de vista desprevenido, sino rescatando aquella intencionalidad que presenta el autor en las formas de nombrar, organizar y omitir en el texto.

Por tanto, mi problema central se construyó como el entramado de tres intereses: el análisis crítico del discurso (ACD); la experimentación y la construcción fenomenológica de la refracción de la luz (RL) en la formación de profesores de ciencias naturales y en el marco de una forma de comprender el conocimiento, la enseñanza y el aprendizaje, esto es: la perspectiva sociocultural. A continuación, se presenta un esquema que esboza el tema de interés en esta investigación.

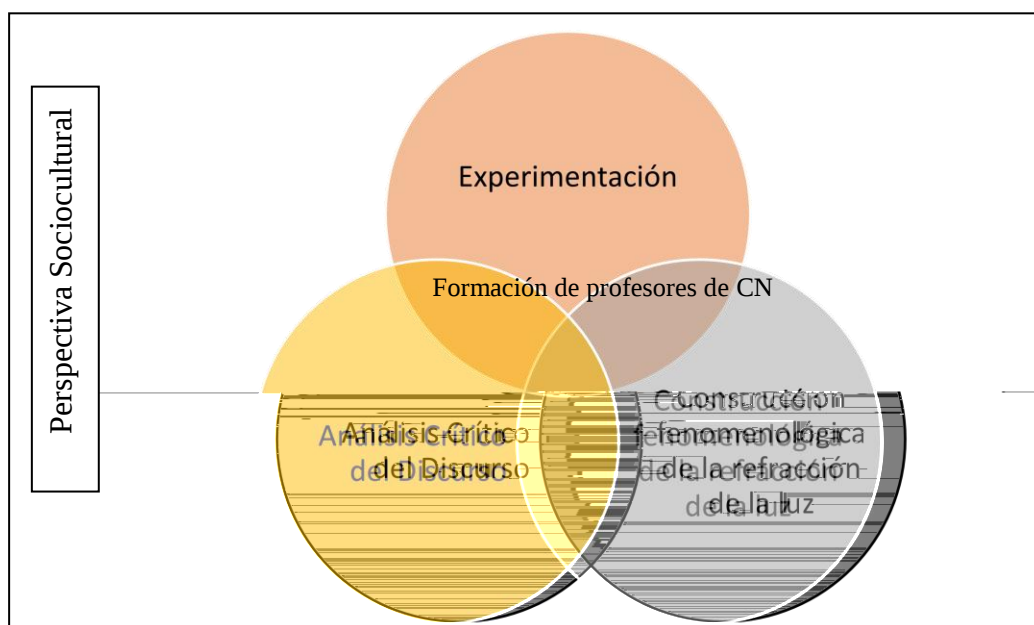


Figura 3. Esquema de la investigación.

El problema de la experimentación en la formación de profesores

Analizar la formación de profesores en ciencias naturales, indiscutiblemente vincula como un elemento ineludible: como se entiende el conocimiento científico. En un primer momento se pensó que el saber de la disciplina era suficiente para enseñar. Las facultades de ciencias naturales formaban físicos, químicos o biólogos que luego de pasar por algún curso de pedagogía quedaban listos para impartir una clase de ciencias naturales (este modelo aún se aplica en algunas instituciones y el MEN también tiene una política que colinda con este tipo de modelos). Sin embargo, esta forma mostró que, si bien la disciplina era condición necesaria, no era suficiente y, por tanto, aunque un profesor tuviera una fuerte formación disciplinar, no se garantizaba el éxito en la enseñanza. Es así, que esta forma de comprender la formación de los profesores de ciencias naturales llevó hacia problematizar cuales son las competencias, habilidades, actitudes y conocimientos que un profesor de ciencias naturales requiere para hacer

frente a las complejidades propias de un aula de clase. En esta vía, los trabajos de (Duit, 2006), muestran la necesidad de un conocimiento particular para el profesor de ciencias naturales, que lo distingue sustancialmente del profesional en ciencias naturales (físico, químico, biólogo, etc.). Sin embargo, algunas de estas posturas, creaban una especie de mezcla entre diferentes disciplinas, esto es, la formación del profesor de ciencias naturales era la suma algebraica de algunos elementos de la psicología, filosofía, sociología, pedagogía, antropología, lingüística y ciencia, entre otras. Esta postura muestra la complejidad del saber pedagógico y Didáctico del docente, sin embargo, no logra mostrar la independencia de los problemas de la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia de otros problemas de cada campo.

Una corriente en el campo de la Didáctica de las Ciencias Naturales muestra la necesidad de pensar la enseñanza de las ciencias como un campo autónomo (Izquierdo, 2007). Se afirma que si bien la enseñanza de las ciencias naturales toma elementos de diferentes disciplinas, ella en si misma tiene un campo de problemas propio. Atendiendo a la necesidad de otras disciplinas y áreas de saber en la Didáctica de las ciencias, se menciona que la Didáctica de la ciencia y en general la Didáctica puede ser pensada como una ciencia debido a que tiene sus propios problemas, referencias teoricas, personas que la desarrollan e instituciones y que tiene estrecha relacion con las ciencias de la educación y con otras ciencias. En sus palabras dirá:

La didáctica de las cie

educacion, pero necesita de otras aportaciones; de una manera muy especial, va a nutrirse de la propia disciplina a enseñar, puesto que ha de establecer con ella una relación especifica, al a vez dependiente y autónoma (porque la disciplina que se vive en clase no es ni la de los libros ni la de la universidad, ni la de los profesionales, sino la de unos alumnos . (Izquierdo, 2007, p. 127)

Discutiendo la mirada de suma algebraica de disciplinas, Izquierdo (2007, p. 127), menciona:

suma: es la ciencia que permite planificar y evaluar la intervención docente que estructure la mente de los alumnos al proporcionarles acceso a los conocimientos científicos que les

Como se puede evidenciar, el campo de la Didáctica de las ciencias tiene una estructura que permite pensar los problemas de la enseñanza de las ciencias retomando aportes de otras disciplinas como son la psicología, la antropología, la filosofía entre otras, sin perder su problema particular, así, se configura como un campo de investigación y reflexión donde el profesor desarrolla competencias para planificar y evaluar intervenciones en vía de la movilización de conocimiento científico escolar. Para establecer esta relación entre los tres elementos que aparecen en el centro de la actividad Didáctica es necesario retomar la estructura Didáctica planteada por Joshua y Dupin (1993)

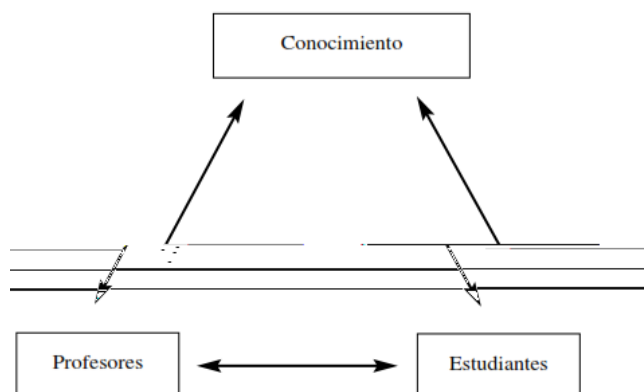


Figura 4. El sistema didáctico, cuyos elementos son los profesores, los estudiantes y los conocimientos, los cuales interactúan y cambian.

Fuente: (Joshua & Dupin, 2005).

Estas relaciones que se establecen en el contexto particular de la escuela ponen de manifiesto que la actividad científica escolar tiene grandes diferencias con la actividad puramente científica y por tanto la Didáctica de las ciencias entendida como la ciencia del profesor, debe abordar el problema de la transposición Didáctica. Así, la re contextualización de saberes toma sentido pues se busca que este conocimiento científico se incorpore a los conocimientos que el estudiante tiene y que le permiten configurar una cosmovisión y manera de comprender y vivir su vida.

Esto supone además que la Didáctica de las ciencias es una disciplina de carácter teórico-práctico, pues es en la misma medida en que el profesor desarrolla su práctica y reflexiona sobre los objetos mismos del conocimiento en relación con el estudiante y sus contextos socioculturales que se va nutriendo. Además, al tomar como centro del proceso de aprendizaje al estudiante, la Didáctica de las ciencias afronta el problema de diseñar intervenciones que permitan impactar a diferentes tipos de sujetos en vía de la consecución de una formación ciudadana que apunte a un proyecto de hombre dentro de una sociedad.

Por tanto, la Didáctica no se reduce a la formación especializada que se le puede brindar a un profesional y que terminará concretándose en un programa curricular o en un libro de texto, sino que encierra un conjunto de relaciones con otras ramas del saber, de la sociedad y de la cultura.

Teniendo en cuenta esta última postura, uno de los problemas fundamentales de la Didáctica de las Ciencias Naturales es: ¿Cuál es el acercamiento que tienen los futuros profesores de ciencias naturales al conocimiento científico?

Múltiples trabajos han retratado la forma en que se instruyen a los estudiantes para científicos, particularmente el trabajo de Kuhn (1980), quien afirma que se entrenan para resolver problemas de la ciencia normal. Los libros de texto en este caso juegan un papel fundamental, pues como manuales, contienen un decantado de información que le permite al futuro científico estar al

tanto de las teorías y métodos aceptados por la comunidad científica actual. La formación de profesores de ciencias naturales en muchos casos se da bajo los mismos parámetros que la formación de los científicos. Es claro que los roles sociales y sus implicaciones e intenciones son diferentes. Esto necesariamente implica acercamientos diferentes a la disciplina, lo cual plantea interrogantes tales como ¿Qué necesita saber desde la disciplina un profesor de ciencias naturales? Esta pregunta cobra especial relevancia, pues el paradigma de la construcción del conocimiento implica necesariamente la reflexión sobre ¿Qué se construye? ¿El acercamiento al saber sabio? ¿O un nuevo saber?

Si se piensa en el estudiante en formación en física, química y/o biología, ¿Qué se espera de su acercamiento al conocimiento científico?

Desde una perspectiva conductista, se esperaría que replicará en el aula las teorías, leyes, métodos y formas de abordar los problemas de la ciencia. Por tanto, se esperaría que tenga cierta experticia en la resolución de problemas propuestos por los manuales y libros de texto científicos, y entonces al enseñar ciencias naturales, debería transmitir estas mismas leyes, teorías, métodos y formas de resolver los problemas a sus estudiantes, de la manera más eficiente posible, evitando ambigüedades y oscuridades en los procedimientos y conceptos.

Esto plantea una forma de comprender el conocimiento científico, la enseñanza de las ciencias y el rol del profesor en el aula de clase, en el cual los sujetos que intervienen en los procesos de enseñanza y aprendizaje tienen una relación vertical y de dominador-dominado, pues si el profesor lo sabe todo y el estudiante no sabe nada, el que sabe determina el ritmo de enseñanza y los aprendizajes del estudiante. A su vez, el rol del profesor es de administrador del conocimiento científico, este no lo toca, solo lo divulga tal como lo consumió para que su estudiante lo asimile sin modificaciones al mejor estilo de la educación bancaria.

Contrario a esto, desde una perspectiva constructivista, se afirma que el conocimiento se construye en la interacción con otros sujetos. Sin embargo, aquí podríamos ver dos posturas: la construcción del conocimiento se entiende como una edificación que se hace para acceder al conocimiento sabio, esto es, lo que se construyen son las formas de acceder al conocimiento científico, desmontando ideas alternativas o que no se ajustan a las formas del saber sabio y que constituyen obstáculos epistemológicos



Figura 5. Diferentes formas de comprender el constructivismo: Se construye el camino hacia el conocimiento sabio.

La segunda postura es una construcción de conocimiento científico que se establece como un dialogo entre el sujeto a conocer, que se reconoce como un sujeto histórico, social, cultural, político, entre otras, ubicado en un contexto particular y único y con necesidades particulares, y un conocimiento que es producto de un contexto social, político, histórico y cultural particular y único, al que se acerca el sujeto en la búsqueda de la comprensión de su realidad y por tanto en esa interacción constantemente se significa y resignifica el mundo.

SE CONSTRUYE UN CC EN LA BÚSQUEDA DE LA COMPRENSIÓN DEL MUNDO.



Figura 6. Diferentes formas de comprender el constructivismo: Se construye el conocimiento como interacción entre el sujeto y su entorno en la búsqueda de significaciones propias.

De esta última postura es importante resaltar el carácter eminentemente sociocultural del conocimiento científico, que se aleja de la comprensión del mismo como verdad absoluta y única. Es susceptible de ser pensado, analizado, discutido, cuestionado, incorporado y transformado. Es dialéctico. Esto significa, que el conocimiento científico se aleja de ser estático y fijo, en el uso y apropiación del mismo se va modificando y también modifica al sujeto mismo en su posición con el mundo y el conocimiento.

Si se atiende a esta última postura, la pregunta por el cómo, se hace importante. No basta con declarar que el conocimiento científico es susceptible de ser construido por los sujetos, pues las prácticas sociales y las formas tradicionales a las que se ha accedido al conocimiento están inmersas en sistemas educativos tradicionales y se replican cotidianamente. Particularmente, los libros de texto son una fuente principal en la escuela para el acceso al conocimiento científico. Variadas investigaciones en los últimos años han mostrado como el libro de texto se constituye

en un instrumento que moviliza ideologías al interior del aula de clase y replica modelos tradicionales de enseñanza, aprendizaje y evaluación de las ciencias naturales (Apple, 1989; Menéndez, 1995; Campanario & Otero, 2000; Caldeira, 2005; Martínez, 2008). Los profesores utilizan el libro de texto como un manual que guía su práctica pedagógica y dicta el currículo del curso (García, Revista de la distrital). A nivel universitario el panorama es muy parecido. Los libros universitarios se entienden como manuales que dictan los programas de cursos de física, biología, química, entre otras; el conocimiento científico, en forma de productos y métodos, se encuentra contenido en ellos y aprender ciencias es poder resolver los problemas de lápiz y papel que los mismos proponen, haciendo uso de los diferentes mecanismos que presenta el libro para resolver problemas usando la teoría (los conceptos, formulas, procedimientos, razonamientos causales) y los estudiantes son tablas rasas en las que se deposita conocimiento científico (Imbernón, 2010).

informació

los futuros profesores de ciencias naturales, pues (la imagen del CC que se quiere mostrar) se cree que el conocimiento científico es el que está en los textos universitarios decantado. El acceso al original presenta una riqueza, que no se encuentra fácilmente en el texto universitario, pues en el primero, se presentan los problemas que dieron lugar a determinado producto de la ciencia, los métodos usados y los acuerdos a los que llegó y aceptó la comunidad científica sobre el trabajo del investigador. Si solo se accede a los productos, ¿Qué y cómo se construiría el conocimiento científico?

Ahora bien, el problema no es solo a qué tipo de textos se accede, sino la forma de acceso al conocimiento científico. Si se accede a los productos de la ciencia, y ellos en sí mismos están investidos por un manto de veracidad indiscutible, pues explican el mundo tal y como funciona, ¿Cuál debe ser la actitud del aprendiz frente al CC? Feyerabend (1975), ha mencionado que al igual que la religión en el siglo XIV, la ciencia actualmente exige ciertos actos de fe. Es decir, frente a la imposibilidad de un aprendiz de hacer inteligible los productos de la ciencia y vincularlos a sus propias reflexiones y preocupaciones, solo queda creer que es así, que el mundo se comporta de la manera en que dicen los libros de texto y se explican con las entidades que han

o de aprendizaje, por tanto se consumen discursos y textos que poco tienen que ver con las preguntas que el aprendiz tiene o podría tener del mundo. Este acceso al conocimiento es por tanto vertical, asimétrico y de dominación. Comprender la ciencia como un conjunto de verdades sobre el mundo, que se refuerzan a través de la experimentación y que no tienen discusión, se aleja de la posibilidad de construir sentidos, significados y nuevas formas de leer y transformar la realidad.

Izquierdo (2006, p. 12) retomando a Ogborn considera que en los textos de ciencias naturales como es el mundo. *Aquellas características de los textos de ciencias gracias a las cuales se genera una determinada manera de presentar los fenómenos del mundo con la finalidad de que la explicación que se ofrece resulte apropiada y convincente para el alumnado*”. Si los científicos también utilizan estructuras retóricas para probar que el mundo funciona tal como ellos lo plantean y se crean entidades que son las causantes de los fenómenos, es posible que estos discursos movilicen ciertas formas de comprender el mundo e ideologías y dejen por fuera

otras, esto se reproduce en los papers y documentos originales que se han divulgado a través de la historia.

Particularmente, es interesante analizar el rol que juega el experimento en la afirmación de ciertos resultados y su divulgación como verdad absoluta. Desde la filosofía de la ciencia, es posible notar como una postura teoreticista promueve una visión del experimento muy pobre, relegado a los márgenes de la actividad científica y subsidiaria de la misma (García & Estany, Filosofía de las prácticas experimentales y enseñanza de las ciencias, 2010). Desde los libros de texto y la enseñanza de las ciencias naturales, el experimento es usado como un argumento de autoridad, pues se presenta como un hecho que comprueba el funcionamiento y la aparición de las entidades científicas.

El maestro como transformador social. ¿Qué significa esto?

Formación Universitaria.

Cuando se piensa en la formación universitaria, es inevitable que se asocie con progreso, inteligencia y en Colombia al menos, un privilegio. Este imaginario que se comparte en relación con la universidad conlleva a pensar que la formación universitaria ocupa un lugar importante en la construcción de sociedades más justas y productivas, y por tanto se hace necesario reflexionar en torno al tipo de formación universitaria que se brinda en el país y los fines de la misma.

Actualmente, en el campo de la enseñanza universitaria se pueden distinguir dos paradigmas: el primero es la enseñanza tradicional en la cual esta se concibe como un proceso de transmisión de conocimientos donde el proceso educativo tiene como protagonista al maestro, o en algunos

casos al libro de texto, que es el que imparte los conocimientos como verdades absolutas y acabadas, y el estudiante asume el rol pasivo de receptor de información. Así, los currículos al responder a este tipo de paradigma se enfocan en un perfil profesional que responde netamente a las variaciones del mercado y por tanto el fin mismo de la formación universitaria es el cumplir con necesidades externas de un mercado laboral.

Esto acarrea tal como lo menciona Granés (2002, p. 13)

mercado laboral con todos los problemas que de allí pueden derivarse: unilateralidad y particularidad en el juicio de las competencias más adecuadas; variabilidad, según las cambiantes condiciones del mercado laboral y del desarrollo tecnológico, de los rasgos profesionales que se privilegian; posibles incoherencias en el diseño curricular mismo que podrían hacer del plan de estudios una colección disgregada de cursos y actividades carentes d

Por otro lado, el segundo paradigma concibe la enseñanza como una socialización cultural entendida tal como lo menciona (Granés, 2002, p. 1),

Hace alusión a una concepción que piensa la educación por analogía con la apropiación gradual del lenguaje, de los significados, de las costumbres, de las formas de interacción por parte del niño en el seno de .

Por tanto, el proceso de formación recae sobre el estudiante al ubicarlo como un sujeto activo que construye su propio conocimiento, y el maestro asume el rol de orientador y catalizador del proceso de socialización.

Es importante recalcar que, al concebir la educación en términos de una socialización cultural, los saberes dejan de ser absolutos para convertirse en una construcción de significados mediada por el lenguaje. Así el énfasis se pone en los procesos de comunicación oral y escrita y el currículo se propone no desde las necesidades laborales sino desde la lógica interna de cada

disciplina. Esta última concepción se corresponde de manera más adecuada a la idea de universidad en la cual se construyen y entretienen redes de conocimientos que permiten afrontar y proponer soluciones a problemas complejos que requieren un pensamiento divergente y complejo.

Por tanto, en este trabajo se retomará la segunda concepción y se entenderá la formación disciplinar o profesional como

La formación en una determinada disciplina podría entenderse entonces como el proceso mediante el cual el estudiante se pone en condiciones de interactuar válidamente dentro de una comunidad científica determinada. Esto significa estar en condiciones de comprender el entramado de significaciones compartidas, de utilizar las formas aceptadas de comunicación, de estar en capacidad de formular preguntas legítimas, de practicar la ética de la comunicación y de la acción decantada en el interior de la comunidad. (Granés, 2002, p.3)

Formación de profesores de física.

Teniendo en cuenta lo anterior, la formación de profesores en física no es ajena al uso de una concepción tradicional en la cual las ciencias se vean como productos acabados que el futuro maestro debe memorizar para transmitirlos a sus estudiantes. Así Ayala (1992, p.1) menciona que

no es de extrañar que se tienda a considerar la enseñanza de las ciencias como una actividad de transmisión de saberes, técnicas y procedimientos científicos [...]”.

Desde el campo de la enseñanza de la física, existen dos grandes concepciones en torno a la formación de maestros en este campo. La primera se centra en la necesidad del saber disciplinar y por tanto se considera que alguien que sepa física podrá enseñarla mejor, es decir, el alto grado

de conocimiento y especialización en la disciplina es suficiente para que sea impartida una buena enseñanza.

Por otro lado, existe una concepción que tiene en cuenta no solo el saber disciplinar sino el saber pedagógico y Didáctico, necesario para impartir una docencia de calidad. Sin embargo, la concreción de esta perspectiva es mucho más difícil y por tanto uno de los problemas que surge de su implementación es que se termina formando al maestro con algún conocimiento disciplinar, un poco de conocimiento Didáctico y otro poco de conocimiento pedagógico que lo deja con grandes problemas de identidad profesional y grandes vacíos para enfrentar la enseñanza de la física en el aula de clase.

Para hacer frente a estas dificultades en el campo de la enseñanza de la física, es necesario reflexionar entonces sobre tres preguntas que nos permitirán construir una visión diferente del campo profesional como es la enseñanza de la física y que responda a las necesidades sociales, culturales, tecnológicas entre otras, de la sociedad colombiana. Así, la primera pregunta es ¿Qué entendemos por ciencia? ¿Cómo debe entenderse la formación en enseñanza de la física? ¿Difiere de la formación en física?

Si retomamos la definición de formación que se presentó en el apartado de anterior, entonces la formación en enseñanza de las ciencias es un proceso mediante el cual, el futuro maestro se introduce en una comunidad científica en el que el objeto de estudio son los procesos de aprendizaje, enseñanza y evaluación de la física. Así, tal como lo menciona Ayala (1992, p.7)

valores culturales que han sido interiorizados por éstos y que tanto la ciencia como el conocimiento individual son actividades, la enseñanza de las ciencias tiene un carácter **eminente cultural** [...].

de la teoría corpuscular de la luz y la teoría ondulatoria. Como se puede ver, esta presentación de los problemas físicos asociados a la luz es muy reducida, por lo cual se pierde una riqueza en la exploración del fenómeno óptico mucho más amplia, en donde tienen lugar problemas asociados a la luz y la visión, el color y la formación de imágenes, así como la naturaleza de la luz. Usualmente, el estudiante se enfrenta a situaciones relacionadas con la óptica, desde los colores, la luz solar, las cámaras fotográficas, los lentes de sol, etc. y sin embargo es muy poco lo que puede decir frente a estos fenómenos y su funcionamiento, al respecto Perales (1994, p.1),

[...]Se es incapaz de romper la aparente dicotomía conocimiento formal-conocimiento cotidiano que precisamente, debiera constituir el norte de la iniciación a la educación científica si queremos lograr que trascienda allende los muros de nuestras aulas” lo cual muestra la gran dificultad que se presenta en la enseñanza de la óptica y la necesidad de reflexionar sobre el mismo en la formación inicial de profesores de ciencias naturales.

Perales y Nievas (1991), desarrollan un trabajo en relación con las ideas previas que existen sobre óptica geométrica en los niveles de EGB y formación del profesorado. Para ese trabajo mencionan tres razones para escoger el tópico de la óptica geométrica: a) Curriculares, b) Históricas y c) Didácticas. Con respecto a lo curricular, mencionan que es uno de los tópicos más recurrentes en los cuestionarios de la Enseñanza General Básica y es uno de los temas clásicos de los programas de formación en física, el segundo, es la riqueza que presenta la naturaleza de la luz y que ha sido uno de los fenómenos más controvertidos en la historia de las Ciencias y por último desde la Didáctica pues hasta ese momento eran escasas las investigaciones sobre posibles enfoques en su enseñanza. Además, reconocen que es uno de los tópicos que está presente en la vida cotidiana de los estudiantes. Estos tres elementos son relevantes para este

trabajo pues también justifican el desarrollo del mismo desde el aspecto curricular, histórico y Didáctico.

Por otro lado, de los resultados encontrados en el trabajo desarrollado por Perales y Nievas (1991) son los problemas asociados a las concepciones de los estudiantes sobre la luz, la visión y la formación de las imágenes. Al respecto mencionan

La luz parece quedar evidenciada fundamentalmente por sus fuentes y por sus efectos, entre estos últimos, por la visión (Guesne et al. 1978: Tiberghien et visión es considerada a veces como el resultado de la interacción con el objeto visto de los ratos procedentes de los ojos (Andersson y Karrqvist 1983), y en otras ocasiones, como la percepción directa de los rayos luminosos sin el necesario con de la reflexión con los objetos contemplados (esquemas conceptuales con la edad, independientemente de la enseñanza formal recibida por los individuos. (Perales & Nievas, 1991, p. 83)

Particularmente, con los estudiantes en formación del magisterio, se encuentra que:

no relativista de la propagación luminosa, la no formalización del concepto de rayo luminoso y prisma óptico, la incompatibilidad de la reflexión, refracción y absorción, la indiferenciación de las imágenes reales y virtuales, la discriminación entre dispersión y refracción luminosa o la concepción euclidiana de la visión de los objetos. (Perales & Nievas, 1991, p.82)

Este elemento es particularmente problemático y tema de interés en este trabajo, pues no se pretende argumentar que una visión u otra es mejor, sin embargo preocupa, que la visión mecanicista que se evidencia en las argumentaciones de los futuros maestros, sea tan precaria, esto es, el modelo construido es muy insipiente y no permite pensar y establecer una base fenomenológica para comprender los fenómenos ópticos, no solo para ser enseñados, sino para la comprensión del mundo por parte del futuro educador.

En la misma línea, Perales (1994) presenta las principales concepciones sobre lo óptico que estudiantes de diferentes niveles y algunas consideraciones didácticas, divididas en los siguientes

tópicos: la luz, sombra, reflexión, refracción e imagen. Con respecto a la luz, se evidencia la diferencia entre el concepto del científico y el que cotidianamente se utiliza, así, en la cotidianidad se habla de rayo de sol, rayo eléctrico, rayo láser, etc. Así mismo, plantea que

o

antropocéntrico que se localiza en la fuente (Sol, cielo, bombilla, etc.). En algunos casos se produce asimismo cierta confusión entre la luz y la electricidad. En coherencia con lo anterior, la propagación rectilínea tampoco resulta ser una característica luminosa suficientemente formalizada, tendiéndose a interpretar la luz como "algo que llena el espacio", pero sin atribuirle una trayectoria concreta. (Perales, 1994, p.2)

Además, en relación con el rayo de luz y la propagación, los estudiantes usualmente confunden el rayo de luz como modelo explicativo y afirman que es visible, confundiéndolo con el rayo eléctrico.

propagación luminosa, no se operativiza como tal y se incurre en errores sustanciales, tales como decir que "los rayos se ven" -algo que sólo sucede con los rayos eléctricos-, ignorando que lo visible son las partículas suspendidas en el aire al reflejar la luz. (Perales, 1994, p.2)

Con respecto a las sombras, los estudiantes ubican cualitativamente la producción de sombras con los cuerpos opacos, distinguiendo entre transparentes y sus efectos. Sin embargo, para el caso de la reflexión, la reflexión se asocia con los espejos, al respecto Perales (1994, p. 3) menciona

Nos encontramos ante una propiedad luminosa ligada a las características de los sistemas materiales que interfieren su trayectoria y que recuerda sospechosamente al choque o "rebote" de cuerpos sólidos (bolas de billar, pelota contra una pared, etc.), lo que induce a los alumnos a interpretar el fenómeno de la luz como una especie de propagación (¡ahora sí!) de partículas que chocan o rebotan contra un obstáculo opaco.

Por último, la refracción es un fenómeno del que poco se habla en la cotidianidad, por tanto, poco se referencia, sin embargo, uno de los fenómenos que más se evocan es el de la imagen del lápiz en agua.

sumergir parcialmente un palo en agua o las propias lentes, pero prácticamente en ningún caso suele deducirse de ellas la desviación en la trayectoria luminosa, lo que resulta coherente con los comentarios anteriores relativos a la escasa comprensión de la propagación luminosa y a la no operativización de su carácter rectilíneo. Perales (1994, p.3)

Otro de los trabajos desarrollados en el campo de la Óptica Geométrica, que pretende dar cuenta de la forma en que los estudiantes dan cuenta del fenómeno óptico es el desarrollado por Pesa y Bravo (2012). Retomando el trabajo anterior, mencionan que los alumnos presentan problemas a la hora de explicar los fenómenos de formación y visión de una imagen óptica. Al respecto mencionan

es (como por ejemplo Galili & Hazan, 2000; García, Martínez Torregrosa & Carrascosa, 2005; Gil Llinás Badajoz, 2003; Pesa & Cudmani, 1993; Pesa, Cudmani & Bravo, 1993; Osuna García, 2006; Salinas & Sandoval, 2000) y por nuestro equipo de trabajo en instancias previas (Bravo y Pesa, 2005; Bravo, Pesa y Pozo, 2010; Bravo y Rocha, 2008) comprobamos que los alumnos de educación secundaria tienden a asumir que:

- la lente, por su constitución y características, crea una imagen o invierte la imagen emitida por el objeto y que si se cambia el lugar de la pantalla donde se proyecta la imagen ésta seguirá formándose sobre ella, pero con distinto tamaño y/o nitidez. Subyacería a estas

ue lente (que cambia su tamaño u orientación) y proyectado por la pantalla (que permite que se vea y eventualmente se forme). Cuando asumen que la luz emitida por el objeto cumple un rol primordial en el proceso de formación de la imagen, acuden a ideas intuitivas para explicar la interacción luz lente (explicando por ejemplo que la lente transforma la luz); - la imagen real solo puede verse si se proyecta sobre una pantalla y la función del observador se reduce a ser la de mirar hacia ella. Subyacería a esta idea un modelo intuitivo acerca de cómo vemos que conlleva a asumir que para ver basta con tener ojos y

mirar (Bravo, 2008); - el espejo, por sus características, crea la imagen de los objetos que se sitúen frente a él. Consideran a su vez que la imagen virtual se forma independientemente de la presencia de un observador y que éste solo debe mirar hacia el espejo para ver las imágenes que se forman allí.

Como se puede evidenciar, existen concepciones muy arraigadas en relación con la luz que provienen del uso de los términos y aparatos en la vida cotidiana. El fenómeno óptico tiene diferentes aristas y lo componen varios elementos que deben problematizarse desde la experiencia sensible. Estas concepciones se han venido decantando a través de múltiples investigaciones que buscan determinar algunas rutas para la enseñanza de la óptica. Los estudiantes en formación inicial de Ciencias naturales no están exentos de presentar estas concepciones, por tanto, la búsqueda en su formación, es brindar herramientas para ampliar su comprensión del mundo físico y la reflexión sobre la enseñanza de las ciencias naturales pues no se puede mejorar la enseñar algo que previamente no se ha reflexionado. Con respecto al tópico de la óptica, debido a su cercanía y aplicación en la vida cotidiana, es imperativo explorar los fenómenos ópticos y su relación con la comprensión del mundo. Los trabajos encontrados en relación con los problemas de la óptica, recogen el modelo de rayo que usualmente se presenta en los libros de texto y poco preguntan por la experimentación asociada a los fenómenos ópticos. Por tal razón, para este trabajo es problemática la enseñanza de la óptica, particularmente en la búsqueda de la construcción de fenomenologías que permitan la creación de un modelo que explique y de cuenta de lo que ocurre en el mundo.

El papel de la experimentación en la enseñanza de las ciencias naturales.

La experimentación en la enseñanza de las ciencias juega un papel secundario en la construcción de conocimiento científico, si bien, se utiliza para caracterizar la actividad del científico, poco se reflexiona sobre el conocimiento práctico que encierra y sus relaciones con la teoría. El papel subsidiario del experimento que se ve en posturas positivistas de la ciencia, como comprobador de la teoría, se replica en la enseñanza de las ciencias naturales, de tal manera que las prácticas que se desarrollan buscan replicar los experimentos crucis que comprueban grandes teorías y hacer tratamiento de datos para corroborar las mismas.

La experimentación exploratoria y de corte cualitativo que contribuye a la consolidación de una base fenomenológica en las ciencias naturales, pocas veces aparece en el aula de clase. Esto trae consigo dos problemas: a) por un lado la imagen de la ciencia que se replica, asociada a la actividad del científico y la forma en que se hace ciencia, sigue teniendo como elemento relegado la experimentación. b) se sigue replicar en la naturaleza, sin permitir la reflexión sobre la creación y estabilización de fenómenos que problematizaría la actividad científica y sus relaciones con la sociedad y la epistemología.

Particularmente, en la formación de profesores de ciencias naturales, la experimentación presenta los problemas anteriormente mencionados, el acercamiento que tienen los futuros profesores a la experimentación la hacen a través de prácticas que replican los resultados de las teorías y las formas canónicas en que se organiza la información proveniente de la práctica, sin embargo, la tensión aparece a la hora de ir a la escuela, pues las teorías y leyes, como productos de la ciencia, solo se pueden corroborar o mostrar a través de la experimentación, otorgándole un papel a la misma de recreación y mostración.

El papel de la actividad experimental en la construcción del discurso científico y en la enseñanza de las ciencias naturales.

Retomando lo anteriormente planteado, la experimentación tiene un papel subsidiario en la presentación de los resultados de la actividad experimental, sin embargo, cabe preguntarse, ¿cuál es el papel de la actividad experimental en la construcción del discurso científico y en la enseñanza de las ciencias naturales? Al realizar un acercamiento a la historia de las ciencias, una de las discusiones centrales es la oposición entre empiristas y teóricos y en esta dicotomía, la experimentación tiene un papel central. ¿Por qué? Pues porque dependiendo del papel que se le otorga a la misma en el discurso científico, se establece el grado de credibilidad de la teoría planteada. Así, desde el trabajo de Bacon, la experimentación se utiliza como recurso retórico para convencer que el mundo funciona tal como lo menciona el científico. Por ejemplo, al revisar el trabajo de Galileo Galilei, la experimentación y la matematización marcan un derrotero sobre el cual se construye la ciencia. La experimentación demarca lo que se llama ciencia y lo que no lo es, a su vez, la descripción de la experiencia del experimentador debe poderse replicar en cualquier lugar para afianzar el elemento universal de la ciencia y, por último, cualquier persona debe presenciar el fenómeno y tener la experiencia independiente del sujeto, esto ratifica la objetividad de la ciencia, independiente de quien vive el fenómeno. Los anteriores elementos expuestos muestran como a través de la experimentación, la construcción discursiva que tiene lugar sobre el funcionamiento del mundo, moviliza y crea una ideología que se encripta en las formas y los roles que se le asignan a la experimentación. ¿Qué utiliza el científico para convencer al lector de que el mundo se explica y funciona tal como él lo narra? ¿Cómo ratifica la idea de verdad de la ciencia? Lo hace a través de la experimentación.

Teniendo en cuenta lo anterior, el problema de investigación se recoge en la siguiente pregunta:

¿Qué papel juega la experimentación en los discursos sobre la refrangibilidad de la luz en formación de profesores de ciencias naturales?

Al delimitar el problema de investigación surgen los siguientes interrogantes que son constitutivos del problema de investigación y se abordarán en los posteriores apartados.

Como educador en ciencias naturales:

¿Por qué problematizar la refracción de la luz?

¿Qué relación hay entre la luz, el color y el ver?

¿Por qué acercarse a los textos originales y en general a la historia de las ciencias naturales?

¿Qué papel se otorga a la experimentación, particularmente en la refracción de la luz?

El objetivo principal de la investigación es

Reconocer el papel de la experimentación en los discursos sobre la refrangibilidad de la luz y sus aportes a la formación de profesores de ciencias naturales desde una perspectiva sociocultural.

De este objetivo se desprenden objetivos específicos que se corresponden con acciones concretas al interior de la investigación:

O1. Analizar el papel asignado a la experimentación en el discurso de Newton planteado en el Libro I de la Óptica o tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz.

O2. Analizar el papel de la experimentación en la construcción del discurso sobre la refracción de la luz por parte de los estudiantes de un curso de formación en ciencias naturales.

O3. Proponer elementos de reflexión sobre la relación entre discurso y actividad científica, el papel de la experimentación y el uso de originales en la formación de profesores de ciencias naturales.

MARCO TEÓRICO

La historia de las ciencias en la formación de profesores. De lo anecdótico a lo metacognitivo

La historia y la filosofía de las ciencias son dos campos de conocimiento que en las últimas décadas han tenido importantes transformaciones. Es así como una visión anacrónica de la historia de la ciencia, con tendencia a narrar sucesos cronológicos en ausencia de contextos socioculturales se ha ido movilizandohacia una historia diacrónica de las ciencias donde los sujetos que desarrollan la actividad científica se ubican en contextos culturales específicos que afectan su producción científica.

Uno de los trabajos que más ha impactado el campo de la historia y la filosofía de las ciencias es la obra de Kuhn titulada *“La estructura de las revoluciones científicas* progreso de la ciencia o no. Particularmente, en la introducción titulada: Un papel para la historia, inicia su reflexión así:

“Si se considera a la historia como algo más que un depósito de anécdotas o cronología puede producir una transformación decisiva de la imagen que tenemos actualmente de la ciencia (Kunh, 1962, p.101).

Como se puede ver en esta cita, la historia de las ciencias juega un papel fundamental en la imagen de ciencia que se tiene pues es desde allí donde se organizan y muestran los diferentes sucesos que en este campo de conocimiento han ocurrido. Comprender la historia no implica llenarse de una historia anecdótica y llena de fechas y hechos que un solo hombre, del cual se genera la imagen de semidiós o iluminado, ha elaborado, llevando consigo la pesada carga de la construcción de conocimiento científico. En oposición a lo anterior, comprender la historia de las

ciencias implica reconocer la importancia de los contextos socioculturales que tienen lugar en la actividad científica, y por tanto reconocer que la construcción de conocimiento científico no se da en una línea recta, progresiva, sino que tiene sus devenires, puntos de regreso y de divergencia, que dependen de las épocas históricas, de los sujetos y los problemas socioculturales que aparecen en esos contextos específicos. Por tanto, la producción de conocimiento científico no se hace desde un solo hombre, sino desde comunidades que reconocen el trabajo de ciertos investigadores de acuerdo a intereses y formas de comprender el mundo. El acercamiento a la historia, filosofía y sociología de la ciencia en este trabajo, pretende problematizar la imagen de la ciencia que tiene el estudiante en formación inicial y sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias naturales. Ahora hace falta preguntarse *¿Qué significa transformar la imagen de ciencia? ¿Por qué ha de transformarse esta imagen?*

Hacking (1999) al comparar las posturas de Carnap y Popper sobre la ciencia, establece una base común para la imagen de la ciencia que estos dos autores defienden en sus trabajos; esta base es:

- La ciencia natural es nuestro mejor ejemplo de un pensamiento racional.
- Hay una distinción entre observación y teoría.
- El conocimiento es acumulativo.
- La ciencia evoluciona y tiende hacia una teoría verdadera del universo.
- La ciencia tiene una estructura deductiva muy bien definida.
- La terminología científica es y debe ser bastante precisa.
- Todas las ciencias utilizan el mismo método.
- Hay diferencias entre el contexto de justificación y el contexto de descubrimiento
- La historia de la ciencia sirve para ubicar fechas de descubrimientos y recrear anécdotas.
- La ciencia es a histórica, no depende del momento histórico, social o político en el que se produce.

Como se puede evidenciar en estas diez cuestiones que plantea Hacking, la imagen de la ciencia que se presenta en estas máximas moviliza una ideología y una forma de comprender y relacionarse con la ciencia desde una postura positivista. Particularmente, la experimentación se entreteje en esa construcción y significación de la ciencia desde algunas de sus máximas como ***la distinción entre la observación y la teoría o todas las ciencias utilizan el mismo método***, como también ***la estructura de la ciencia tiene una estructura deductiva muy bien definida***, en las cuales se evidencia una manera muy pobre de pensar la experimentación y su rol en la construcción de conocimiento científico, así como desconoce la forma en que en múltiples casos de la historia de las ciencias, el método de la ciencia, es diferente, es decir, hay una emergencia de métodos que surgen como resultado de formas de explorar un fenómeno y la deducción no siempre es el camino. Por tanto, comprender de manera más amplia el rol de la experimentación y potencialidades al margen de los postulados positivistas permitirá reconstruir una imagen de ciencia que se aleje de estos diez postulados y donde ella no sea subsidiaria de la teoría.

Todo esto pensado en la formación del profesorado toma gran relevancia pues brinda un espacio a la reflexión en torno a los saberes propios de la disciplina científica y reconoce las comunidades, los contextos y los problemas de tipo sociocultural en el cual emergen las teorías de la física. Así, el futuro maestro tiene una visión compleja del proceso de construcción de conocimiento y reconoce que en la ciencia es relevante tanto el producto como el proceso mismo que se llevó a cabo para producir ese conocimiento.

Además, ese acercamiento a la disciplina permite que el profesor se ubique como un sujeto cultural con la posibilidad de pensar el contenido científico a enseñar en el aula.

Al respecto Ayala (2006, p.20) menciona

ria como una forma de incidir sobre la imagen que de la ciencia tienen los maestros, dado el importante papel que ésta juega en la orientación de su labor pedagógica. Se enfatiza, cada vez más, en enfoques que ponen presente el carácter constructivo del conocimiento científico y su historicidad, presentando la actividad científica ligada a los contextos en los que se realiza y respondiendo a las exigencias e intereses generados en esos contextos específicos (contextos intelectuales, sociales, políticos, etc.).

En conclusión, la historia de las ciencias juega un papel fundamental en la conciencia sobre la imagen de la ciencia que se posee. La forma en que el profesor concibe la ciencia determina la enseñanza de las ciencias en la escuela y por tanto se hace necesario discutir y hacer consciente esa construcción que al hacerse desde una perspectiva diacrónica de la historia de la ciencia resaltarán los contextos socioculturales donde se produce la ciencia y los problemas propios de cada época, además de reconocer el papel de las comunidades científicas en la aceptación de las teorías. Esto se hace relevante en la formación de profesores pues ubica la actividad científica como una actividad humana que se puede llevar a cabo, sin las mismas pretensiones que en esas épocas, en el aula y genera un acercamiento a la misma menos sumiso, más constructivo y crítico.

Qué fue primero, ¿La teoría o la experimentación? el papel de la experimentación en la formación docente

Preguntarse por la relación de la teoría y la práctica en la construcción de conocimiento científico implica pensar la naturaleza misma de la ciencia. En el centro de este problema se ubica el método o los métodos de la ciencia que determinan un criterio de delimitación y demarcación frente a otros campos de saber. Por tanto, cabe preguntarse ¿Cuál es el papel de la experimentación en la construcción de conocimiento científico?

Desde la promulgación del Círculo de Viena en 1929, esta discusión ha tomado matices importantes, pues se propone que la ciencia se diferencia de otros tipos de saber en su método experimental y en el uso de un lenguaje lógico formal que dota los enunciados científicos de un valor de verdad demostrable. Así, Popper (1959), atenderá al problema de la demarcación de la ciencia y de la construcción de conocimiento científico a través de la idea de falsacionismo, dándole al experimento el papel subsidiario de falsar las teorías que emergen en el campo científico. Al respecto dirá

"La idea de que las observaciones, y más aún los enunciados observacionales, y los enunciados de resultados experimentales, son siempre interpretaciones de los hechos observados; que son interpretaciones a la luz de teorías" Popper (1959, citado por Hacking, 1996).

Como se puede evidenciar, se sugiere que el experimento solo es posible a la luz de las teorías, es decir, en dependencia directa con la teoría ya sea para verificarla, demostrarla o falsarla. En esta misma línea, Rom

xperimentos

en la ciencia han desarrollado estos. Para esto discute diferentes puntos de vista acerca del papel del experimento en la ciencia, proponiendo que no necesariamente son antagónicos, sino que hacen parte del sistemático interrogatorio a la naturaleza (Harré, 1986).

El primer punto de vista que se discute está asociado a la corriente empirista fuertemente promulgada en el siglo XVII, la cual concibe la experiencia sensible como la principal y única fuente fiable para la producción de conocimiento científico. Así, el experimento no es más que la recolección de datos que provee la naturaleza y permite conocer el mundo. La segunda concepción ligada al falsacionismo popperiano, le otorga al experimento el papel de falsar las

teorías, así, el experimento en esta concepción es demostrativo pues también cumple con la función de validar leyes y teorías. En la tercera concepción llamada convencionalismo, el experimento no es un instrumento para demostrar la verdad o falsedad de una teoría, sino que permite explicar de una manera más eficiente y económica la realidad del mundo, así el experimento ilustra o muestra una forma más simple y esclarecedora de los fenómenos que acaecen. Es interesante notar el papel que se da al experimento en estas tres clasificaciones del experimento, pues es la experimentación la que está sometida a la teoría, ella en sí misma no produce conocimiento científico, sino que requiere de la teoría. Esta idea es muy usual y persiste en los imaginarios de algunos científicos y filósofos de la ciencia que hasta clasifican la ciencia teórica de la ciencia experimental, otorgándole mayor peso a la primera.

Lejos de esta postura, esta pensar la experimentación y el experimento independiente de la teoría, capaz de producir conocimiento científico. Sin embargo, trabajos en el campo de la filosofía experimental han mostrado a través de estudios de caso, (Hacking 1983) (Franklin 2002 y 1990) (Galison 1987) (Pickering 1992, 1995) (Gooding 1990) (Gooding, Pinch y Schaffer 1989), como la experimentación tiene una riqueza conceptual amplia que la hace susceptible de analizarla por fuera de la dependencia con la teoría, avanzando hacia una nueva imagen de ciencia. Al respecto es importante resaltar la postura de Ordoñez y Ferreiros (2002) quienes consideran que la miseria del teoreticismo está en reducir la riqueza y la complejidad del proceder científico a un asunto de mera elaboración conceptual, dejando de lado la riqueza del conocimiento que se esconde detrás de las prácticas experimentales.

Por tanto, reconocer la importancia y la validez de las prácticas experimentales en la constitución de la ciencia, su función independiente de la teoría o en equilibrio con ella, es el fundamento de este campo de investigación de la filosofía que se retoma en este trabajo. Desde

los trabajos desarrollados por Ian Hacking, reconocido filósofo experimental, y particularmente en su libro *Representar e Intervenir*, se discute esta visión subsidiaria del experimento con respecto a la teoría y después de mostrar algunos ejemplos donde existe una relación horizontal entre la teoría y la experimentación, en otros casos donde la teoría va por un lado y la experimentación por otro, y otros casos donde la observación da inicio a una serie de desarrollos teóricos, se plantea que el experimento no es subsidiario a la teoría sino que tiene **vida propia**.

Esta tesis sobre la experimentación se retoma en este trabajo pues la construcción de fenomenologías requiere reconocer las virtudes y limitaciones del trabajo experimental. Así, el futuro profesor debe reconocer la relación dialógica que existe entre la teoría y la experimentación en la construcción de conocimiento científico. Esto permite repensar las prácticas educativas en el aula y hacer énfasis en la construcción de sentidos y en la re contextualización de saberes.

Finalmente debemos considerar que fomentar la experimentación en el aula no significa reproducir los experimentos para demostrar la validez de las teorías, su intención va más allá. Se trata de proveer formas de explicación que involucren a la persona directamente con la actividad experimental, para ello se hace relevante que el futuro profesor este en la capacidad de seleccionar practicas experimentales asociadas a problemáticas que impliquen necesariamente la construcción de significados y la elaboración de explicaciones. Repensar la actividad experimental como un elemento fundamental para comprender la actividad científica y la construcción de conocimiento permite construir significados sobre y con la ciencia, además de democratizarla. Este último elemento es problemático en el aula de clase, pues si solo replicamos experimentos que poco o nada le significan al sujeto, basar la enseñanza en el consumo de productos de la ciencia y replicar la imagen de la misma como susceptible de ser pensada por

pocos, nos aleja de la posibilidad de formar ciudadanos con pensamiento crítico que comprendan las dinámicas propias de la relación ciencia, tecnología y ciudadanía.

La construcción social de los hechos científicos y la experimentación.

Dentro de las diferentes posturas sobre la experimentación que anteriormente se mencionan, es importante detenernos y revisar cuál es su sustento epistemológico, es decir, ¿de qué se encarga la ciencia? Una respuesta desprevenida pero bastante arraigada en el imaginario colectivo es que la ciencia se encarga de los fenómenos naturales y la naturaleza como un ente cognoscible que esta por fuera del sujeto.

Hasta hace poco más de 50 años, fenómenos como el rayo láser, los vidrios polarizados o la cocina molecular eran impensables. La exploración de nuevos campos de conocimiento a la luz de perspectivas que movían los cimientos de la ciencia clásica dio paso a un grupo de entidades con propiedades y acciones que se ajustaban y resolvían ciertos problemas que se habían dejado de lado desde la visión clásica de la física. Sin embargo, tal como lo afirma Kuhn, cada cambio de paradigma requiere de tiempo y nuevas generaciones que se formen en el nuevo paradigma y armen el rompecabezas nuevo. Esto indudablemente pone en primer plano la discusión sobre la realidad de los hechos científicos. Esto es ¿Qué es lo que establecemos como un hecho científico?

Para Fleck (1935) la ciencia no es un constructo formal, sino, esencialmente, una actividad llevada a cabo por comunidades de investigadores. Esto muestra el carácter social de la ciencia y problematiza el principal elemento sobre el cual se versa en ciencias: los hechos científicos. Si se piensa que estos son producto del destino o la realidad y por tanto independiente del sujeto y su actividad cognoscente, entonces el conocer no es más que un acercamiento a lo dado. Sin

embargo, la posición contraria muestra una riqueza y complejidad que involucran al sujeto y su conocimiento. Pensar el hecho científico es alejarse de visiones anacrónicas de la ciencia, pero nos deja algunos problemas por resolver ¿Cómo se establece un hecho científico? ¿Cómo es

Uno de los elementos más importantes de la propuesta de Fleck en relación con los hechos científicos es que son hechos sociales que se constituyen, negocian y estabilizan en el seno de una **comunidad de pensamiento que comparten un estilo de pensamiento.**

Esta comunidad particularmente, estará compuesta por sujetos que comparten prácticas y lenguajes que significan y establecen el estilo de pensamiento, diferenciándolos de otras comunidades de pensamiento o generando intersecciones. Así, la experimentación en la comunidad científica es una práctica que puede tener diferentes roles de acuerdo al estilo de pensamiento que tenga esa comunidad de pensamiento. Por ejemplo, al retomar el trabajo de Boyle y todos aquellos que bajo el rotulo de empiristas compartían la misma forma de pensar los fenómenos y su intervención en el mundo a través de la experimentación, entonces vemos como la práctica tiene un sentido asociado a la constitución de verdad y al conocimiento del mundo. Por otro lado, los racionalistas verán la experimentación como algo que no es tan necesario pues la comprensión del mundo solo es posible a través del razonamiento y del mundo de las ideas.

¿A que le llamamos fenómeno?

En su texto Representar e Intervenir, Ian Hacking hace un recuento histórico de la concepción del fenómeno desde los antiguos griegos hasta los científicos del siglo XX. Sin embargo, él

Para entender esta definición se deben hacer una serie de precisiones. Primero, el concepto de ser perceptible para el común de los observadores. Por ejemplo, el movimiento cíclico de algunos cuerpos celestes es evidente y susceptible de ser percibido por todos los seres humanos. Por otra parte, es un hecho regular. Así pues, puede considerarse como una ley fenomenológica, tal como las planteadas por Boyle o Snell. Hacking plantea que los fenómenos en la naturaleza son escasos y casi todos están relacionados con los fenómenos astronómicos. Esto es perfectamente posible si se pretende simplemente descubrir los fenómenos sin intervención alguna. Sin embargo, la posibilidad de intervenir generando fenómenos a través de la experimentación, del manejo de variables, de la creación de condiciones específicas, es ilimitada. De esta manera, a través de la experimentación es posible crear nuevos fenómenos. En este trabajo se retoma la definición de fenómeno y se complementa a través de la relación con los hechos científicos, así los fenómenos son susceptibles de ser percibidos por cualquier persona pero cobran significación y se delimitan diferenciándose de otros a través del establecimiento del fenómeno como un hecho científico, esto necesariamente requiere la construcción, negociación y validación de la red de significados y significantes que podría tener el hecho en el marco de una comunidad de pensamiento que se caracteriza por un estilo de pensamiento.

El debate entre realistas y anti realistas en torno a los fenómenos.

Como parte del contexto de la teoría del conocimiento, ha existido una marcada oposición entre las corrientes realistas y anti realistas. Esta oposición no ha sido ajena al ámbito experimental, especialmente en su relación con los fenómenos.

Para hacer una clasificación más precisa, se retomará a Hacking quien hace una clara distinción entre estas dos miradas filosóficas de la siguiente manera:

“El realismo científico dice que las entidades, los estados y los procesos descritos por teorías correctas realmente existen. [...] Aun cuando nuestras ciencias no puedan considerarse totalmente correctas, el realista sostiene que nos aproximamos a la verdad. Nuestro objetivo es el descubrimiento de la constitución interna de las cosas y el conocimiento de lo que habita los más distantes confines del universo. El anti realismo nos dice lo opuesto: [...] Las teorías son adecuadas o útiles o admisibles o aplicables, pero no importa qué tanto admiremos los triunfos especulativos y tecnológicos de las ciencias naturales, no deberíamos considerar verdaderas ni siquiera sus teorías más reveladoras”.

La oposición más clara entre realistas y anti realistas tiene que ver con la importancia que cada propuesta le da a la verdad. Esta verdad no puede desligarse de los fenómenos. Para hacer más concreta esta oposición, podemos contextualizarla abordando un asunto de importancia científica real e incuestionable: el problema de los planetas. Los filósofos aristotélicos trataron de explicarse las inconsistencias en el comportamiento de algunos cuerpos celestes con respecto a la aparente rigidez posicional de las estrellas y a la cíclica predictibilidad de la luna y el sol. A estos astros de movimiento anormal, se los llamó, en consecuencia, planetas o errantes. De acuerdo con la definición de Hacking, podemos determinar que el movimiento irregular que los antiguos astrónomos aristotélicos veían en los planetas, es un fenómeno.

Si se analiza este fenómeno desde el punto de vista anti realista o empirista, debe tenerse en cuenta que lo que se percibe no es más que una serie de comportamientos aparentes de los astros y para explicarlos, es necesario dar cuenta de la irregularidad de estos movimientos aparentes.

No es posible acceder a la verdad de lo que sucede con los planetas. Sólo es posible establecer hipótesis y artilugios para tratar de aproximarse a las explicaciones de estas irregularidades. Desde esta perspectiva, Eudoxo (408- 355 a de C) plantea una explicación según la cual cada planeta está situado en la esfera interior de un grupo de dos o más de ellas, interconectadas y concéntricas que rotan simultáneamente en torno a diferentes ejes. Esta explicación da cuenta de lo observable. Es decir, de la apariencia. Era de esta apariencia de lo que se daba cuenta y, al hacerlo, se salvaba lo aparente; en este caso, los movimientos irregulares de los errantes. Por el contrario, si se aborda este fenómeno desde la perspectiva realista, se buscará dar cuenta del mismo a partir de elementos hallados en el mundo. En consecuencia, no se limitará a analizar las apariencias, sino que irá más allá de lo observable para darle explicación a este fenómeno. Kant (1724-1804) propone que la ciencia natural contiene juicios sintéticos a priori como principios. Estos juicios o explicaciones de la verdad no son empíricos pues no están basados en la experiencia. Por lo tanto, una explicación realista del fenómeno de los planetas iría más allá de lo aparente; de lo perceptible.

La relación entre fenómeno y experimento.

La noción de fenómeno en las ciencias naturales es compleja debido a la multiplicidad de definiciones y aserciones que presenta a lo largo de la historia. Sin embargo, es Ian Hacking uno de los filósofos de la ciencia que plantea la relación entre el fenómeno y el experimento.

Así, retomando a Hacking “[...] *El experimento es la creación de fenómenos. Los fenómenos tienen que tener regularidades discernibles, por lo que el experimento que no es repetible simplemente ha fallado en crear un fenómeno [...].*”

Si los fenómenos se pueden entender como aquellas regularidades que se dan, en algunos casos naturalmente, y en otros, a través de la experimentación, entonces ésta toma un valor especial y deja de tener el carácter subsidiario de la teoría. Por esta razón este capítulo es fundamental en la tesis central del autor pues la experimentación tiene vida propia, al ser la promotora de una riqueza de fenómenos que permite no sólo el desarrollo de la teoría al convertirse en un insumo de la misma, sino que logra convertirse en un campo de estudio.

La producción de fenómenos se realiza a través de la experimentación pues es en esta actividad donde el científico logra controlar y aislar algunas variables que le permitirán dar paso a nuevos fenómenos. Sin embargo, en este punto es pertinente aclarar que no toda la experimentación implica la manipulación, puesto que la observación analítica y los experimentos mentales también tienen cabida dentro de este aspecto. Si bien existen algunos fenómenos que están en la naturaleza, es necesario realizar experimentos que permitan producir fenómenos nuevos. Pero es claro que para producirlos debe asumirse una verdad a priori que permita adoptar una posición realista, en la que exista una intencionalidad explícita a través de la experimentación y de las acciones que el experimentador lleve a cabo en la búsqueda por producir un nuevo fenómeno. Por ejemplo, en el caso del efecto Hall, éste no comprobó las hipótesis de Maxwell, sino que agregó un nuevo fenómeno al campo del electromagnetismo que requirió un desarrollo diferente en los aspectos experimentales y teóricos. En consecuencia, es posible afirmar que la repetición de un experimento, tal como lo ejemplifica este caso de la historia, no radica en la necesidad de comprobar lo que otro experimentador ha hecho o de obtener resultados idénticos. Por el contrario, sólo tiene sentido cuando existe la intencionalidad de producir un nuevo fenómeno, desde otra mirada, que sólo es posible en la medida en la que el

experimentador tenga una actitud inquieta y una habilidad creativa, características propias de un científico.

Reflexiones sobre la creación de fenómenos y sus implicaciones en torno a la práctica educativa.

Las reflexiones actuales en el campo de la Didáctica de las Ciencias Naturales incluyen un análisis a consciencia desde el campo de la filosofía de las ciencias pues en múltiples investigaciones se ha mostrado la incidencia en el aula de las concepciones epistemológicas de los maestros de ciencias en sus prácticas educativas. Al respecto (Mellado & Carracedo, 1993, p. 332) afirman:

para el análisis y fundamentación de las disciplinas científicas. Además, la filosofía de la ciencia puede ayudar a los profesores a explicitar sus puntos de vista sobre la construcción

Sobre esta última aseveración es necesario profundizar pues cada acto educativo está cargado de unas concepciones sobre lo que es enseñar y aprender, así como la imagen de ciencia que tiene el maestro. Es posible asumir las ciencias como un producto terminado que solamente debe misión de teorías, o bien, puede asumirse la ciencia como una manifestación humana en permanente construcción, a través de la actividad científica. Sea cual sea la imagen de ciencia que se tenga, debe haber una concepción acerca de la experimentación que se puede ubicar en una posición anti realista, realista o intermedia. Así, si el maestro tiene una posición anti realista frente a la ciencia, hará énfasis en la observación y en

la rigurosidad de la aplicación del método científico que permita percibir los fenómenos, en la recolección de los datos y en la validez de las observaciones de acuerdo a estos. Es decir, el experimentador buscará descubrir los fenómenos. Así, el conocimiento científico podría verse como una verdad absoluta que debe ser transmitida sin modificación alguna. Por tanto, nos encontramos ante una enseñanza tradicionalista, en la cual el estudiante es un receptor pasivo y el maestro es el guardián de la verdad contenida por el libro de texto.

Si, por el contrario, la posición filosófica y epistemológica del maestro frente al conocimiento es realista, entonces se privilegiarán los procesos de razonamiento lógico y de formalización matemática, lo cual permitirá en el estudiante el desarrollo de un pensamiento formal y abstracto para comprender entidades complejas y crear teorías a priori con un valor de verdad para interpretar los fenómenos del mundo. Por tanto, se privilegiará el uso de la lógica para comprender problemas de índole científico (físico, químico, biológico).

Sin embargo, tanto la posición realista como la anti realista o empirista en la educación en ciencias naturales tienen sus detractores. Algunas investigaciones en el campo de la Didáctica de las ciencias han mostrado la necesidad de retomar aportes tanto de una posición como de la otra en busca de una posición constructivista del aprendizaje y la enseñanza de las ciencias apoyada en supuestos epistemológicos y filosóficos. Al respecto (Mellado & Carracedo, 1993) retomando

en educación, la coexistencia de escuelas divergentes de pensamiento lejos de ser una debilidad de desarrollo, puede ser más bien un estado natural y una muestra de madurez [...]”. Así pues, es posible pensar en una educación científica que realice un énfasis en los procesos culturales y sociales que han dado paso a la creación de nuevas teorías y experimentos en la búsqueda por conocer y representarse el mundo y producir nuevas regularidades en él. Entonces, la experimentación y la producción de fenómenos se convierten en

actos en donde el estudiante es un sujeto activo que construye su conocimiento y a través del acuerdo con una comunidad escolar logra estabilizar y regularizar fenómenos que le den sentido al contexto educativo.

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario reflexionar sobre el papel de la experimentación en el aula de clase, pues es muy común que la teoría y la experimentación tengan rumbos diferentes y sólo se muestre una cara de esta última: la de corroborar o demostrar lo que la teoría dice. Tal como lo afirma Hacking, existe otra valiosa función en el desarrollo del pensamiento y de las ciencias de la experimentación: la creación de fenómenos que, si es llevada al aula, podría poco a poco modificar la actual y común visión de ciencia que se tiene en el ámbito escolar en la que el experimento es una simple herramienta de comprobación, subsidiaria de la teoría.

En conclusión, es tarea del docente de ciencias naturales, el propiciar espacios educativos en los que la experimentación tenga como propósito la creación de fenómenos que permitan un acercamiento entre los individuos y el universo circundante.

Reconocimiento a la Experimentación Exploratoria.

Es usual encontrar en los hechos recogidos por historiadores de la ciencia, la presencia de experimentos denominados cruciales, los cuales representan el trabajo de algún investigador y que, misma corriente priorizaba la descripción de los procesos de elaboración de teorías científicas a partir de mediciones y datos cuantitativos precisos. Esta forma de describir la ciencia y mostrar un método científico estático y conductual suprimió la experimentación cualitativa (Ordóñez y Ferreiros 2002). Sin embargo, nuevas corrientes en la filosofía de la ciencia destacan ahora el papel de la experimentación exploratoria y su incidencia en la construcción de conocimiento, tomando

distancia de la vieja tradición de enfatizar en la teoría:

Los experimentos juegan un papel crucial y se evidencia a través de los muchos casos de la historia de las ciencias: Boyle, Newton, Faraday, entre otros. Muchos de estos investigadores trabajaron de manera intuitiva, moldeando y modelando sus concepciones según algunos rasgos fenomenológicos (o fenomenotécnicos) que surgían directamente de los experimentos que realizaron y como resultado del experimento: el modelo fenoménico es refinado, acomodado y especificado con mayor precisión (Ordóñez y Ferreiros 2002). La experimentación cualitativa exploratoria suele estar presente en las primeras fases del desarrollo de una ciencia, pero no por ello es menos valiosa que los experimentos cruciales (experimentación cuantitativa guiada) en la estructuración de la ciencia.

Al incluir la reflexión sobre la importancia y finalidad de la experimentación se llegan a discusiones sobre ¿Qué imagen de ciencia se promueve a partir de la experimentación? y ¿Qué intención orienta al autor cuando presenta experimentos? Por ejemplo, usualmente los aparatos utilizados no son considerados en sí mismos como objetos de estudio, se puede apreciar como para el caso de la óptica, el uso del prisma suele ser utilizado históricamente para reproducir experimentos y algunas veces es descrito, pero no es considerado como objeto de estudio en sí mismo. La luz como fuente es poco explorada en los textos y los instrumentos ópticos como el telescopio y el microscopio, así como la espectrometría suelen estar ausentes de los procesos de enseñanza.

En varios apartados anteriores se ha mencionado que en este trabajo se retoma la tesis de Ian Hacking sobre la experimentación y que se reconoce el carácter la riqueza conceptual que hay

detrás de la experimentación, pero ¿en que radica esta riqueza y porque se afirma que la experimentación tiene vida propia?

Para contestar esta pregunta se retoma el trabajo de Pickering (1995) que menciona

En la producción de cualquier resultado experimental entran en juego tres elementos fundamentales: a) un procedimiento material en donde se sitúan de los aparatos e instrumentos necesarios, se verifica que funcionen y se controla su funcionamiento. b) un modelo instrumental, que se produce en el diseño, realización e interpretación del experimento, en este elemento es fundamental la comprensión conceptual del funcionamiento de aparatos e instrumentos que está íntimamente ligado a la comprensión conceptual del fenómeno en estudio y la búsqueda a la que se ha lanzado el experimentador. Por tanto, él propone un modelo conceptual que le permite identificar, aplicar y usar los aparatos y c) un modelo fenoménico que está en la comprensión conceptual de los aspectos del mundo que es estudiado por parte del experimentador.

Sin él, los resultados carecerían de sentido y significación y no podrían ser interpretados. Esta escisión de la actividad experimental no pretende diferenciar el todo de sus partes, sino mostrar la riqueza que en ella se encuentra al integrar elementos de la acción y el pensamiento que entretejen y modifican la forma en que se construye y reconstruye el conocimiento científico. Así mismo, muestra el carácter dinámico de este último, alejándose de visiones reduccionistas y acabadas del conocimiento. García (2011) retomando el trabajo de Pickering propone que estos elementos se evidencian en:

La producción de efectos:

Al desarrollar una experiencia, la búsqueda del experimentador es la producción de un efecto, esto es, la posibilidad de evidenciar cambios con respecto al estado inicial en la situación experimental. Esta búsqueda tiene dos sentidos, por un lado, puede entenderse como la

intervención del sujeto que construye conocimiento en el mundo y la posibilidad de pensar sobre lo ocurrido, lo cual movilizaría una serie de explicaciones o indagaciones.

García (2011) menciona:

La gran mayoría de efectos producidos en la actividad científica caen en el olvido o no son dignos de atención. Para la filosofía de las prácticas experimentales el giro implica volver la atención sobre la producción de efectos como una forma genuina de producir conocimiento válido y legítimo. Un efecto científico resulta de una relación dinámica entre pensamiento y acción que implica comportamientos de la naturaleza de acuerdo con las necesidades y problemáticas de quien la interviene. [

Este apartado es particularmente interesante para este trabajo pues el reconocimiento de la producción de efectos como un elemento que muestra el dinamismo entre acción y pensamiento, resalta el carácter independiente pero relacionado con la teoría, de la experimentación. La filosofía de las prácticas experimentales no busca resaltar solamente la experimentación por ella sola, sino sus potencialidades y la producción de efectos como una manera de intervenir el mundo no solo desde la acción sino también desde el pensamiento. La elección o atención a un efecto producido solo se da en la medida en que ese efecto llama la atención del experimentador, es decir, hace parte de la constitución de un fenómeno que requiere explicación, pero ese efecto se elige, se determina ponerle atención, pues en el universo de efectos que se puedan producir, no todos tienen la misma atención, dejando algunos en el olvido.

García (2011) retomando a (Latour 1995) menciona

Usualmente el efecto científico es una producción artificial que resulta de la manera como se controla el comportamiento de la naturaleza cuando es sometida a la experimentación. La experimentación supone observaciones y experiencias, la observación sería imposible sin la percepción de señales sensibles. La experimentación es una actividad que supone la intervención activa en los procesos naturales con el objeto de obtener respuestas a las preguntas formuladas hipotéticamente, de acuerdo con un plan establecido (Latour 1995).

Atendiendo a la experimentación desarrollada por Newton en la Óptica, se evidencia la producción de efectos a través del uso del prisma.

La creación y estabilización de fenómenos.

Tal vez la relación más estrecha entre pensamiento y acción se da en la creación de fenómenos. Supone inicialmente formas de ver y de intervenir, ver no solamente a través de los sentidos sino de acuerdo con referentes y pensamientos producto de la formación e instrucción recibida. La identificación de un fenómeno como nuevo requiere un proceso hasta llegar a la estabilización, esto es, al reconocimiento por una comunidad, para ello hay un tiempo y un proceso que implica juegos de poder y mecanismos de divulgación. Una vez el fenómeno se estabiliza surgen los modelos de explicación que responden a visiones teóricas o conjeturas de acuerdo con los criterios de organización del científico. Muchos de estos modelos de explicación suelen ser abandonados y otros son articulados en familias de modelos que conforman los llamados modelos teóricos. En este caso, podemos ver como el trabajo de Newton resalto la forma recogida en la pared blanca y no los colores generados a través del paso de la luz blanca por el prisma y su consecuente descomposición en colores. El énfasis en la forma recogida s de su reproducción y explicación por medio del modelo de rayo.

Datos y resultados experimentales.

Los datos están en correspondencia con los efectos producidos, pueden ser cualitativos o cuantitativos, y ellos son el resultado del control experimental, esto es control de técnicas y

formas de manipular aparatos. Los resultados experimentales suelen ser previstos y esperados, incluso aquellos que llamamos accidentales, pues la relación pensamiento y acción va en una dirección determinada y no es caótica.

La manipulación de entidades:

El diseño y funcionamiento de instrumentos y aparatos sugiere necesariamente la manipulación de entidades; magnificar un efecto, observar un nuevo comportamiento, hacer registros, tomar datos y controlar variables son aspectos de dicha manipulación (incluso el ensayo y error). La manipulación de entidades sugiere un lenguaje experimental que es diferente al lenguaje formal de las leyes y teorías. Este lenguaje es menos formal, aunque sirve de guía a la actividad experimental, implica una manera de argumentar y de referirse a los efectos producidos y a la estabilización del fenómeno. El tipo de discurso que hay en la experimentación no se corresponde con el que en la concepción heredada se le asigna a la inducción y la deducción, en la experimentación existe una forma de argumentar y de conocimiento diferente al fenómeno de la deducción (Galison 1987). Es necesario admitir que en la acción hay pensamiento; esto implica romper y superar el dualismo cartesiano que divide mente y cuerpo, naturaleza y cultura, acción y pensamiento. Hay un lenguaje diferente que se expresa en la actividad experimental y del cual surgen pensamientos e ideas que posteriormente se articulan conceptualmente. El conocimiento experimental está presente al diseñar y construir aparatos, también lo es manipular entidades y crear fenómenos.

Diseño y construcción de aparatos:

El papel que tradicionalmente se le ha dado a los instrumentos y aparatos utilizados en la investigación científica suele ser secundario, lo importante ha sido la utilización de estos en la búsqueda de leyes y el planteamiento de teorías. Al revisar los estudios de caso se encuentra que no siempre ha sido así, por ejemplo, en el desarrollo de la electricidad ha sido relevante el diseño y construcción de instrumentos y aparatos como el Versorium, la maquina eléctrica y la botella de Leyden con los que se acuñó un conocimiento práctico fundamental. El diseño y montaje de experimentos implican en sí mismos un conocimiento científico, el manejo de técnicas experimentales toman un nuevo estatus. Existe un saber práctico que lleva a la innovación, el ingenio y la creatividad, representar e intervenir. Reflexión sobre el sujeto y su pensamiento en el diseño de aparatos e instrumentos.

La construcción de modelos y explicaciones:

¿Qué papel juega entonces la teoría? Para no caer en tendencias relativistas extremas, es importante apuntar a una interacción entre ambas, teoría y experimentación, donde la una no sea subsidiaria de la otra, sino que se complementen mutuamente. Para ello es necesario replantear hace referencia a la actividad de los científicos no sea determinada solo por el producto (teorías) sino también el proceso de dicha actividad (práctica) (Estany 2007).

Lo importante de este enfoque es que se considera, además de la conducta y el proceder del científico los procesos cognitivos que intervienen en dicha conducta, esto es, necesidades, intereses y formas de ver el mundo, de describirlo, caracterizarlo y modelarlo, teniendo en cuenta los contextos sociales y culturales en los que se desarrolla. (García & Estany, 2010)

Por tanto, en este trabajo, la riqueza experimental que subyace al trabajo de Newton en el libro I del tratado de la óptica, así como el trabajo exploratorio que desarrollan los estudiantes se analizará a la luz de las categorías propuestas por Pickering y adaptadas por García (2011)

El discurso como práctica social: el lente del laboratorio y el aula de clase

Algunos trabajos en el campo de la Didáctica de las Ciencias Naturales han problematizado los aspectos asociados a la comunicación en el aula de clase. Así, se han retomado elementos de la sociolingüística para comprender estos aspectos en la enseñanza de las ciencias naturales. Al caracterizar la comunicación en el aula de clase de ciencias naturales como polifónica y multimodal, se avanza hacia el reconocimiento de aquellos elementos que intervienen en el acto comunicativo y su gestión eficiente en el aula de clase. Uno de los trabajos más destacados en este campo, es el desarrollado por el grupo LIEC de la Universidad de Barcelona, que propone el análisis de los libros de texto a la luz de los conceptos de narrativas experimentales y estructuras retóricas en los libros de texto. Se considera que los libros de texto utilizan estructuras retóricas para mostrar y convencer al lector de que el mundo funciona de una determinada manera (Izquierdo, 2005; Martins, 2000). Esto implica necesariamente estudiar aquellos elementos que aparecen en los libros de texto y constituyen la retórica de los mismos, sí como redimensionar el papel de los mismos en el aula de clase y establecer algunos criterios para su gestión, además discute las relaciones que se establecen entre el libro de texto y los sujetos del acto educativo, así

como la imagen de ciencia que se moviliza a través de ellos. Retomando el trabajo de Martins (2006)

e pueden identificarse diversas formaciones discursivas que materializan el discurso que sobre la ciencia se enseña en la escuela y que promueve unas determinadas interacciones entre los autores y sus lectores; son, por ello, híbridos semióticos.

De esta definición del libro didáctico es importante resaltar dos elementos: El libro como objeto cultural, esto es, el libro se vuelve un objeto que es producto de una cultura y que divulga una cultura, en este caso la cultura científica que, desde la propuesta de los autores, muestra lenguajes, prácticas y símbolos que constituyen el entramado de significados que los científicos comparten y que los estudiantes deben acceder y apropiar. El segundo elemento son las interacciones entre los autores y sus lectores, pues no se debe pensar que toda interacción es objetiva y simétrica, el libro de texto moviliza ideologías sobre la ciencia.

Izquierdo (2002) citando (Dolan, 2000; Gross, 1996). A que

ferentes mecanismos retóricos para convencer a sus audiencias, basados en gran parte en la experimentación y la corresponde a la intención educativa del libro: destacar el carácter justificativo de los experimentos, que pasan a ser los hechos reales del mundo que explican las ciencias.

Como se puede ver, la experimentación que se muestra en los libros de texto tiene la función de convencer al lector de que el mundo se comporta de determinada manera a causa de ciertas entidades. Los experimentos adquieren el estatus de mostrativos de la realidad y constitutivos de la misma, justificando la emergencia de entidades con propiedades que son la causa del comportamiento del mundo.

Este elemento es particularmente llamativo para esta investigación, pues se pretende mostrar que no solo los libros de texto utilizan el experimento para este fin, sino que los textos originales, atendiendo a la necesidad de convencer a sus lectores de que los fenómenos estudiados se explican a través de las entidades que sugiere el científico, se usa el experimento con el fin demostrativo.

De los trabajos de Izquierdo y Márquez (2002), Ogborn, Kress y Martins (1996) se retoma para el análisis de los textos originales los términos de estructuras retóricas y narrativas experimentales:

textos de ciencias gracias a las cuales se genera una determinada manera de presentar los fenómenos del mundo con la finalidad de que la explicación que se ofrece resulte apropiada y convincente para el alumnado. Estas características contribuyen a que se puedan elaborar, en clase, argumentaciones con significado en relación con los problemas que plantean los fenómenos, en la naturaleza o en el laboratorio. (Izquierdo 2002)

“... las explicaciones [...] son historias sobre el mundo en el que un grupo de entidades producen los fenómenos que deben explicarse” (Ogborn, Kress y Martins, 1996, p. 5).

Uno de los aportes del trabajo desarrollado por el grupo LIEC es la generación de indicadores y una pauta de análisis que en este trabajo se retomará como una guía y referente para analizar el texto original en términos de las categorías de comunicabilidad y factualidad.

Tabla 1. Categorías de análisis propuesta por el grupo LIEC

Comunicabilidad del texto	I. Modelo de ciencia	Dogmática	Afirmativa	1	Narrador y Audiencia ¿Quién narra y a quién se dirige? (1)
			Magistral	2	
		Problemática	Duda retórica	3	
			Duda real	4	
	II. Modelo de lector	Distante	Discípulo	5	Elementos de autoridad. ¿Quién garantiza que lo que se dice es importante? (2)
		Próximo	Colega	6	
			Colaborador	7	
	III. Modelo de aula	Coherente	Aprendiz activo	8	
			Descubrimiento	9	
			Transmisiva	10	
		Incoherente	Constructivista	11	
				12	
Contenido factual del texto	IV. Hechos de los que se habla	Fenómenos	Reales	13	Elementos factuales y conceptuales que intervienen. ¿Cuáles son los hechos que se narran? (3)
			Laboratorio	14	
			Simbólicos	15	
		'Hechos de habla'	Definiciones	16	Recursos utilizados para presentarlos. ¿cómo se construye el conocimiento científico en esta historia? (4)
			Comparaciones	17	
			Deducciones	18	

La comunicabilidad hace referencia a los modelos de ciencia, lector y aula de clase que se propone en el libro de texto y atiende a la pregunta por ¿Quién habla y a quien se dirige?, así como a los elementos de autoridad que permiten movilizar y fijar la credibilidad en lo que se dice.

Por otro lado, la factibilidad o el contenido factual del texto analizan los hechos de los que se habla. En este apartado se presta atención a los fenómenos que se presentan en el texto y que constituyen la red sobre la cual se teje la narración.

En este trabajo se retomará el primer apartado de comunicabilidad del texto y las dos subcategorías del contenido factual del texto. Esto con el fin de analizar el Modelo de Ciencia que se propone desde el texto original y los fenómenos y hechos de habla que aparecen en el mismo.

El Análisis Crítico del Discurso (ACD)

El análisis crítico del discurso (ACD) es una línea de investigación reciente, que en los últimos años ha venido desarrollándose a través de múltiples enfoques, está se distingue del análisis del discurso, principalmente porque trae al centro de la discusión el papel de las ideologías y las formas básicas de dominación que se movilizan a través del discurso. Trabajos como los de Van Dijk (2004); Wodak y Meyer (1996), Fairclough (1998), entre otros recogen a grandes rasgos las potencialidades e intereses de esta teoría que busca, a través de la concepción del lenguaje como práctica social, problematizar los conceptos de ideología, responsabilidad y

En particular, interesa el marcado énfasis en el contexto como un elemento fundamental en el uso del lenguaje y como se relacionan este último con el poder. Wodak (2004) menciona:

De este modo, la LC y el ACD pueden definirse como disciplinas que fundamentalmente se ocupan de analizar, ya sean éstas opacas o transparentes, las relaciones de dominación, discriminación, poder y control, tal como se manifiestan a través del lenguaje. En otras palabras, el ACD se propone investigar de forma crítica la desigualdad social tal como viene expresada, señalada, constituida, legitimada, etc, por los usos del lenguaje (es decir,

Como se puede ver, el análisis de los usos del lenguaje es redimensionado a través de un marco que permite ver cómo es posible que se use al mismo como un instrumento de dominación, de movilización de ideologías y de establecimiento de hegemonía. Además, al poner el énfasis en la desigualdad social que se puede evidenciar en los usos desiguales del lenguaje, amplía el marco bajo el cual los textos tienen sentido y por tanto estos últimos se vuelven problemáticos, al igual que los contextos en los cuales fueron producidos, el tiempo y los roles de los sujetos que los producen., esto es, los textos requieren un contexto histórico que también se tiene en cuenta como parte del análisis del discurso.

Una explicación plenamente <<crítica>> del discurso requeriría por consiguiente una teorización y una descripción tanto de los procesos y las estructuras sociales que dan lugar a la producción de un texto como de las estructuras sociales y los procesos en los cuales los individuos o los grupos, en tanto que sujetos históricos, crean sentidos en su interacción con textos. (Fairclough y Kress, 1993, p. 2 y sigs., citado por Wodak, 2004)

Ahora, siendo lo anterior el marco general de estudio del ACD, son múltiples las corrientes que cohabitan bajo este campo de estudio. Para este estudio, particularmente, centraremos el interés en los trabajos desarrollados por Norman Fairclough (1998). Particularmente, sus investigaciones han contribuido a desarrollar un marco analítico que sustente el ACD desde las teorías de Gramsci, Foucault y Halliday.

Para iniciar, es importante caracterizar que se entiende por discurso. Fairclough (2004) menciona que el discurso debe ser entendido como una práctica social. Esto es, el discurso hace parte de las múltiples prácticas sociales que tienen lugar en un determinado contexto y requiere la definición de los roles de los sujetos y su interacción.

Al respecto menciona (Fairclough, 2008):

Considerar el uso lingüístico como una práctica social implica, en primer lugar, que es un modo de acción (Austin 1962; Levinson 1983), y, en segundo lugar, que siempre es un modo de acción situado históricamente y socialmente, en una relación dialéctica con otros que está configurado socialmente, pero también, que es constitutivo de lo social, en tanto contribuye a configurar lo social .

Es resaltable el hecho de que se plantea el discurso en una relación dialéctica con otros aspectos de lo social, así, el lenguaje y su uso deja su aparente transparencia e independencia de las situaciones sociales que tienen lugar en un momento y contexto histórico. Además, al ser constitutivo de lo social, es a su vez, causa y consecuencia del proceso social que tiene lugar entre dos o más sujetos, es decir, de la construcción de creencias, conocimientos, identidades y relaciones sociales.

Para analizar el discurso, desde esta complejidad, es necesario insertar elementos de la lingüística sistémica de Halliday (1978-1985). Para él, la funcionalidad del discurso se puede dividir en tres aspectos: la función ideacional, que está estrechamente ligada al uso lingüístico para constituir y representar la realidad; la función interpersonal que permite establecer relaciones con otros individuos desde lo discursivo, y la función textual que permite que los discursos sean coherentes y tengan cohesión. Así pues, los eventos discursivos son instancias particulares donde se usa el lenguaje, por ejemplo, en la escuela, en la televisión, en una conversación con un amigo, en una exposición, etc., y aquellas convenciones que subyacen a los eventos discursivos como órdenes del discurso. Esto es, aquellas prácticas discursivas que tienen lugar en el marco de una institución y sus relaciones (Fairclough, 2008).

Para aclarar un poco más estos conceptos, me permitiré discutir un ejemplo: si pensamos en una clase de ciencias naturales, como parte de una práctica social que tiene lugar en una institución educativa, y luego pensamos en la exposición por parte del profesor de una lección, vemos como la práctica discursiva que tiene lugar en ese espacio, está condicionada por los roles, las reglas explícitas e implícitas que establece la institución y un uso del lenguaje, la mayoría de veces desigual para los integrantes de la misma. Ahora bien, dentro de la misma clase se producen textos, ya sean escritos, orales, visuales, etc. que son consecuencia de la práctica social y a su vez, causa. El evento discursivo, tiene lugar en el marco de una institución de educación y por tanto esta delimita su forma y contenido, si fuese en un hospital o centro penitenciario, el contenido y la forma del evento social sería totalmente diferente.

De esto, podemos señalar que el texto es un producto y una huella que deja esa práctica en la que están involucrados dos o más sujetos. Efectivamente toda interacción en su génesis tiene un

ejercicio de poder y un rol para cada uno de los sujetos que interactúan y el texto es producto de

Fairclough (2008) plantea un encuadre tridimensional del análisis para explorar los vínculos entre los eventos discursivos particulares:



Figura 7. Encuadre tridimensional

Fuente: (Fairclough, 2008).

La intertextualidad y la interdiscursividad: Planteando diálogos con nuestro pasado y futuro

Uno de los elementos que más se resaltan en la propuesta del análisis crítico del discurso realizada por Fairclough (1989) es la interdiscursividad. El autor utiliza conceptos de Maingueneau (1987) y Pecheux (1978) para plantear una distinción entre la intertextualidad planteada por Bakhtin (1981) y rescatada por Kristeva (1986) y la interdiscursividad.

En primera instancia, la intertextualidad hace referencia a la aparición de diferentes textos en la construcción de un texto. Esto es, un texto autónomo no existe pues este se constituye en una colección (y elección) de citas y referencias a otros textos que constituyen el sentido del texto

que se produce. Esta definición de intertextualidad es interesante pues el lector, al acercarse a un texto no solamente percibe el significado del mismo a través de la decodificación de los signos o las marcas que el autor propone, sino estableciendo relaciones entre otros textos que implícita o explícitamente aparecen en el texto, creando una red de significados que tiene un vector hacia el pasado o los pre-textos y un vector hacia el futuro o los textos posteriores que se desarrollen.

Sin embargo, Fairclough (1989) distingue entre dos tipos de interdiscursividad: manifiesta y constitutiva. La primera hace referencia a la presencia de textos en el texto, mientras que la constitutiva hace referencia a la presencia de órdenes del discurso, estilos, géneros y discursos que aparecen en el texto. Esto implica necesariamente un estrecho conocimiento sobre el uso del lenguaje socialmente pues escoger e incorporar en el texto un género o estilo permitirá un acercamiento con el lector.

Por ejemplo, si se lleva al aula un texto divulgativo sobre la fertilidad in vitro. Se podría esperar que este texto incorpore un discurso científico que aparecerá explicitado en el uso de términos y de estructuras propias de este tipo de discursos, además al ser un texto de divulgación científica no tendrá la estructura de un paper, sino que incorporará un estilo asociado a un texto informativo.

Este elemento del análisis del discurso se vuelve fundamental en este trabajo pues se plantea un dialogo con el pasado y el presente al tejer una red de significados y prácticas discursivas que permiten la construcción y re contextualización de textos, discutiendo sus significados y reelaborándolos a la luz de las múltiples combinaciones de textos que puede el lector crear. Sin embargo, es importante llamar la atención sobre la forma en que se incorporan discursos y definiciones de la ciencia sin pasar por el filtro del dialogo, esto es, desde el nivel más básico de intertextualidad como pueda ser el plagio. Es decir, para que en el inter discurso que el maestro

construye es importante que no se plagie o retome la definición sin el respectivo dialogo y esto necesariamente implica que el intérprete o lector, en este caso el maestro debe descubrir a qué tipo de texto pertenece un texto específico, qué otros textos lo constituyen, y cuál es el significado y función que estos textos constituyentes tienen en el texto actual. Es decir, la interpretación de la intertextualidad consiste en dos fases: percepción del pre-texto, e integración del pre-texto en el significado global del texto (Luzón, 1997).

El análisis de la interdiscursividad manifiesta se pretende desarrollar en los textos producidos por los estudiantes a fin de encontrar elementos que se hayan interiorizado de lecturas, discusiones y el encuentro con el texto original en el marco del curso de Educación en Física.

Utilizando el marco analítico propuesto por Fairclough (1999) se pretende analizar el papel de las prácticas experimentales que tienen lugar en la formación de profesores de ciencias naturales, específicamente el caso de la refracción de la luz. Con esto se pretende poner de relieve el carácter independiente y generador de conocimiento de las prácticas experimentales y como el acercamiento a los originales, permite una re contextualización de saberes, pues con estos textos se puede establecer un diálogo de saberes entre el texto con el autor y el profesor con sus intenciones y búsquedas particulares.

Para esto se utilizará la traducción al español del texto del tratado de la óptica de Newton a cargo del filósofo e historiador de la Ciencia español Carlos Solís, quien publicará la traducción de este texto en 1978 a cargo de la editorial Alfaguara.; el programa propuesto en el Curso de Educación en Física y los documentos trabajados en el mismo en relación con el problema de la refrangibilidad de la luz y por último la práctica desarrollada por una estudiante en el curso de Educación en Física.

Cada uno de estos textos son productos de prácticas sociales, por tanto, se caracterizará su contexto, su significado y las relaciones inter discursivas entre ellos.

Algunos elementos del análisis de la intertextualidad.

Atendiendo a lo anterior, se hace necesario preguntarse ¿Cómo concretar el ACD? Particularmente el análisis de la interdiscursividad. Para esto se retoma el trabajo de Zabala, L (2013) quien plantea algunos elementos para el análisis de la intertextualidad.

puede ser utilizada como punto de partida para el análisis de cualquier producto cultural. Desde una perspectiva lingüística, restringida, la intertextualidad es sólo una de las dimensiones posibles del enunciado, y **desde esta perspectiva la intertextualidad se reduce sólo a recursos como la citación, la mención y la alusión**. Pero desde una perspectiva más amplia, todo puede ser considerado como intertextual, y como producto de la interpretación del lector.

El autor propone siete elementos en su guía para abordar el análisis intertextual. Estos se presentan a continuación en un esquema.

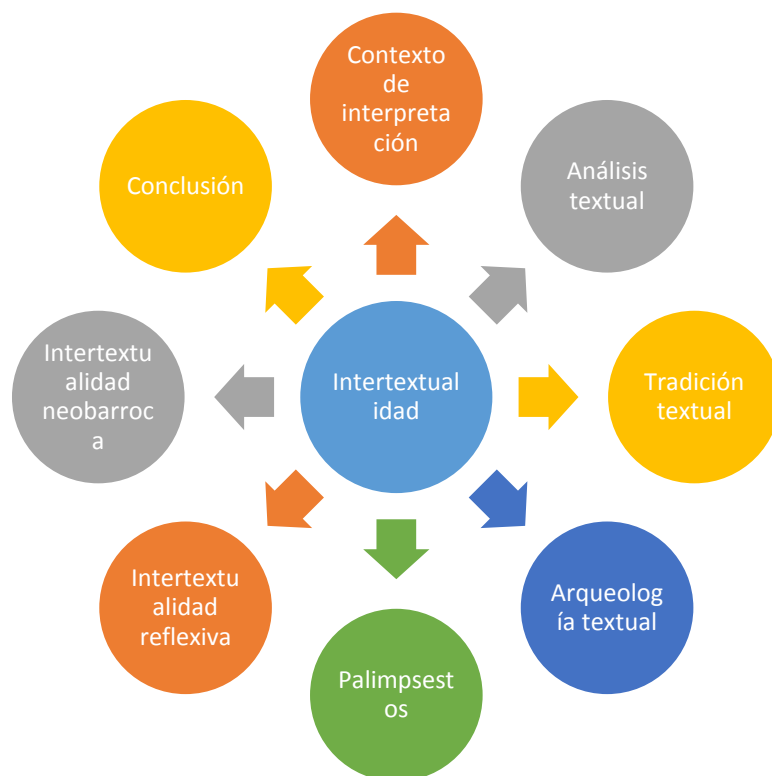


Figura 8. Elementos para el análisis de la intertextualidad por Zavala (2013).

De estos siete elementos se retoman solo algunos por la naturaleza propia de este trabajo, pues se pretende develar la relación del texto producido por los estudiantes con otros textos y discursos, así como la relación y los roles activos del lector y el autor del mismo.

El texto de (Zavala, 2013) sugiere algunas preguntas que guían el análisis y se presentan en la siguiente tabla. (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Preguntas que guían el análisis

ELEMENTO	PREGUNTA Y ELEMENTOS ORIENTADORES
Contexto de interpretación	¿En qué condiciones se produce aquello que es interpretado? ¿En qué condiciones se produce la interpretación?
Análisis textual	¿Qué elementos son específicos del texto? Códigos específicos del tipo de discurso interpretado Anclajes sintácticos y semánticos internos y externos al texto (nombre, título o referencia contextual; fragmentos, capítulos o secuencias) Lógica secuencial del análisis (inicio/final; causas/efectos; actos/huellas; hechos/evidencias; sorpresa/suspense) Organización textual general: gradación y combinación de estrategias de representación y evocación (descripción) y/o de demostración y revelación (reconstrucción) Estrategias textuales específicas: casuísticas, narrativas, analógicas o dialógicas (estrategias dialógicas: parataxis, paradoja, heteroglosia, elipsis, conjetura, mitología, polifonía)
Arqueología textual (Relación con otros textos o con otros códigos)	¿El texto está relacionado con otros textos? Alegoría, alusión, atribución, citación, copia, ecfrasis, facsímil, falsificación, glosa, huella, interrupción, mención, montaje, parodia, pastiche, plagio, precuela, préstamo, remake, retake, pseudocita, secuela, silepsis, simulacro.
Palimpsestos	a) ¿Existen sentidos implícitos en el texto? ¿Cómo son las relaciones con los otros textos o códigos? Texto o código dominante y texto o código recesivo Relación polémica y agonística o integrativa y dialógica Gradación de la presencia del discurso referido Marcadores de intertextualidad: explícitos (comillas, notas al pie) o implícitos (interrupciones, espacios en blanco, cambio de formato) Consonancia, disonancia o resonancia (formal o ideológica) entre textos y códigos.

El análisis intertextual del discurso científico y la comunidad científica

El trabajo desarrollado por Marinkovich (1999), en el marco del estudio sobre el discurso, resalta la importancia de la intertextualidad y los diferentes conceptos que hay sobre ella, con el fin de aplicarla al análisis de los discursos científicos con la intención de mostrar como son producto de una comunidad científica.

Para este trabajo se vuelve relevante este estudio pues conecta con la búsqueda de interrelaciones entre los discursos, las prácticas en donde se sitúan los mismos y la forma en que movilizan y evidencian ideologías.

El recorrido que se hace por diferentes autores Bajtín (1986); Barthes (1989); Fairclough (1995); De Beaugrande y Dressler (1981); Lemke (1985); Linell (1998) entre otros, muestra la riqueza y polifonía de este concepto en el campo de la lingüística y la semiótica social. Esto lejos de ser una dificultad permite dimensionar y diferenciar la intertextualidad de la influencia de un texto y resalta el carácter social de la construcción textual.

Particularmente, llama la atención el aporte de Barthes (1989) al analizar un cuento de Edgar Allan Poe, en el cual expone que lo que funda el texto es su apertura a otros textos, códigos, ; en otras palabras, lo que funda al texto no es un significado cerrado, interno, que se puede explicar, sino la apertura del texto a otros textos, otros códigos, otros signos (de aquí que este autor sostenga que deberíamos hablar de partidas de significado, no de llegadas). Si se habla de partidas de llegadas, entonces el texto es dinámico y cambiante en tanto producto de una práctica social que permite intervenir y significar el mundo. Así, si es una partida, el sujeto que construye el texto, combinará y producirá otro tipo de textos haciendo procesos de re significación constantemente. También se resalta lo rescatado de Fairclough y

Wodak (1998) coinciden en postular que el concepto de intertextualidad está siempre conectado a otros discursos que se produjeron antes, como también a aquellos que se produjeron sincrónica y posteriormente. En este sentido, el concepto de intertextualidad adquiere características socioculturales y contextuales. Para este trabajo esta idea se vuelve especialmente significativa, pues evidencia el carácter eminentemente social y cultural de la construcción de significados y sus posibilidades de transformación, así como la construcción de comunidades de pensamiento que movilizan discursos y prácticas.

Continuando en esta línea, el trabajo de Linell (1998), rescata el término de re contextualización y lo conecta con la inter discursividad propuesta por Fairclough, esta expresión es

que está sólo implícito o implicado en el texto o género original. Puede estar más menos circunscrita o ser más o menos concreta, o puede involucrar actitudes generales, modos de pensar o argumentar, modos de exponer o entender patrones discursivos. Una de las maneras para estudiar las re contextualizaciones es a partir de pares de situaciones comunicativas o textos (o series de ellos), en los cuales el mismo contenido se reconstruye y se reformula en forma recurrente. Otro método para analizar este fenómeno lo constituye la identificación de la mezcla de múltiples voces al interior de un mismo texto. (Linell, 1998, p. 143-157) Tomado de Marinkovich, (2004).

Este último elemento es interesante para este trabajo pues demarca una forma de evidenciar la re contextualización de un discurso y, por otro lado, resalta las modificaciones que el sujeto hace para intervenir con la producción de un texto en un contexto particular.

Después de mostrar las diferentes posturas en relación con la intertextualidad, los autores analizan las características del discurso científico, para esto resaltan la forma en que se transforma el lenguaje del científico desde que es presentado su trabajo científico hasta que es aceptado por la comunidad. Esto es:

El lenguaje de un científico, entonces, en el inicio de su pensamiento es siempre personal, analógico o metafórico, provisional, especulativo, con reservas, aunque esto sea una poderosa estrategia de persuasión. Correspondería, entonces, a una concepción del lenguaje en tanto sistema interpretativo. En cambio, más tarde, cuando se establece un cuerpo de conocimientos, las palabras constituyen etiquetas para cosas definidas; el lenguaje sirve como sistema de etiquetaje para describir, dar cuenta e informar; éste parece ser más directo y literal, definido y preciso. (Linell, 1998, p.143-157) Tomado de Marinkovich, (2004).

Además, se plantea la retórica de la ciencia como un elemento constitutivo de sus formas de comunicar sus ideas. La argumentación en la ciencia es central, sin embargo, la forma en que se construyen sus argumentos se distingue de la forma en que se construye el discurso político, económico o religioso.

Para analizar el discurso científico, los autores elaboran siete categorías de análisis que se presentan a continuación. Cabe resaltar que para este trabajo se rescatan algunas de estas categorías pues se vuelven relevantes en el análisis y la comprensión de la producción del texto científico que se analiza.

Tabla 3. Categorías de análisis de textos científicos propuestas por Makinoch, J & Benítez, R (2000)

1. Representación del discurso:	2. Meta discurso	3. Interdiscursividad
La representación del discurso tiene que ver con cuán directo o indirecto puede ser éste, entendiéndose por el primero la reproducción exacta de las palabras usadas en el discurso representado; en cambio, el indirecto es ambivalente, porque uno no puede tener la certeza de si las	El meta discurso es la categoría en que el autor distingue diferentes niveles en su propio texto y se distancia con respecto a alguno de ellos, tratando el nivel distanciado como si categoría implica que el autor está situado fuera de su propio discurso y está en una posición de controlarlo y manipularlo.	Esta categoría se centra en la producción del texto y su objetivo es especificar qué tipos de discurso aparecen en el texto y cómo. Esto significa determinar cómo se caracteriza el texto en términos de géneros, tipos de actividad y estilos, señalando si se utilizan formas convencionales o

palabras del original están reproducidas en forma exacta		innovadoras.
--	--	--------------

Tabla 3. (Continuación).

4. Presuposición La presuposición incluye pistas textuales que contribuyen a conectar el texto con otros textos producidos por otros autores o por el mismo también incluye lo que se deja implícito en un texto como, por ejemplo, opiniones ocultas, negadas o presupuestas.	5. Transformación La transformación es la categoría que provoca cadenas intertextuales entre diferentes tipos de textos, discursos o situaciones comunicativas, en donde éstos se reconstruyen, se reformulan (en otras palabras, se re contextualizan).	6. Coherencia La categoría de coherencia apunta a destacar la importancia del lector o intérprete de textos, es decir, diferentes lectores generarán lecturas diferentes en cuanto a la coherencia de un mismo lo anterior implica examinar cuán heterogéneo y cuán ambivalente es el texto para lectores determinados y, consecuentemente, cuánta capacidad inferencial requiere éste
7. Polarización Esta categoría identifica la postura ideológica del autor frente a otras posturas, lo que hace que en ciertas ocasiones el texto aparezca como controvertido, polémico y/o contradictorio. Las oraciones negativas, que a menudo incorporan otros textos para ponerlos en tela de juicio o rechazarlos, se utilizan preferentemente para dar cuenta de este tipo de categoría.		

De estas categorías, para este trabajo se hace relevante la interdiscursividad y la presuposición pues muestran dos elementos que se quieren resaltar en el trabajo, la producción de un discurso que tiene relaciones con otros discursos y elementos que no se dicen y también constituyen parte del significado que se elabora.

El Análisis Crítico del Discurso (ACD) y los textos originales en la formación de profesores de ciencias naturales

Múltiples estudios y documentos han discutido el uso de los libros de texto en la enseñanza de las ciencias naturales y particularmente en la formación de profesores de ciencias naturales y estudiantes a científicos. El trabajo de Kuhn recoge algunas críticas sobre este sistema de enseñanza que propone al libro de texto como protagonista en el proceso de enculturación y adiestramiento de los estudiantes a científicos. Al respecto menciona *“Quizá el rasgo más sorprendente de la educación científica es que, en un grado desconocido en otros campos creadores, se lleva a cabo mediante libros de texto, escritos especialmente para los estudiantes”* (Kuhn, 1980). Esto también aplica a los estudiantes a profesor de ciencias naturales, pues reciben los cursos de la facultad de ciencias naturales y en algunos casos son los mismos que reciben los ingenieros o los estudiantes a científicos. Efectivamente las ecuaciones, enunciados, leyes y fórmulas que muestra el libro de texto carecen de una contextualización histórica y se muestran como productos acabados e inmutables a digerir y repetir. La contextualización teórica no debe pensarse como el conjunto de hechos y fechas cronológicamente nombradas sino con los problemas propios que dieron lugar a esa producción de conocimiento. Sin embargo, una mirada a los aspectos sociales y culturales que rodean cada producción de conocimiento mostrará matices y elementos que enriquecen y dan sentido a los conocimientos reproducidos

históricamente en los libros de texto y que son aprendidos de generación en generación como un cúmulo necesario para llegar a producir nuevo conocimiento. Kuhn cuestiona esta falta de acercamientos a los textos originales en la educación científica de la siguiente manera:

Las colecciones de <<fuentes originales>> desempeñan un papel despreciable en la educación científica. Tampoco se estimula al estudiante a leer en los clásicos de su campo, obras en las que podría encontrar otros modos de considerar las cuestiones discutidas en sus textos, pero en las que su futura profesión ha descartado y reemplazado desde hace tiempo. (Kuhn, 1980)

Si se piensa que los textos originales se constituyen en huellas históricas de discursos que tuvieron lugar en un contexto y tiempo determinado, entonces, no solo es su riqueza conceptual como lo menciona Kuhn, sino los elementos asociados a su producción, legitimación y divulgación lo que hace que ellos sean un elemento fundamental en la reestructuración de la imagen actual de ciencia. Si se piensa el texto original como una huella de la práctica social que tuvo lugar en un contexto histórico y donde se evidencian tensiones de poder y negociación (y/o) imposición de significados entonces se hace necesario reconocer el contexto histórico en donde tuvo lugar su producción y divulgación, así como los elementos propios del texto que determinan una manera de abordar el problema que presentan, por tanto, el análisis de los textos originales se hará desde dos planos.

Entonces cabe preguntarse ¿Qué implicaciones tiene esto en la formación de profesores de ciencias naturales? Múltiples trabajos en la línea de la Naturaleza de la Ciencia (NC) ha mostrado que en relación con la imagen de la ciencia que tienen los estudiantes a profesor, esta no difiere de la construida en niveles de escolaridad inferiores (secundaria). Esta imagen se corresponde con una postura empírico-inductivista y positiva de la ciencia, hay poco conocimiento sobre cómo se desarrolla y valida la ciencia.

Esta construcción se muestra desde la forma en que tradicionalmente se ha enseñado ciencia y particularmente, en este trabajo se considera que los discursos al interior del aula de clase y la publicidad han movilizadado esta imagen. Si los libros de Ciencias Naturales muestran solo los productos de la ciencia y a su vez, toda la enseñanza de las ciencias se centra en la resolución de problemas y consumo de definiciones, leyes, teoremas y procedimientos experimentales, ¿Dónde se muestra el carácter humano de la actividad científica? ¿Qué espacio hay para pensar, y por qué no, dudar de lo presentado por la ciencia?

Esto es problemático en la medida en que se reproduce nuevamente la imagen de ciencia, pues se enseña cómo se aprendió. Atendiendo a investigaciones desarrolladas desde los años 60 en relación con la imagen de la ciencia, se retoma el trabajo de Lederman y Zeidler (1987) quienes son unos de los primeros en aproximarse a la definición de la naturaleza de la ciencia como como

El conjunto de valores y supuestos inherentes al desarrollo del conocimiento científico. Según Lederman (1992), el primer instrumento para indagar sobre las concepciones de los alumnos fue desarrollado por Wilson en 1954. Indicó que: a) los estudiantes consideraban el conocimiento científico como absoluto; b) el principal objetivo de los científicos es descubrir leyes naturales y verdades; y c) presentaban actitudes negativas hacia la ciencia. (Petrucci, Ure, & Cecilia, 2001)

Una conclusión que se plantea con los estudios de Lederman es que no se conoce como se establecen las ideas sobre la naturaleza de las ciencias. A su vez,

Señala también que todas estas líneas de investigación conllevan dos supuestos. Uno es que la visión de los estudiantes se ve afectada por la visión de los docentes y el otro, que esta relación estaría mediatizada tanto por las conductas de los docentes como por la «ecología del aula. (Petrucci et al., 2001)

Otro de los elementos rescatados por Petrucci et al (2001) es el trabajo desarrollado por Brickhouse (1990) quien

Examinó el efecto de sus creencias sobre la naturaleza de la ciencia en sus prácticas de aula. Entrevistó a tres docentes y realizó observaciones de aula. Halló diferentes visiones de la ciencia y concluyó que estas creencias no sólo influenciaban las clases específicas sobre naturaleza de la ciencia, sino también el currículo implícito sobre la naturaleza del conocimiento científico.

Como se puede evidenciar, aunque la imagen de la ciencia no se corresponde a un contenido particular de la ciencia, determina las practicas del aula y a su vez está determinada por los sujetos que intervienen en el acto educativo, que lejos de ser solamente el profesor y el estudiante, también vinculan la sociedad y sus prácticas socioculturales.

Contexto de producción del tratado de la óptica de Newton

En la introducción de La estructura de las

Kuhn propone hacerse nuevas preguntas en el campo de la historia de las

Gradualmente, y muchas veces sin darse plenamente cuenta de que lo están haciendo, los historiadores de la ciencia han comenzado a plantear nuevos tipos de preguntas y trazar líneas de desarrollo científico distintas y a menudo escasamente acumulativas” (Kuhn, 1962). Atendiendo a este planteamiento, el acercamiento a la Historiografía de la Ciencia se realiza con la intención de comprender la forma en que se produce un conocimiento científico particular, los elementos que se conjugaron y los factores que determinaron su aprobación y aceptación en el acervo de conocimientos científicos o por el contrario, su descarte. Pero esta comprensión sobrepasa los límites de un caso particular para consolidarse en los cambios que se puedan dar en nuestra imagen de la ciencia. Tal como lo menciona Kuhn (1962, p. 104) “[...]

estos estudios históricos sugieren siquiera por implicación, la posibilidad de una nueva imagen de la ciencia [...]”. Esto se vuelve fundamental en la formación de un profesor de Ciencias Naturales, pues existen profundas implicaciones entre la forma en que piensa la ciencia y su enseñanza, además de la relación con la misma. Esto es, si la ciencia es un producto terminado y acabado que se decanta y condensa en los libros de texto, entonces el rol que debe asumir el profesor es de divulgador de los productos de la ciencia, sin que ellos, los objetos de la ciencia, sean susceptibles de ser pensados e incorporados en la forma de intervenir la realidad propia. Por otro lado, si la ciencia es considerada una actividad humana entonces será susceptible de ser pensada, discutida y analizada.

Es por esto que, en este capítulo, el uso de la historia de las ciencias se hace desde la búsqueda de nuevas preguntas, que contribuyan a la comprensión de fenómeno óptico y a los planteamientos que el propio Newton propone. El contexto en el que se produce la óptica de Newton, así como los múltiples inconvenientes e implicaciones que tuvo y sigue teniendo su trabajo, son considerados en este apartado. Retomando la imagen de Ciencia que nos proponen Carnap y Popper (Hacking, 1999), en este apartado y con este estudio de caso particular discutiremos ¿la ciencia es a-histórica, no depende del momento histórico, social, político en el que se produce? y ¿la ciencia tiene una estructura deductiva muy bien definida?

Es importante aclarar que los apartados que vienen a continuación no pretenden ser un estudio exhaustivo de la óptica desde los griegos hasta nuestros tiempos, por el contrario, busca establecer relaciones entre los diferentes modelos de la luz que han tenido lugar, mostrando que un desarrollo científico no brota de la nada, requiere una tradición y una comunidad que valida su estudio y posterior resolución.

Descomponiendo la naturaleza de la luz: la pérdida de la unidad y la substancia.

El problema de la luz ha ocupado un papel privilegiado en la historia de las ciencias. Desde épocas griegas, la refracción y los fenómenos asociados al ver, fueron objeto de reflexión y análisis por parte de los filósofos

un fenómeno que se caracteriza por la permanencia de las cuestiones que suscita. Desde los griegos a los sabios del siglo de las Luces, del golfo pérsico a la Inglaterra Medieval, en las sociedades más heterogéneas encontramos hombres preocupados por la comprensión. Authier M, 1989 (p. 288)

Tal vez esto se deba a los múltiples elementos asociados a este problema y que son constitutivos de las formas de conocer. Authier M (1989) realiza un análisis histórico de los diferentes modelos sobre la refracción y el problema del ver que han tenido lugar a lo largo de la historia desde los griegos. En ese recuento llama la atención que, en los modelos de luz, refracción y visión, la explicación entre la relación sujeto-objeto observado, entre la luz y la visión sea abordada de diferentes maneras. A continuación, se presenta una síntesis de los modelos y las relaciones propuestas:

Tabla 4. Síntesis del modelo y las relaciones propuestas

ESCUELA	MODELO	ENTIDAD	RELACIÓN SUJETO-OBJETO
ATOMISTAS	Los objetos son los que manifiestan su presencia a través de <i>los eiola</i> que penetran la retina.	Los Eiola	El rol activo lo desempeña el sujeto al ser el trasmisor de los eiola que se distinguen del mismo objeto, en tanto son producidos por él. El ojo tiene el rol de receptor a través de la retina.
PITAGÓRICOS	El <i>quid</i> sale del ojo y se dirige al objeto para tantearlo	El quid	En este caso es el ojo el que tiene el rol de trasmisor del quid. El objeto no tiene ningún papel en la visión.
EMPÉDOCLES	El encuentro entre	Aire	El objeto y el ojo tienen un rol activo al

	semejantes se produce en el aire y se combinan transmitiendo los movimientos por todo el cuerpo hasta el alma.	Rayo visual Luz del día.	ser ambos transmisores. Además, el aire entra a jugar un papel principal al ser el medio en el que se encuentran los
--	--	-----------------------------	--

Tabla 4. (Continuación).

ESCUELA	MODELO	ENTIDAD	RELACIÓN SUJETO-OBJETO
PLATÓN	La luz y la visión son independientes.	La luz-Sol La vista	En este caso la discusión no se centra en la relación sujeto-objeto sino en la dependencia que las anteriores teorías han declarado entre la luz y la visión. La existencia de la luz ocurre independiente de la visión.
ARISTÓTELES	Existe una alteración del espacio intermedio que imprime una presión sobre el ojo y desaparece con las tinieblas.	Espacio intermedio	
ARCHITAS DE TARENTO (430-348 a.C)	Un fuego sale del ojo en línea recta y va a tocar los objetos observados	Fuego Ojo Línea Recta	El ojo tiene el rol de trasmisor y el objeto observado no juega ningún papel.

Análisis realizado a la luz de La refracción y el olvido cartesiano de Michel Authier, en Historia de las Ciencias de Michel Serres (1989)

Como se puede ver, los diferentes modelos que provienen de los griegos muestran una riqueza en la comprensión del fenómeno óptico y también una complejidad en el tratamiento de los fenómenos asociados a la luz y la visión. Tal como lo menciona Auth *[...] Condición previa de la visión, la luz es, en el pensamiento griego, el intermediario por excelencia entre el espíritu y el mundo*". Esto explicaría la complejidad que se encierra en cada uno de los modelos que pretenden dar cuenta de la luz y la visión, pero que vinculan elementos que hoy denominaríamos de la fisiología, filosofía, física, epistemología. Particularmente, llama la atención como en Aristóteles, el modelo cambia de dirección. El énfasis está en las propiedades del espacio

intermediario al cual se le atribuye la propiedad de afectar el ojo. Nada emana del ojo o del objeto, sino que es el medio el que sufre una alteración que lo lleva a afectar al ojo, estableciendo así una especie de continuidad entre ojo-espacio intermedio- objeto. La luz, al parecer tiene la propiedad de ser transparente, por lo cual el espacio intermediario también es transparente.

Estas concepciones si bien estructuran los problemas relacionados con la luz y la visión encuentran una simplificación en el trabajo de Euclides. Él retoma del modelo propuesto por Architas de Tarento, el rayo y la propagación de la luz, acercando la física y las matemáticas y despojando a la luz de su relación con los elementos (tierra, agua, aire, fuego, éter) y de las sensaciones que tienen lugar en el sujeto (Ibid., pág. 290). Los postulados de Euclides simplifican el modelo de la luz en un solo ojo, un rayo en una dirección y el cono que sale desde el ojo y va al objeto, ofreciendo información sobre el tamaño del mismo, vinculando elementos prácticos que se trabajaban desde entonces en la astronomía y en la teoría de las proporciones geométricas. La simplicidad del trabajo de Euclides configura el éxito para la empresa astronómica, pues ahora se puede explicar la relación de la luz y la imagen a partir de elementos matemáticos semejantes al cono, la línea recta y ángulos. Authier (1988) menciona “[...] *La luz pierde toda substancia, los rayos se rigen por una geometría elemental, un solo ojo participa en la visión y el mundo se reduce a una representación visible desde la derecha o izquierda, desde arriba o abajo*” (p. 291).

Aunado a la simplificación propuesta por Euclides, el trabajo con la perspectiva en la Arquitectura y el arte, así como el paso de los siglos configurarán la forma en que se abordan los problemas relacionados con la luz posteriormente.

iendo gradualmente substancia y unidad. Esta labor de separación fue causando a lo largo de los siglos la escisión de la óptica en diversas secciones: psicológica,

naturaleza plantea. [
perspectiva, catóptrica y dióptrica. Authier (1988)

La luz adquiere nuevas propiedades al moverse.

Con esta tradición de dividir la óptica física, los aportes de los árabes a la óptica vienen dados por los trabajos de Alhacén (965) quien retomaría los postulados aristotélicos en relación con el ojo, afirmando que << *en el mecanismo visual todo es refracción*>> y renueva el problema de la percepción, invirtiendo el modelo de propagación propuesto por Euclides, es decir, los rayos provienen de los objetos y se dirigen al ojo, siendo éste el receptor de la luz. Esto, lejos de devolvernos a los problemas de los antiguos griegos, genera una nueva gama de problemas y se aleja de los problemas de la emisión del rayo que supone el modelo Euclidiano. Al poner el énfasis en la refracción que tiene lugar en el ojo, establece el problema fundamental que se abordará posteriormente por la óptica geométrica y la fisiológica (Authier, 1988; pág. 294).

Sin embargo, uno de los mayores aportes de la óptica árabe, fue explicar la refracción de la luz a través del modelo de rayo, otorgando a este último, movimiento y velocidad. Para mostrar esta propiedad se basan en una clasificación de cuerpos por la cual la luz transita: cuerpos transparentes y cuerpos espesos.

muy rápido, inapreciable a causa de su velocidad. Sin embargo, su movimiento a través de los cuerpos finos, es decir, de los diáfanos es más rápido que su movimiento en los cuerpos
.Arthur (1989)

Como se puede evidenciar, esta óptica está muy lejos de sus antecesoras pues se ha revestido de una estructura matemática y entidades abstractas que representan la modelación del fenómeno

natural. Esto es, se ha pasado de la experiencia que se le atribuye a Arquímedes, donde se pone una moneda en un recipiente transparente con agua y se empieza a alejar del mismo hasta que la moneda aparezca de nuevo, al modelo de refracción que propone Alhacam haciendo uso de la geometría a través de reglas de relación. Esto no necesariamente es una simplificación del problema relacionado con la luz, sino un cambio en la forma en que se plantea el problema mismo, lo cual demuestra que la ciencia no es acumulativa, ni lineal. En los trabajos desarrollados hasta entonces el problema se ha ido transformando, decantando y porque no, complejizando, pues si bien se dejan de lado relaciones con otros elementos como las sensaciones, el espíritu, entre otras, se establecen vínculos con las matemáticas, la astronomía, la fisiología entre otras.

La luz como propiedad de lo divino: el arcoíris y las lentes.

Los trabajos desarrollados en el siglo XIII en relación con la luz, traen como principal componente el vínculo con lo religioso. Desde la Historia de las Ciencias son muchos los casos de eruditos dedicados a la explicación del fenómeno de la luz como parte de su cosmovisión sobre Dios y su relación con el hombre en la búsqueda de la verdad. Dos casos llaman la atención para este trabajo: Robert Grosseteste (1168-1253) y Teodorico de Friburgo (1250-1310). Ambos tienen gran importancia para el trabajo propuesto por Newton, el primero establecerá el problema del arcoíris y los lentes en el mismo plano, siendo el primero una muestra de la alianza del hombre con Dios y el segundo un producto útil que el hombre ha perfeccionado.

oxfordianos: el arcoíris y las lentes esféricas. La elección de estos dos objetos no es, por supuesto, arbitraria. El primero, maravilla de la naturaleza feliz, símbolo de la alianza con Dios, encuentra en el segundo, producto sofisticado de las técnicas del vidrio, estimuladas por el arte del vitral, su modelo de laboratorio. La **refracción** clave de los dos fenómenos, se asocia a través de ellos con el . Authier (1988; p. 295)

Por su parte Teodorico de Friburgo, desarrolla toda una experimentación asociada al fenómeno del arcoíris, vinculando el uso de esferas llenas de agua. Harré (1986), menciona

Teodorico es, a mi juicio, el más impresionante de los que han llegado desde aquel tiempo hasta nosotros. Además, en sus rasgos básicos, sigue siendo la explicación más aceptada de la formación del arcoíris.

El trabajo de Teodorico consistió en explicar la formación del arcoíris, dos cuestiones ocuparon sus trabajos: a) Los colores y su orden en el arcoíris b) la forma semiesférica del arcoíris. Es importante anotar el carácter experimental que tiene el trabajo de Teodorico. Retomando algunas ideas de Alberto de Magno (Harré, 1986), propone que los colores que se forman en el arcoíris son producto de la refracción que existe en las gotas de agua al ser atravesadas por un rayo de luz solar. Es importante detenernos por un momento en las diferentes explicaciones atribuidas al arcoíris. Para Aristóteles, éste se producía por la **reflexión** desde las

Aristóteles, tomado de Harre, 1986), Alberto Magno por su parte, propone que el arcoíris efectivamente se producía al interactuar la luz con cada una de las gotas. Sin embargo, él creía que los colores se formaban por algún tipo de estratificación en las gotas (p. 84).

Del trabajo de Teodorico de Friburgo se resaltan tres observaciones:

- Los colores se producen en el centro de la gota, no en el ojo del observador.

- En ocasiones, el arcoíris principal está acompañado de un arco secundario, en el cual el orden de aparición de los colores es inverso al primero.
- En el arcoíris, el color situado en lo más alto es el rojo y el más bajo es el azul. Para obtener este efecto a partir de una gota esférica, la luz tiene que refractarse en la superficie y reflejarse al interior de la gota.

Como se puede evidenciar, el arcoíris como fenómeno natural, se toma como punto de partida para contrastar las explicaciones dadas por la óptica geométrica en la búsqueda de la verdad. La experimentación es usada por Teodorico como un acercamiento a la naturaleza y fuente de comprobación de la teoría, sin embargo, es imposible suspender gotas de agua y analizar el comportamiento de la luz al interior, por lo cual, el experimento de Teodorico modela el fenómeno. Sin embargo, los tonos que aparecen en el arcoíris son explicados a la luz de una hipótesis sobre la clasificación de los colores, esto es

co creía que había cuatro colores radiantes, rojo, amarillo, verde y azul y eran
o al
profundizar en su interior, por tanto, el rayo que ase más cercano a su superficie será rojo,
y el que pase más profundamente amarillo. En el caso de los colores oscuros, es la relativa
(p. 85)

Por otra parte, el modelo sobre el arcoíris que ofrece Teodorico, ubica nuevamente al observador y el ojo en un rol pasivo, sin embargo, ahora, las gotas de agua interactúan con la luz, produciendo un efecto sensible al ojo.

Dejando de lado las cuestiones relacionadas con lo teológico y dirigiéndonos hacia otros ámbitos de la vida social, las lentes al parecer y el uso de la perspectiva en el arte tenían desarrollos y aceptación desde lo práctico que abría un nuevo abanico de problemas que abordar. Hasta ahora, la preocupación había girado en torno al ojo y la luz, sin embargo, el uso de lentes convergentes en el siglo XIII para corregir problemas de la visión, los trabajos de Della Porta en 1593 y los trabajos de Kepler en astronomía y refracción de la luz, ponen nuevamente en el

centro del desarrollo científico, el problema de la luz. Son múltiples los trabajos en el campo de la óptica que aportaron en la consolidación de un campo establecido de conocimientos prácticos, por ejemplo, el trabajo de Witelo (1230-1273) para establecer tablas precisas sobre la refracción de la luz entre diferentes medios en relación con los colores y el establecimiento de la relación entre la desviación del rayo luminoso en función de la densidad del medio, que coincide con las ideas anteriormente expuestas de Alhacem, que insinúa elementos de la famosa ley de refracción o ley de Snell.

El trabajo de Kepler, toma especial interés, pues logra vincular la astronomía con la refracción de la luz, explicando el diámetro de la luz en los eclipses de sol y la refracción de los astros en la tierra. Althor menciona [...] *Su obra es un enorme caldero donde se agitan todas las teorías heredadas << He realizado este trabajo inmenso y austero llegando hasta el núcleo de cuestiones abandonadas hace siglos, cada una de las cuales podría componer un libro particular>>*

De esta última cita son resaltables dos cosas. Por un lado, la refracción de la luz como problema clave en la óptica y la astronomía. El uso de registros detallados que se le atribuyen a Tycho Brahe (1546-1601) y que constituyen la base de las leyes propuestas por Kepler, por otro lado, el carácter si se quiere, en espiral, del conocimiento científico, que se aleja de la ciencia acumulada y evolutiva que se propone en la imagen de ciencia tradicional. El mismo Kepler menciona el volver a cuestiones debatidas y olvidadas hace siglos para estudiar y explicar los fenómenos que lo ocuparían en su momento.

El trabajo de Kepler es retomado años después por un holandés llamado Willebrord Snell (1591-1626), quien pudiera plantear la ley de refracción de la luz. Es importante resaltar que esta ley solo comprobaba las mediciones que anteriores estudiosos de la refracción de la luz habían

realizado. Sin embargo, plantear la ley presupone un giro radical del problema de la refracción, pues pasa de ¿Qué fenómenos produce la refracción? A ¿Qué produce la refracción? [...].

Para terminar, el trabajo de Descartes sobre Óptica es muy reconocido actualmente, a él se atribuye la famosa ecuación de lentes que usualmente se utiliza para calcular la posición de una imagen con respecto a una lente esférica. Sin embargo, el historiador Authier, cuestiona el trabajo de Descartes, reclamando la falta de reconocimiento de sus antecesores y sus desarrollos, en la propia obra. Al respecto menciona [...] *el gran genio de Descartes es su ausencia total de escrúpulos frente a las teorías anteriores. El <<nuevo filósofo>> plagia, remienda, amaña, invierte y pervierte fragmentos, retazos de ideas, para construir su argumentación; suprime lo que le molesta, engorda el sentido de las palabras, las estira o las encoge a su conveniencia* (Ibid., Authier (1988) pág. 306). Sin embargo, se hace necesario analizar las definiciones que plantea sobre la naturaleza de la luz, que, tanto por historiadores de la ciencia, como por los propios cartesianos, han sido fuente de grandes discusiones. Es claro que múltiples trabajos se desarrollaron en relación con la óptica, posterior al trabajo de Descartes, sin embargo, la divulgación de sus escritos y la fuerte influencia que tuvo en el pensamiento de su época y en la escuela francesa, determinarán su vigencia en las discusiones posteriores que se dan con el trabajo de Newton y contemporáneos.

El desarrollo de la óptica ha estado marcado por elementos sociales e históricos de cada época y su desarrollo no es lineal y escalonado, sino que muestra conexiones entre épocas no consecutivas. El fenómeno como tal tiene implicaciones y raíces que sobrepasan lo científico en cada época. Sin embargo, hay fenómenos que se escapan de explicación y que requieren nuevamente revisión. Estas explicaciones poseen vínculos con formas de comprender el mundo

propio que despojan a las entidades de un carácter objetivo y a ellas mismas de verdad inamovible para dar lugar a nuevos problemas, métodos y hechos.

Al estudiar la constelación de hechos, teorías y fenómenos asociados al problema del ver, es posible rastrear y comprender el sentido de ciertas acciones y argumentaciones que tienen lugar en la obra de Newton que se estudiará a continuación.

Las controversias del trabajo sobre óptica de Newton.

La primera edición de la Óptica de Newton tiene lugar en 1704, diecisiete años después de la primera edición de los Principia Filosófica Matemática, trabajo por el cual es reconocido en la historia de las Ciencias. Sin embargo, su cátedra titulada lecciones de Óptica se desarrolla entre 1669 a 1671 y su primera carta a la Royal Society sobre cuestiones relacionadas con la luz se recibe en 1672. ¿Por qué pasa tanto tiempo entre la primera carta y la primera edición de la Óptica de Newton?

Pocas veces se resalta el carácter controversial de la obra de Newton, de hecho, en los libros de texto coexisten los modelos corpuscular y ondulatorio sin hacer mención si quiera a las múltiples cartas de explicación, aclaración y discusión que tuvieron lugar a raíz de los trabajos de Newton. La controversia, lejos de ser un elemento negativo del trabajo, muestra las estrechas relaciones entre el contexto de producción y legitimación de un conocimiento y sus relaciones socioculturales. Contemporáneas a la obra de Newton, se resaltan las de Hooke sobre los colores, Huygens, Pardies, Goethe, entre otros. ¿Cuáles fueron los elementos controvertibles del trabajo de Newton?

Este análisis permitirá reconocer elementos propios de la composición del texto de Newton, así como algunas elecciones y énfasis que realiza en el mismo.

Carlos Solís, traductor al español de la cuarta edición de la Óptica o tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz, presenta en la introducción a este trabajo algunas consideraciones en relación con Newton y la obra que presenta que serán utilizados para ahondar y discutir algunos hechos en relación con el contexto de producción y divulgación de la Óptica de Newton.

Solís (1998) a propósito de las controversias suscitadas por Newton en diferentes ámbitos menciona

intelectuales; es, sobre todo, el temor que un puritano inseguro siente ante el fracaso personal, índice inequívoco del abandono divino y del pecado. (p. XV)

Si bien, el carácter de Newton y sus intrincadas disposiciones mentales se escapan a los intereses de este trabajo, no deja de ser resaltable el carácter del científico que pocas veces se cuestiona, atribuyéndole cierto carácter universal que se conserva en tanto científico objetivo y descubridor de la verdad. Muchas veces se pierde de vista el sujeto que desarrolla la actividad científica, estableciendo un problema que bien desarrolla la escuela de Frankfurt en relación con el individuo y la sociedad.

Sin embargo, el trabajo de la Óptica de Newton, estudiada desde su producción por Solís (1998), refiere una clara distinción con los Principia Philosophical Mathematica, mientras los primeros imprimen una característica experimental y terminan con reflexiones de corte ontológico en relación con la luz, los segundos exponen una estructura matemática poco accesible, lo que hace que sea poco susceptible de modificaciones y debates.

la estructura de la óptica es muy clara e ilustra a la perfección el ascenso que acabo de indicar: desde las propiedades observables de los cuerpos a las leyes generales de su comportamiento y, de ahí, a la trama de la naturaleza y al carácter de su creador. Solís (1998, p. XX)

Esto conlleva a preguntar ¿el carácter de cada obra depende del objeto físico a abordar? ¿O por el contrario responde a lecturas propias donde se intuye el uso de las matemáticas como un elemento que determina el acceso al texto?

Solís menciona al respecto

de método experimental, expresado en un lenguaje accesible y con un material al alcance de cualquiera, de modo que todos pudiesen repetir los experimentos y adquirir una imagen general sobre la constitución de la naturaleza. (p. XXII)

A continuación, se presentan algunos de los argumentos y científicos que presentaron objeciones al trabajo de Newton desde la Óptica y que se rescatan del trabajo de Solís (1998). (Ver Tabla 5).

Tabla 5. Argumentos contra el trabajo de Newton desde la óptica

CONTROVERSIA CON	ARGUMENTOS	OBSERVACIONES
Hooke Robert	He repasado el excelente discurso del señor Newton sobre los colores y refracciones y me ha agradado sumamente lo refinado y curioso de sus confesar que no encuentro ningún argumento incontestable que me convenza de su verdad. <<no puedo aceptar la última parte de la proposición, según la cual los colores no son cualificaciones de la luz derivadas de las refracciones o reflexiones en los cuerpos naturales, sino propiedades innatas y originales>>	Todos confirman las observaciones y los experimentos, pero cuestionan las explicaciones que Newton da a ellos. Otra distinción al parecer es el observaciones de Newton quien atribuye a los rayos cualidades, La controversia con Hooke está centrada en la explicación sobre el color como una propiedad intrínseca de la luz y no como consecuencia de la refrangibilidad de la luz.
Gaston Pardies	<<Y digo en este aspecto, pues la mayor longitud de la imagen se puede explicar de un modo distinto que por la diferente refrangibilidad de los rayos>>	
Cristian Huygens	<<por mi parte, creo que una hipótesis explique mecánicamente y por naturaleza del movimiento los colores amarillo y azul bastará para todos encuentre esa hipótesis no nos habrá enseñado en que consiste la naturaleza y diversidad de los colores, sino tan solo ese accidente (que sin duda es muy importante) de su distinta refrangibilidad <<confieso que la nueva teoría de los colores propuesta por el señor Newton me parece hasta el momento muy verosímil y el Experimento Crucis (si lo comprendo bien, pues está escrito con cierta oscuridad) lo confirma bastante>>	

Las controversias que tiene la Óptica de Newton representan lo que Kuhn menciona sobre la comunidad de científicos. La obra debe esperar a que sus más grandes opositores no estén para

volver a surgir, además, muestra que el conocimiento científico tiene profundas imbricaciones sociales, Newton no solo está proponiendo una forma de comprender el fenómeno de la refrangibilidad sino una forma de construir conocimiento científico y quienes pueden hacerlo, a su vez, una forma de pensar la naturaleza y el hombre en ella. Lejos está el científico que solo se maravilla de la creación divina, ahora puede modificar la naturaleza y diseccionarla para hacerla coincidir con su forma de comprender el mundo. Al respecto Solís *Los descubrimientos empíricos y las innovaciones teóricas de Newton han de situarse contra el trasfondo de las doctrinas sobre la luz y los colores dominantes entre sus contemporáneos, que no son sino diversos modos de la teoría cartesiana*” (p.XXIII).

METODOLOGÍA

Elementos teóricos de la metodología

El apartado I hace referencia a la construcción de un problema y la delimitación de sus elementos desde el interés del investigador. Y es que la investigación de este trabajo debe ser comprendida como una búsqueda de la comprensión y ampliación del sentido de los elementos que se usan en las construcciones discursivas asociadas a la refracción de la luz, entre ellos, la experimentación.

Cerda (1993), discutiendo la génesis de la palabra investigar, menciona que esta puede ser asumida como un modo de llegar al conocimiento de algo con esfuerzo por la vía indirecta, con método. Esta definición se retoma en este trabajo, especificando que la búsqueda que se desarrolla bajo un método busca *“aumentar el horizonte de significatividad de las cosas, los seres y el medio que los circunda”* (p. 21).

Usualmente se cree que el proceso de investigación que se desarrolla se debe hacer bajo cánones cientificistas para tener validez y aceptación universal. Estos elementos se fijan a través de la consecución de un producto a ser medido. El método se vuelve fundamental bajo este paradigma y las normas o técnicas deben ser las de la investigación formal, bajo una lógica matemática de relación de variables que pretende pronosticar y predecir. Al respecto Cerda (1993) menciona

Ello ha contribuido a que nuestros estudiantes sigan creyendo que los actos de identificar aspectos y puntos de vista, buscar y resolver contradicciones, relacionar un hecho con sus causas y consecuencias, explicar y comprender los hechos, explicitar los valores y principios que inspiran y guían la acción, etc., no son propiamente "investigación".

Sin embargo, desde la investigación en ciencias sociales y educación, la búsqueda con la investigación se aleja de esta visión de producción de productos para dar paso a una reflexión desde la descripción, explicación, delimitación y reconocimiento de elementos. Esto antes de tener una connotación negativa, muestra la complejidad y riqueza del proceso investigativo que no se agota en un único método y bajo una única intención. Es importante llamar la atención sobre la pluralidad de formas de desarrollar investigación pues si se atiende a la cantidad de métodos, paradigmas, concepciones filosóficas y demás, la cantidad de combinaciones que pueden tener lugar son altas.

Al igual que en el caso de los paradigmas de investigación y las diversas concepciones filosóficas que los sustentan, es difícil hablar en forma absoluta y categórica de una tipología única en el terreno metodológico de la investigación científica, ya que los procedimientos y técnicas se combinan y se confunden. (Cerde, 1993, p. 45)

Desde esta perspectiva se reconocen cuatro grandes paradigmas de la investigación científica: Marxista, Funcionalista, analítico, interpretativo y estructuralista. Cada uno de ellos suscribe una epistemología propia y unos métodos que asignan al conocimiento científico, al investigador y a la realidad diferentes sentidos. El propósito de este trabajo no es tratar esta clasificación, por tanto, no se abordan a profundidad estos aspectos que desde una amplia bibliografía se han trabajado.

Además del paradigma, la clasificación y dicotomía entre lo cualitativo y cuantitativo ya es bien conocida. Estas dos categorías se asocian a la intencionalidad de la investigación que se describe a través de la acción que el investigador pretende desarrollar con los datos y determina los métodos de recolección y tratamiento de la información. Así, desde lo cuantitativo se pretende hacer medición de una variable, por tanto, la propiedad que se desee investigar debe ser susceptible de ser medida, comparada y representada a través de un número. Desde lo

cualitativo, la propiedad viene dada por una característica que distingue el objeto de investigación de otros objetos susceptibles de ser investigados. Por tanto, la acción es describir, caracterizar, reconocer y por tanto se representa a través de la cualidad.

Con base en esto, este trabajo se inscribe en un paradigma ***cualitativo-interpretativo***. Esto significa que el propósito de esta investigación es caracterizar una propiedad del objeto a ser investigado. Al respecto Cerda (1993) menciona

el paradigma cualitativo-interpretativo se asocia fundamentalmente con la investigación cualitativa, particularmente en el campo de las ciencias sociales. Se caracteriza por el énfasis que hace en la aplicación de las técnicas de descripción, clasificación y explicación. De los tipos de investigación más comunes que forman parte de este paradigma, habría que mencionar el etnográfico, antropológico, estudios de casos, etc.

Efectivamente, este tipo de investigación se aleja del paradigma racionalista y positivista lógico, para dar paso a un idealismo donde lo que se resalta es la conciencia sobre el pensamiento, el sujeto que interviene en el proceso de construcción de conocimiento y las formar como esto se da. *En sociología y en general en las ciencias sociales, la aproximación fenomenológica a la realidad social consiste, no tanto en la descripción o explicación de los hechos objetivos (como lo hace el positivismo), sino en la comprensión de los mismos y del sentido que revisten para los sujetos que los viven. (Ibid., pág. 39).* Esta última cita recoge el carácter de esta investigación, pues el interés central es la comprensión del papel de la experimentación en los discursos que se construyen sobre la refracción de la luz. Así, el proceso de investigación pone en el centro al sujeto que es objeto de estudio, pues es él quien elabora los discursos, en un contexto determinado.

Del diseño de investigación de tipo cualitativo, Cerda (1993), menciona las siguientes características:

- ✓ La interpretación que se da a las cosas y fenómenos no puede ser captada o expresada plenamente por la estadística o las matemáticas.
- ✓ Utiliza preferentemente la inferencia inductiva y el análisis diacrónico en los datos.
- ✓ Utiliza los criterios de credibilidad, transferibilidad y confiabilidad como formas de hacer creíbles y confiables los resultados de un estudio.
- ✓ Utiliza múltiples fuentes, métodos e investigadores para estudiar un solo problema o tema, los cuales convergen en torno a un punto central del estudio (principio de triangulación y convergencia).
- ✓ Utiliza preferentemente la observación y la entrevista abierta y no estandarizada como técnicas en la recolección de datos.
- ✓ Centra el análisis en la descripción de los fenómenos y cosas observadas.

Como se evidencia, las características mencionadas anteriormente, resaltan la riqueza de la investigación cualitativa, distanciándola a su vez de la investigación cuantitativa que utilizará el aparato matemático para realizar inferencias y predicciones.

Particularmente, en este trabajo que se enmarca en una perspectiva cualitativa-interpretativa, se realiza un estudio de caso. Este tipo de modalidad investigativa, aunque ampliamente difundida en el ámbito de la investigación, algunas veces se cuestiona pues frente a los criterios racionalistas de universalidad y alcance, se considera que un solo caso no representa una población de la cual se puedan realizar inferencias y sacar conclusiones de manera general. Sin embargo, los estudios de caso, enmarcados en una perspectiva interpretativa, no pretenden ser predictivos, sino descriptivos y analíticos. Cerda (1993), menciona *[...] Como método, el estudio de casos examina y analiza con mucha profundidad la interacción de los factores que producen cambio, crecimiento o desarrollo en los casos seleccionados*". Estos casos se deben comprender como individuos, grupos de personas, conductas, institución, entre otros, es decir, el caso es una unidad de análisis que tiene especial interés en la investigación. Para su elección se pueden utilizar varios criterios: Caso típico, casos extremos y casos marginales. En el primero se pretende escoger el caso de acuerdo al interés de la investigación, así, el caso se ajusta a la

categoría requerida. Para esta investigación esta es la elección que se realiza, se escoge un caso típico, pues en el marco de la formación de profesores de ciencias naturales, los estudiantes que llegan al curso de educación en física tienen un interés en relación con la formación en didáctica de la física para la enseñanza a nivel básico y medio. Estos estudiantes están en el marco de un proceso de formación inicial. Estos son los elementos a tener en cuenta en la selección: 1) Estudiantes en proceso de formación inicial para profesores de ciencias naturales 2) con interés en la enseñanza de la física, 3) matriculados en la electiva profesional de Educación en Física.

Continuando con la delimitación de la metodología de investigación, los métodos y técnicas utilizados en esta investigación corresponden a la modalidad. Así, para el estudio de caso se utiliza la observación, las historias de vida, las entrevistas, los cuestionarios, los diarios, autobiografías, documentos personales o colectivos, correspondencias, informes, etc. (Cerdeira G., 1993). Así, para este trabajo se utiliza el análisis de los documentos personales, particularmente los documentos que una estudiante del curso de educación en física elaboró en el marco de las reflexiones sobre el problema de la refrangibilidad y los colores de la luz.

Contexto de investigación y participantes del estudio

La investigación se desarrolla en el marco del programa de formación inicial de Licenciatura en Ciencias Naturales. En este programa se ofrecen asignaturas obligatorias y electivas que se clasifican en complementarias y profesionales. La asignatura Educación en Física es una electiva profesional que se ofrece a estudiantes del programa que cursan más de cuarto semestre o hayan terminado las electivas complementarias.

El fin de estas electivas profesionales *[...] profundizar en una determinada área o campo de una profesión*” (Universidad del Valle, s.f.). Así, los estudiantes matriculados en este curso

escogen esta electiva de acuerdo a un interés en el campo de la enseñanza de la física. El curso se desarrolló en el semestre agosto-diciembre del 2011. En total, contó con tres estudiantes y por tanto se clasificó como un curso dirigido, pues no contaba con el mínimo de estudiantes requeridos para ser un curso presencial. Por tanto, se desarrolló en sesiones cada 15 días, con un alto grado de trabajo independiente por parte de los estudiantes.

De los tres estudiantes, solo uno estuvo constantemente en el proceso continuo del curso, por esta razón se establece como el estudio de caso de esta investigación.

Descripción de la investigación:

La investigación se desarrolla en dos partes: Recolección y análisis de información sobre la óptica de Newton y recolección y análisis de los documentos producidos por el estudio de caso (estudiante en formación inicial). Así, se realizó un análisis a las experiencias retomadas en el Libro I de la Óptica de Newton, referida a la refrangibilidad y los colores. Este análisis se complementó con otros textos académicos que establecen el contexto de producción y divulgación del texto, así como análisis del problema abordado por Newton en este primer apartado. El análisis propio del texto se realiza a través de eventos discursivos que se rescatan desde una mirada de la experimentación (García, 2011; Hacking, 1983; Pickering, 1992) y la construcción retórica a través de las narrativas experimentales (Izquierdo, 2005) en la búsqueda de caracterizar el papel de la experimentación en la construcción del hecho científico (Fleck, 1989) que establece Newton.

Además, el análisis de los textos producidos por la estudiante en formación inicial se realizó también a través de eventos discursivos desde la experimentación (García, 2011; Hacking, 1983; Pickering, 1992) y marcas textuales que indicarán procesos de interdiscursividad (Cosenza et al., 2014; Fairclough; 2008; Marinkovich y Benítez, 2000) con textos abordados en el curso de educación en física, el texto de la Óptica de Newton y las creencias del estudio de caso. Como documento auxiliar, se analiza el programa del curso en el cual tiene lugar la reflexión de la estudiante, por la importancia que tiene para demarcar el contexto en el que se produce esta reflexión y su posible influencia en la construcción discursiva.

Por último, los dos ejercicios de análisis anteriores permiten la reflexión del investigador, en aras de proponer elementos que contribuyan a repensar el papel de la experimentación en la formación de profesores de ciencias naturales.

A continuación, se presenta un esquema de las fuentes a utilizar en el análisis propuesto en este trabajo.

Tabla 6. Fuentes del análisis

TEXTOS	NEWTON Bases conceptuales	CURSO DE EDUCACIÓN EN FÍSICA
	La óptica o tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz.	Programa del curso de educación en física
	Revisión documental de diferentes trabajos que analizan la obra de la óptica de Newton.	Documento producido por la estudiante en el curso como trabajo continuo y final.
ANÁLISIS DESDE	CONTEXTO DE PRODUCCIÓN Y DIVULGACIÓN	CONTEXTO DE PRODUCCIÓN Y DIVULGACIÓN
	EXPERIMENTACIÓN DESDE PICKERING	EXPERIMENTACIÓN DESDE PICKERING
		INTERTEXTUALIDAD CON OTROS TEXTOS Y CON LA

	FUENTE ORIGINAL
--	-----------------

Datos: El libro I de la Óptica de Newton se presenta a continuación, visto desde las categorías de contenido factual del texto propuesto por Izquierdo (2006). Este elemento de organización y selección se utiliza atendiendo a la intención didáctica con la que el texto fue llevado al curso de Educación en Física.

Por tanto, se retoma la definición de eventos discursivos propuesta por García (2011)

Consideramos como un evento aquella parte del texto que conserva una estructura completa y encierra una información suficiente. El evento poder ser un párrafo o una frase, siempre y cuando tenga una unidad lógica completa, esto es, que permita brindar información suficiente para los propósitos de esta investigación.

Es importante resaltar que la elección de estos eventos se corresponde con el propósito de este trabajo, así, no todas las oraciones o párrafos con sentido completo se tendrán en cuenta. Cada uno de los eventos presentados en este apartado se nombrará de acuerdo a una convención, con el fin de permitir retomarlos en el análisis: Las definiciones se denotarán con la letra **D**, las deducciones con **Dd**, las comparaciones con **C**, los fenómenos de laboratorio con **FL**, los fenómenos reales con **FR** y los fenómenos simbólicos con **FS**.

Tabla 7. Eventos discursivos libro I, parte I

Hechos de Habla	Convención	Evento discursivo
Definiciones	D1	Por rayos de luz entiendo las partes menores de la misma, tanto las sucesivas en la línea como las contemporáneas en diversas líneas.
	D2	Llamo rayo de luz a la luz o parte de la luz menor que se puede detener sola, sin detener al resto, o propagar sola, o hacer o padecer algo solo sin que le resto de la luz lo haga o lo padezca.
	D3	La refrangibilidad de los rayos de luz es su disposición a refractarse o desviarse de su camino al pasar de un cuerpo o medio transparente a otro, La mayor o menor refrangibilidad de los rayos es su

		disposición a desviarse más o menos de su camino, dadas iguales incidencias en el mismo medio.
	D4	Normalmente, los matemáticos consideran que los rayos de luz son líneas que van del cuerpo luminoso al cuerpo iluminado y que la refracción de dichos rayos es la incurvación o ruptura de dichas líneas al pasar de un medio a otro.
	D5	La reflexibilidad de los rayos es la disposición que estos tienen a reflejarse o retornar al mismo medio desde cualquier otro medio sobre cuya superficie caigan. Son más o menos reflexibles aquellos rayos que retornan más o menos fácilmente.

Tabla 7. (Continuación).

	D6	Angulo de incidencia es aquel ángulo contenido entre la línea descrita por el rayo incidente y la perpendicular a la superficie reflectante o refractante en el punto de incidencia.
	D7	Ángulo de reflexión o refracción es aquel ángulo contenido entre la línea descrita por el rayo reflejado o refractado y la perpendicular a la superficie reflejante o refractante en el punto de incidencia.
	D8	Llamo luz simple, homogénea y similar a aquella cuyos rayos son igualmente refrangibles;
	D9	Y llamo compuesta, heterogénea o disimilar a aquella luz algunos de cuyos rayos son más refrangibles que otros.
	D10	Llamo primarios, homogéneos y simples a los colores de la luz homogénea; y a los de la heterogénea los denomino heterogéneos y compuestos, pues, como se mostrará en lo que sigue, siempre están compuestos a partir de los colores de las luces homogéneas.
	D11	Los senos de incidencia, reflexión y refracción son los senos de los ángulos de incidencia, reflexión y refracción
	D12	De manera semejante, si tenemos un prisma de cristal (es decir, un cristal limitado por dos extremos triangulares, iguales y paralelos, y por tres lados planos y bien pulimentados que se encuentren en tres líneas paralelas que vayan de los tres ángulos de un extremo a los tres ángulos del otro)
	D13	convergen se puede denominar Foco. Dado el foco de los rayos incidentes, se puede hallar el de los reflejados o refractados, mediante el expediente de hallar la refracción de dos cualquiera de ellos, como se ha hecho anteriormente, o más expeditivamente como sigue.
	D14	Los ángulos de reflexión y refracción están en el mismo plano que el ángulo de incidencia
	D15	El ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia

	D16	Si al rayo refractado se le hace retornar directamente al punto de incidencia, se refractará siguiendo la línea descrita anteriormente por el rayo incidente.
	D17	La refracción de un medio más raro a otro más denso tiene lugar hacia la perpendicular, es decir, el ángulo de refracción es menor que el de incidencia
	D18	El seno de incidencia y el de refracción están entre sí en una razón exacta o casi exacta

Tabla 7. (Continuación).

	D19	Los rayos homogéneos que parten de diversos puntos de un objeto y que caen perpendicularmente o casi perpendicularmente sobre un plano o superficie esférica reflectante o refractante divergirán luego de otros tantos puntos, sea exactamente o sin ningún erro sensible. Lo mismo ocurrirá si los rayos se reflejan o refractan sucesivamente en virtud de dos, tres o más planos o superficies esféricas
	D20	Dondequiera que los rayos provenientes de todos los puntos de un objeto cualquiera se encuentren de nuevo en otros tantos puntos, tras haber sido obligados a converger por reflexión o refracción, formarán una representación del objeto sobre cualquier cuerpo blanco sobre el que caigan.
	D21	Un objeto visto por reflexión o refracción aparece allí de donde divergen los rayos, al caer sobre el ojo del espectador, tras su última reflexión o refracción.
Comparaciones		
Deducciones	Dd1	Es claro que la luz consta de partes, tanto sucesivas como contemporáneas, puesto que en un mismo lugar se puede detener la luz que llega en un momento dado y dejar pasar la que viene inmediatamente después.
	Dd2	Los rayos y refracciones se podrían considerar de este modo si la luz se propagase instantáneamente. Sin embargo, tomando en cuenta un argumento derivado de las ecuaciones de los tiempos en los eclipses de los satélites de Júpiter, parece que la luz se propaga
	Dd3	De ahí se sigue que, si se conoce dicha proporción para una inclinación del rayo incidente, se conoce para cualquier inclinación y, consiguientemente, se puede determinar la refracción en todos los casos de incidencia sobre el mismo cuerpo refractante.
	Dd4	Así pues, lo que este axioma significa es que, si los rayos caen sobre

		una lente o una superficie plana o esférica y, antes de su incidencia, fluyen de o hacia un punto cualquiera, Q, tras la refracción o reflexión, habrán de fluir de o hacia un punto q, hallado mediante las reglas precedentes. Y si los rayos incidentes fluyen e o hacia varios puntos, Q, entonces los rayos reflejados o refractados habrán de fluir de o hacia tantos otros puntos, q, determinados por las mismas reglas.
	Dd5	De ahí se sigue que, si se conoce dicha proporción para una inclinación del rayo incidente, se conoce para cualquier inclinación y, consiguientemente, se puede determinar la refracción en todos los casos de incidencia sobre el mismo cuerpo refractante.

Tabla 7. (Continuación).

	Dd6	(T1) La luz que difiere de color difiere también en grado de refrangibilidad.
	Dd7	De donde se sigue que, en ambos casos, la luz proveniente de la parte azul del papel y que, tras atravesar el prisma, alcanza el ojo, sufre en semejantes circunstancias una refracción mayor que la luz proveniente de la mitad roja, por lo que es más refrangible.
	Dd8	Por tanto, a iguales incidencias del rojo y el azul sobre la lente, el azul sobre la lente, e azul se refractaba más que el rojo, con lo que convergía pulgada y media antes, siendo consiguientemente más refrangible.
	Dd9	(T2): La luz del Sol consta de rayos de diferente refrangibilidad
Fenómenos reales	FR1	Puesto que en un mismo lugar se puede detener la luz que llega en un momento dado y dejar pasar la que viene inmediatamente después.
	FR2	Parece que la luz se propaga en el tiempo, empleando unos siete minutos en llegar hasta nosotros desde el Sol.
Fenómenos de laboratorio	FL1	Así ocurre con el paso de la luz del cristal al aire cuando, al inclinarse más y más respecto de la superficie común al cristal y al aire, termina por reflejarse totalmente en dicha superficie. Son <u>más</u> reflexibles aquellos rayos que se reflejan más copiosamente a incidencias semejantes, o que al inclinarlos comienzan antes a reflejarse totalmente.
	FL2	Tomé un papel rígido de forma oblonga, limitado por lados paralelos, y lo dividí en dos partes iguales mediante una línea recta perpendicular trazada de uno a otro lado. Una de las partes la pinté de rojo y la otra, de azul. El papel era muy negro y los colores, intensos y copiosamente empleados a fin de que el fenómeno fuese más conspicuo. Miré dicho papel a través de un prisma sólido de cristal, siendo el par de lados, a través de los cuales la luz llegaba al ojo, planos y bien pulidos. El ángulo entre esos lados, que denominaré ángulo de refracción del prisma, era de unos sesenta grados. Mientras observaba el papel, lo sostenía con el prisma ante la ventana, de modo que los bordes del papel fuesen paralelos al prisma, y tanto dichos bordes como el prisma y la línea transversal, paralelos al horizonte. Asimismo, la luz que caía sobre el papel procedente de la ventana, formaba con éste un ángulo igual al que formaba con el papel la luz que de este se reflejaba hacia el ojo. Más allá del prisma, la pared de la habitación bajo la ventana se hallaba cubierta completamente por una tela negra. La tela estaba envuelta en sombra

		para evitar que se reflejase desde allí alguna luz que, al pasar por los bordes el papel al ojo, pudiese mezclarse con la luz proveniente del papel, oscureciendo el fenómeno. Habiendo dispuesto, así las cosas, descubrí que, si giraba hacia arriba el ángulo de refracción del prisma de manera que el papel pareciese elevarse por la refracción, entonces su mitad azul se elevaba más por refracción que su otra mitad roja, Pero, cuando giraba hacia abajo el ángulo de refracción del prisma, de modo que el papel pareciese descender por la refracción, entonces su mitad azul descendía más que la parte roja.
--	--	---

Tabla 7. (Continuación).

	FL63	En torno al antedicho papel, cuyas mitades estaban pintadas de rojo y de azul y que poseía una consistencia rígida como si fuese cartón fino, enrolle varias veces un hilo sutil de seda negra, de modo que las diversas partes del hilo apareciesen sobre los colores como otras tantas líneas negras trazadas sobre ellos, o bien como tenues sombras negras proyectadas sobre ellos. Podría haber trazado líneas negras con una pluma, pero lo hilos resultaban menores y más definidos. Puse contra la pared, perpendicular al horizonte, el papel coloreado y cortado por líneas del modo expuesto, al fin de que uno de los colores estuviese a la derecha y el otro a la izquierda. Delante y cerca del papel, en el límite de los colores. Puse una vela que lo iluminase fuertemente, pues hice el experimento de noche. La llama de la vela llegaba hasta el borde inferior del papel o un poco más arriba. Entonces a una distancia de 6 pies y una o dos pulgadas del papel, levante sobre el suelo una lente de vidrio de cuatro pulgadas y media, a fin de recoger los diversos rayos procedentes de los diversos puntos del papel, haciéndolos converger hacia otros tantos puntos situados a la distancia de seis pies y una o dos pulgadas al otro lado de la lente, de modo que se formase la imagen del papel de colores sobre un papel blanco allí situado; a la manera en que una lente en un agujero de una ventana proyecta las imágenes de los objetos exteriores sobre una hoja de papel puesta en la habitación oscura.
	FL4	Con dicho papel levantado perpendicularmente al horizonte y a los ratos que caían sobre él a través de la lente, comencé a moverla ora hacia adelante ora hacia atrás, con objeto de hallar los lugares en los que las imágenes de las partes azul y roja del papel aparecían más distintamente. A continuación, determiné lo más precisamente que pude los lugares en los que más nítidas aparecían las imágenes de las mitades azul y roja del papel de colores y hallé que allí donde la mitad roja del papel aparecía nítidamente, la mitad azul aparecía confusa y con las líneas negras que lo cruzaban difícilmente visibles
	FL5	Por el contrario, cuando la mitad azul aparecía más nítidamente, la mitad roja era confusa y apenas se podían ver las líneas negras que había sobre ella. La separación entre los dos lugares en los que dichas imágenes se veían nítidamente era de pulgada y media, siendo la distancia entre el papel blanco y la lente, cuando la imagen de la mitad roja del papel de colores aparecía más nítida, pulgada y media mayor que la distancia entre el papel y la lente cuando la que aparecía más distintamente era la imagen de la mitad azul.

	FL6	En un agujero redondo de aproximadamente un tercio de pulgada, practicado en el postigo de la ventana de una habitación muy oscura, puse un prisma de vidrio en el que el haz de luz solar que atravesaba el agujero pudiese refractarse hacia arriba, contra la pared opuesta en la habitación, formando allí una imagen coloreada del sol. El eje del prisma (que es la línea que lo atraviesa de un extremo a otro, paralelamente a la arista del ángulo de refracción) era, en este y en los siguientes experimentos, perpendicular a los rayos incidentes. Girando el prisma lentamente en torno a su eje, vi como la luz refractada sobre la pared o la imagen coloreada del sol ascendía y descendía. En aquella posición entre el ascenso y el descenso en la que la imagen parece estacionaria detuve el prisma y lo fijé para que no se moviese. En esa posición efectivamente, resultan ser iguales las refracciones de la luz en ambas caras del ángulo de refracción; es decir, a la entrada y salida de los rayos por el prisma.
--	------------	--

Tabla 7. (Continuación).

	FL7	Así mismo en los otros experimentos tan pronto como hacia iguales las refracciones de ambas caras del prisma, señalaba la posición en la que la imagen del Sol formada por la luz refractada permanecía quieta entre sus dos movimientos contrarios, en el periodo común de su progreso y regreso. Cuando tenía la imagen en ese lugar, fijaba el prisma. A menos que en los siguientes experimentos describa otras posiciones, ha de entenderse que todos los prismas están situados en semejante posición como a más conveniente a todas.
	FL8	Habiendo, por tanto, colocado el prisma en dicha posición, permití que la luz refractada se proyectase sobre la pared opuesta de la habitación y observé la figura y dimensiones de la imagen solar que la luz formaba en el papel. Esta imagen no era ovalada sino oblonga y limitada por dos lados paralelos y rectilíneos y por dos extremos semicirculares. Los lados eran bastante nítidos, pero los extremos eran muy confusos y borrosos pues en ellos la luz se desvanecía y disminuía gradualmente. La anchura de la imagen respondía al diámetro del sol, siendo de unas dos pulgadas y un octavo, incluyendo la penumbra. Efectivamente la imagen estaba a dieciocho pies y medio del prisma y a esa distancia la anchura menos el diámetro del agujero del postigo de la ventana, esto es, un cuarto de pulgada, subtendía en el prisma un ángulo de medio grado aproximadamente, que corresponde al diámetro aparente del Sol. Sin embargo, la longitud de la imagen era de unas diez pulgadas y cuarto y la longitud de los lados rectilíneos, de unas ocho. El ángulo de refracción del prisma que producía semejante longitud era de 64 grados.
	FL9	Con un ángulo menor, la longitud de la imagen disminuía, permaneciendo la misma anchura. Girando el prisma en torno a su eje, de modo que los rayos emergiesen de la segunda superficie refractante más oblicuamente, la imagen pronto crecía una o dos pulgadas, si no más. Si por el contrario se giraba el prisma de manera que los rayos cayesen más oblicuamente sobre la primera superficie refractante, entonces la imagen se hacía rápidamente una o dos pulgadas más cortas. Por consiguiente, al realizar este experimento, puse el máximo cuidado en colocar el prisma de acuerdo con la regla arriba mencionada, de modo que las refracciones de los rayos al emerger del prisma fuesen iguales a las que tenían lugar al incidir sobre él.
	FL10	Ahora bien, la diferencia en magnitud del agujero practicado en el postigo de

		mantienen diversas inclinaciones respecto al horizonte, así como cuando se traza líneas de colores sobre un papel muy negro. Pero, en la descripción de estos experimentos, solo establezco aquellas condiciones en las que el fenómeno resulte más visible, en las que a un principiante le resulte más fácil realizarlos o sencillamente en las que yo los realicé.
	EDN2	Estos experimentos bastarán por lo que atañe a los colores de los cuerpos naturales; pero en el caso de los colores producidos por refracción con los prismas, se mostrará esta proposición mediante los experimentos que se siguen inmediatamente.

ANÁLISIS DEL LIBRO I DEL TRATADO DE LA ÓPTICA DE NEWTON, CON FINES DIDÁCTICOS EN LA FORMACIÓN DE PROFESORES

A continuación, se presenta el análisis de la parte del Libro I del tratado de la Óptica de Newton. Este ejercicio tiene un fin didáctico y formativo, por tanto, no pretende ser exhaustivo en términos de la historiografía o el análisis lingüístico y discursivo. El análisis se escribe desde mi posición como investigadora participante y atendiendo a las tres dimensiones propuestas por Norman Fairclough: El texto (T), la Práctica Discursiva (PD) y la Práctica Social (PS). El análisis desde las tres dimensiones se constituye como un tejido de tres elementos: la presentación del contexto de la Óptica, las propiedades de la luz y la experimentación

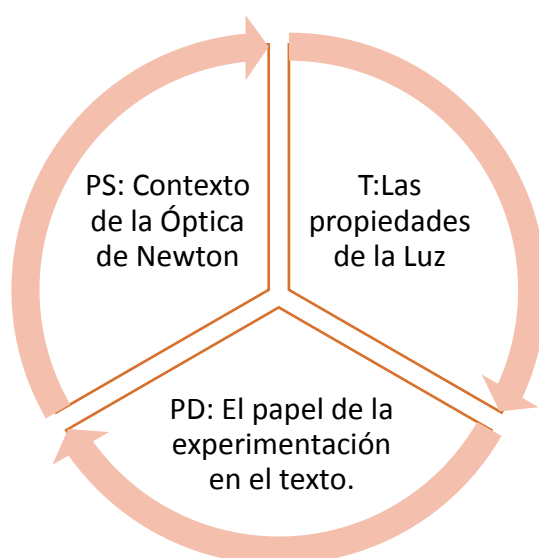


Figura 9. Categorías de análisis a la luz del marco teórico y los antecedentes

Así, el primer elemento denominado contexto de producción, discute los hechos sociales en la comunidad científica después de que el texto ve por primera vez la luz en 1672, cuando Newton es Fellow de la Royal Society. Desde allí empieza un largo camino para validar lo consolidado en el texto, pues sus opositores gozan de un alto prestigio. Después de la muerte de Robert

Hooke, fuerte crítico de la obra de Newton, se publica en 1704 la primera edición de *La Óptica*. Son treinta años que esta publicación está en debate y se detiene su aceptación por la comunidad científica. Después de treinta años ¿Qué cambio? ¿El texto en sí mismo presenta un descubrimiento que no pudo ser entendido sino treinta años después? O ¿su aceptación se debe a condiciones sociales más favorables para el autor? Además, es uno de los textos más polémicos producidos por Newton, por tanto ¿Cuáles son los principales argumentos con los que sus críticos se oponen a la óptica de Newton? ¿Cómo se zanja la controversia?

El segundo elemento es el análisis sobre las propiedades de la Luz. El problema de la óptica es muy complejo pues vincula elementos de la visión, la percepción, construcción de realidad, la anatomía por la función del ojo, la fuente luminosa, el medio en el que se propaga la luz entre otros. Por tanto, la pregunta es: ¿Cuál fue el problema que abordó Newton en la Óptica? ¿Qué explicaciones elaboró?

Por último, la experimentación en la construcción retórica del texto, esto es, ¿cuál es el papel de la experimentación en la explicación del problema que Newton aborda en la óptica? Este análisis se hace a la luz de las categorías propuestas por Pickering, retomadas y ajustadas por García (2011).

Como se puede evidenciar, estos tres elementos entrelazan el sentido y significado del texto con la producción y validación del mismo. Por tanto, aunque se señalen tres elementos, ellos deben pensarse con una emergencia simultánea en el análisis.

Cada una de las preguntas elaboradas anteriormente tienen una intención Didáctica, pues el profesor que agencia el texto en el aula de clase tiene una intención al llevarlo al aula. Tal como se ha discutido en este trabajo, la intención de llevar el texto original al aula de clase es re

contextualizarlo

texto y el lector, que a su vez tiene un papel activo, pues va con preguntas al texto.

Hypotheses non fingo: el Cartesianismo vs Newton

Una de las afirmaciones que más llama la atención en con la que se abre el Libro I, Parte I de la Óptica de Newton que es:

“En este libro no pretendo explicar mediante hipótesis las propiedades de la luz, sino presentarlas y probarlas mediante la razón y los experimentos. Para ello propongo como premisas las siguientes definiciones y axiomas” (p. 9).

La negación **no pretendo explicar mediante hipótesis** conlleva a suponer que alguien si realiza explicaciones mediante hipótesis y él se aleja de esta forma de explicación a través de la razón y la experimentación. Esto a su vez, nos permite inferir el papel de los experimentos para justificar las propiedades de la luz y los razonamientos que tienen lugar sobre las propiedades de la luz.

Según Solís, esta afirmación, así como la organización de la Óptica podría oponerse a la visión que muchos contemporáneos tienen sobre la Luz y que retoman de Descartes.

Hypothes a del mundo (cartesiana) no se presenta como una descripción del universo realmente existente, sino como una <<fábula>> plausible acerca de un mundo posible. Ello le permitirá eludir el choque con la ortodoxia vaticana, a la vez que da el tono de las construcciones explicativas cartesianas contra las que se alzaría el <<hypotheses non fingo>> (p. XXIV)

Sin embargo, se hace relevante esclarecer cual es la distancia que toma el propio Newton del pensamiento cartesiano. Dejando claro que ambos se ubican en una postura mecanicista, en

donde la materia, el tiempo y el espacio juegan un papel fundamental en la explicación de los fenómenos de la naturaleza, ¿Qué distingue el pensamiento cartesiano del Newtoniano en relación con la luz?

Veamos la definición de Descartes en relación con la luz. Descartes menciona

do por partículas menores y redondas, conocidas como materia sutil o éter. Sus características fundamentales son la

[...] Esta presión o tendencia al movimiento se transmite instantáneamente a través de la materia sutil, constituyendo la luz. Al no existir vacío y siendo la extensión consustancial a la materia sutil no se puede comprimir por lo que una larga cadena de corpúsculos en contacto se comporta como un bastón rígido en la transmisión de ese pulso.

Como se puede evidenciar y siguiendo la misma línea de razonamiento planteada anteriormente para describir los diferentes modelos de luz presentados en la historia de la ciencia, podemos ver que en el modelo cartesiano es el éter la entidad que tiene propiedades, como la sutileza y la transparencia. A su vez, el éter está conformado por partículas diminutas y redondas que tienen la propiedad de comunicarse y tender al movimiento. Así, la luz es la presión en el éter que se comunica instantáneamente. Es decir, para Descartes la luz es una acción en un medio, en este caso el éter. Otra característica a resaltar es la continuidad que, en esta sustancia, así, aunque esté formada por partes, entre esas partes no hay vacío y al no existir posibilidad del anterior, no es posible comprimir las partículas, por lo cual comunican la presión de manera instantánea, como ocurriera en un bastón rígido a la que se le transmite un pulso y, por último, los colores son modificaciones externas del pulso. Al respecto Solís (1998) menciona

Esta hipótesis explica la transmisión instantánea de la luz a través del alineamiento de corpúsculos etéreos, eliminando toda teoría según la cual algo pasa del objeto luminoso al ojo”.

A su vez, Descartes presenta una serie de razonamientos en relación con la luz que muestran su razonamiento sobre la misma. Este razonamiento lo sustenta y ejemplifica con elementos de la cotidianidad, al usar como metáfora para explicar el comportamiento de la presión, el famoso bastón o la analogía con el mosto y las uvas, para explicar la característica del éter de llenar todo el espacio.

La propiedad que le otorga Descartes a la luz, de presión o tendencia al movimiento que se transmite instantáneamente a través de la materia sutil, es fuente de análisis y trabajo de Newton, sin hacer ninguna mención. Desde la Óptica que plantea Newton ¿Cómo se comprende la luz? ¿Qué relación hay entre la luz y los colores?

Las propiedades de la luz desde la Óptica de Newton

Retomando el trabajo de (Izquierdo, Márquez, & Gouvea, s.f.) El análisis de las narraciones experimentales del texto de Newton para evidenciar su función retórica, se hará desde las categorías de comunicabilidad y análisis factual del texto. Se hace importante resaltar que este análisis busca develar las estrategias que utiliza el autor para convencer al lector. Desde la elección de la superestructura con la que se presenta el texto hasta los elementos propios de la obra como definiciones, axiomas o la demostración experimental son recursos que el autor utiliza para presentar su argumentación sobre el tema expuesto.

Harris (1997) expresa que los científicos argumentan y son más rigurosos que otros argumentadores. La ciencia es una empresa notablemente exitosa, pero la argumentación es central en su éxito; de aquí que la ciencia sea retórica. Sin embargo, la gente supone que es muy diferente argumentar en ciencia que argumentar en política, religión, crítica literaria o negocios y que sería una blasfemia hablar de una retórica de la ciencia.

¿Cómo está estructurado el texto de la óptica de Newton? El tratado de la óptica de Newton se estructura analógicamente como el texto de los elementos de Euclides. Esto es; inicia con postulados en relación con la luz y luego se plantean teoremas que después se demuestran experimentalmente. Esta organización del texto evidencia una forma de comprender la forma en que se comunica y legitima el texto. ¿Cómo la noción de rayo se vuelve tan transparente para el lector? En las formas en que se enuncia desde la definición, el rayo tiene una existencia que no es solamente ontológica y que se demuestra a través de los fenómenos que se logran explicar a través de él, esto es, los efectos sensibles

La óptica de Newton es un conjunto de tres libros. Cada uno de ellos se subdivide a su vez en partes que contienen las proposiciones, experimentos, observaciones y corolarios entre otras.

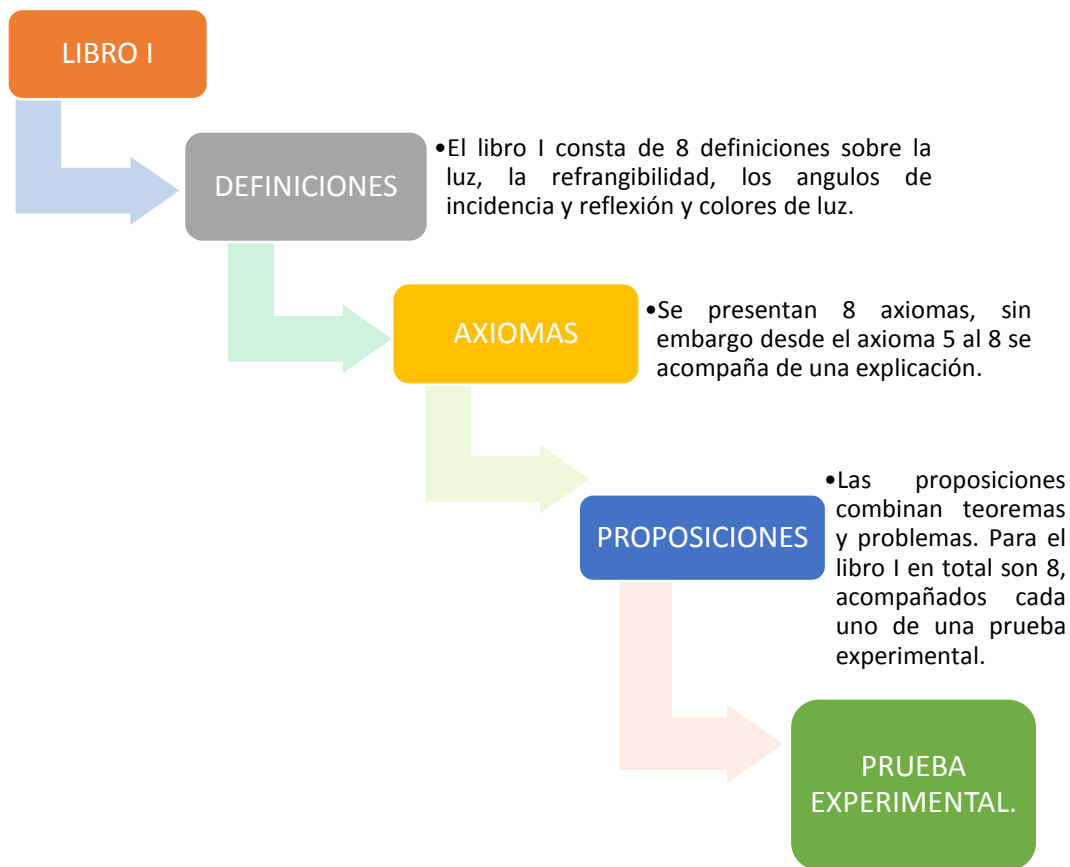


Figura 10. Superestructura de la Óptica de Newton

La organización de la Óptica se asemeja a la de los Elementos de Euclides. En este caso se evidencia una interdiscursividad entre los dos textos. La elección de una estructura para el texto se da en la búsqueda de comunicar cierta rigurosidad del mismo. Esta semejanza que aparece entre estos dos textos muestra la intención de Newton de presentar un texto que en sí mismo se estructura desde la razón y la experimentación, alejándose de la especulación y las hipótesis.

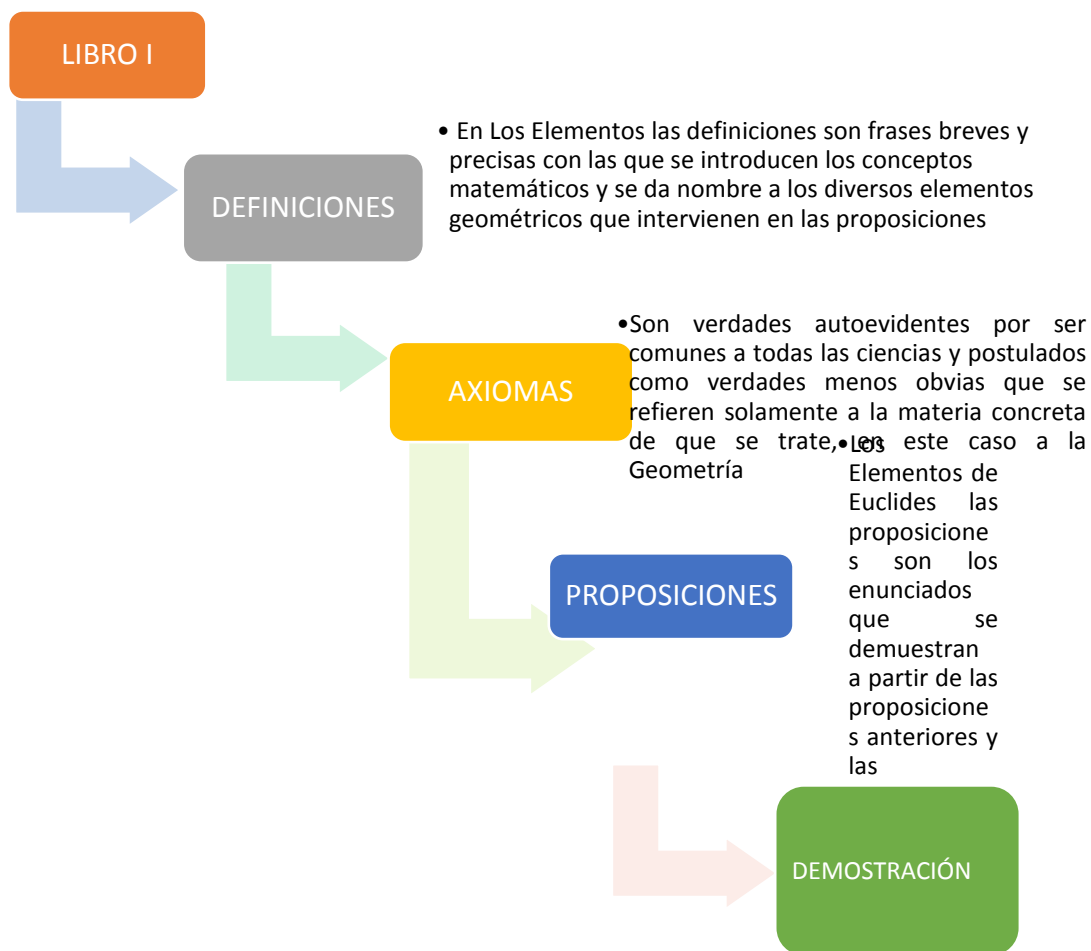


Figura 11. Organización de Los Elementos de Euclides. Tomado y adaptado de <http://www.xtec.cat/sgfp/licencies/200304/memories/elementseuclides1.pdf>

Este tipo de organización a través de Definiciones, Axiomas y proposiciones exige del autor la coherencia entre todos los elementos de manera lógica, pues al incluir uno de estos elementos y no usarlo cambiaría el sentido de la obra. Efectivamente la intención de Newton en esta obra es oponerse a la forma como se hace ciencia desde las hipótesis.

La elección de esta superestructura es un recurso retórico que el autor utiliza para convencer al lector de la rigurosidad y sentido lógico que tiene el texto que presenta. Además, si pensamos en el texto de Euclides y su imagen como condensación de la lógica y rigurosidad matemática, entonces utilizar el mismo estilo es hacerse a esta misma imagen.

Un aspecto resalta en el contenido de la Óptica de Newton. En el primer momento (definiciones) Newton presenta la entidad **rayo de luz** que se caracteriza a través de las propiedades y acciones asignadas en las siguientes definiciones. Esto es:



Figura 12. Modelo de luz Newtoniano.

Como se puede evidenciar, al presentar la estructura general de su modelo, la experimentación aparece bajo el título de Demostración experimental. Está es usada para mostrar que el comportamiento del mundo se adapta a las definiciones y axiomas planteados inicialmente. Retomando a (Izquierdo, Márquez, & Gouvea, s.f.) el tipo de narrativa que se presenta en el Libro I de la Óptica de Newton es apodíctica. Esto se resalta en la organización y presentación al inicio de las definiciones (8), axiomas (8) y teoremas y problemas (8) que son inmutables y desde esta organización entonces se presenta la experimentación vinculando elementos matemáticos que muestran el comportamiento de la luz. Este tipo de experimentación que

desarrolla Newton son experiencias diseñadas para mostrar efectos que comprueban la afirmación realizada en el teorema o problema. Lejos están los hechos cotidianos, las experiencias diseñadas tienen tantos detalles para su funcionamiento, que el lector termina aceptando el hecho antes de su reproducción.

La narrativa apodíctica se caracteriza por ser autoritaria, esto es, el mundo funciona tal como lo dice la ciencia. El autor no se hace visible en la narración y el texto obliga a aceptar determinada explicación.

deben ser enseñadas a los que no conocen las ciencias porque, con ellas, van a poder interpretar los fenómenos del mundo. Y, aunque se supone que se utiliza para ello el método científico, experimental, esta capacidad de abstracción y de reconstrucción lógico-matemática de los fenómenos se presenta como una actividad intelectual infinitamente más

. (Universidad Autónoma de Madrid, 1992)

Desde la construcción discursiva que tiene lugar en el primer Libro, la creación de la entidad rayo y su postulación de propiedades y comportamientos se establecen sin que en algún momento se discuta la posibilidad de existencia de esta entidad (**D1 A D14**). El lector no tiene más que aceptar la existencia de la entidad y todas sus propiedades como explicación de la luz y su comportamiento. La demostración experimental es una forma de mostrar que así funciona el mundo y hace el salto de la razón a la experiencia. Esta parte se vuelve relevante en la construcción discursiva de Newton, pues el experimento no es usado para explorar el mundo y los fenómenos en él, sino para justificar los razonamientos que se hilan desde las definiciones hasta los teoremas. Es una experimentación subsidiaria de la teoría en el sentido estricto, pues ella no es objeto de reflexión en sí misma, sino argumento para presentar que el mundo funciona tal como la definición lo ha predicho.

¿Qué caracteriza la luz que propone Newton?

La luz que Newton presenta es una entidad con existencia propia y propiedades que al interactuar con objetos presenta comportamientos susceptibles de ser observados. Así, desde la definición 1, Newton no distingue entre el todo y sus partes, esto es, se habla de rayos de luz como una parte de la luz, discontinua y con la propiedad de moverse y propagarse en el espacio “*[...]Por rayos de luz entiendo las partes menores de la misma, tanto las sucesivas en la línea como las contemporáneas en diversas líneas.[...]Llamo rayo de luz a la luz o parte de la luz menor que se puede detener sola, sin detener al resto, o propagar sola, o hacer o padecer algo solo sin que le resto de la luz lo haga o lo padezca.*”

Sin embargo, esta definición es sustancialmente distinta de la cartesiana, ella no se sustenta en el éter y no se propone como una acción en un medio, sino en sí misma la luz y el rayo son entidades con existencia física, el medio se vuelve inactivo para darle paso a los rayos de luz que muestran comportamientos al pasar de un medio a otro. Llama la atención la independencia de las partes de la luz que salvan la explicación bien difundida de la propagación en línea recta de la luz. Así, si ellos son independientes y cada uno puede experimentar un comportamiento sin afectar al otro, no se produce el choque entre ellos, esto es “*[...] Es claro que la luz consta de partes, tanto sucesivas como contemporáneas, puesto que en un mismo lugar se puede detener la luz que llega en un momento dado y dejar pasar la que viene inmediatamente después.*”

Por su parte, la refrangibilidad es una propiedad que ostenta el rayo y le permite comportarse de manera diferente en diferentes medios, así es la disposición del mismo a refractarse o

desviarse de su camino al pasar de un cuerpo o medio transparente a otro. ¿Por qué el medio debe ser transparente? Desde la experiencia y los trabajos anteriores al de la Óptica de Newton se conoce el comportamiento de la luz en medios transparentes. Newton rescata este conocimiento compartido y aceptado en la comunidad científica ubicándolos como axiomas (**D14 a D21**), recordemos que los axiomas o nociones comunes son verdades que no requieren demostración.

La refrangibilidad como propiedad del rayo y no del medio, muestra una clara diferencia entre el trabajo de Descartes y Newton. La acción de refractarse del rayo es consecuencia de la disposición del mismo a cambiar de dirección o su refrangibilidad. El medio es inactivo, pues sobre el rayo es que recae la acción. Esta propiedad del rayo es fundamental en el trabajo de Newton y se evidencia en **D4**: *[...] Normalmente los matemáticos consideran que los rayos de luz son líneas que van del cuerpo luminoso al cuerpo iluminado y que la refracción de dichos rayos es la incurvación o ruptura de dichas líneas al pasar de un medio a otro. Los rayos y refracciones se podrían considerar de este modo si la luz se propagase instantáneamente. Sin embargo, tomando en cuenta un argumento derivado de las ecuaciones de los tiempos en los eclipses de los satélites de Júpiter, parece que la luz se propaga en el tiempo **FR** empleando unos siete minutos en llegar hasta nosotros desde el Sol [...]*. El argumento que menciona Newton es retomado del trabajo desarrollado por el danés Ole Roemer quien en 1672 dedujo que la velocidad de la luz podría ser de $c = 3 \times 10^{11} / 10^3$ m/s, mostrando así, que la luz no se transmite de manera instantánea como lo propone Descartes. Si la luz requiere de un tiempo para desplazarse, entonces su refrangibilidad, se puede asociar a la velocidad con la que el rayo de luz se transporta de un punto A a un punto B. Si el trabajo de Newton no consiste en mostrar que la velocidad de la luz es finita y no es instantánea ¿Dónde está su énfasis? ¿Por qué este hecho que presenta Roemer es relevante en el modelo que construye?

Al definir diferentes tipos de Luz: Homogénea y Heterogénea, establece un vínculo entre esta diferenciación y la refrangibilidad. Así, la primera es homogénea en tanto los rayos de luz presentan una refrangibilidad igual, en oposición, la luz heterogénea contiene rayos de luz con diferentes grados de refrangibilidad, esto es, la luz heterogénea es luz compuesta.

A continuación, le sigue la definición de colores homogéneos y colores compuestos. El color es visto como otra propiedad del rayo que se relaciona con la refrangibilidad de la luz. Así, se habla de colores simples u homogéneos y colores compuestos (**D10**). Esta distinción para la época era bastante conocida, sin embargo, en la obra, Newton nunca menciona cuales son los colores que llama simples y cuáles son los compuestos. Su primera demostración experimental utilizará los colores rojo y azul, asumiéndolos como simples. Si el color está asociado a la refrangibilidad del rayo de luz y a su vez la refrangibilidad se muestra a través de la refracción en diferentes medios, que se entiende como el cambio de ángulo que tiene lugar al pasar de un medio a otro, entonces el color se despoja del problema de la percepción para dar paso a un color pensado desde lo geométrico.

la luz que difiere en color, difiere también en grado de refrangibilidad” (**Dd6**) presenta una demostración experimental en la que se toma un papel *oblongo* y rígido, que es pintado mitad rojo, mitad azul y observado a través de un prisma. La explicación de lo observado evidencia el modelo luz-observador-objeto que se

[...] la luz proveniente de la parte azul del papel y que, tras atravesar el prisma, alcanza el ojo, sufre en semejantes circunstancias una refracción mayor que la luz proveniente de la mitad roja, por lo que es más refrangible.” (**Dd7**)

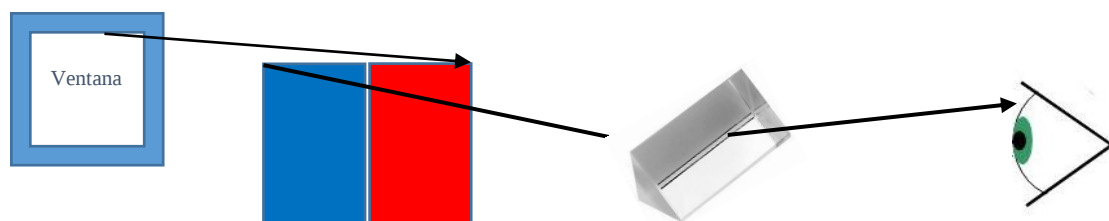


Figura 13. Modelo de instrumento óptico

Fuente: (Instrumentos ópticos de una o dos lentes delgadas, s.f.)

Atendiendo a este modelo presentado anteriormente, el color se presenta como una característica del rayo de luz, el prisma no se problematiza, pues este es solo un medio inactivo por el cual se observa el papel pintado. Sin embargo, el movimiento que realiza con el prisma a fin de lograr la nitidez de un color y evidenciar que ocurre con el otro no es objeto de reflexión **(FL2)**. En la descripción de la experiencia se resalta el papel que se le asigna al ángulo entre la luz y el papel, así como el del prisma y el papel. ¿Por qué el hecho de que un color se vea nítido mientras el otro se ve borroso es muestra de que los diferentes colores difieren también en su refrangibilidad? ¿Acaso esto no podría ser una consecuencia de la interacción entre la luz blanca y el objeto pintado? En todo caso, si los colores evidenciaban comportamientos diferentes, aún no hay relación en esta experiencia entre el ángulo de refracción y la diferencia entre el color. La

(FL2) es la percepción de la imagen en una posición mayor con respecto al objeto real. Esta acción se hace también para evidenciar l, concluyendo que el grado de refrangibilidad de este es mayor que el del rojo.

Contraria a la demostración geométrica que se realiza en Los Elementos de Euclides, donde se utiliza aquello que anteriormente se ha mencionado, Newton tiene que convencer al lector que la experiencia que está presentando efectivamente es una demostración sobre el comportamiento de

la luz, es decir, debe ser doblemente consistente, en primer lugar con los enunciados presentados en las definiciones y los axiomas, y en segundo lugar, con el comportamiento del mundo, es decir los fenómenos asociados al problema de la luz y el color. En el caso de la asociación del color con la refracción, la primera experiencia evidencia el comportamiento distinto entre un color y otro. Newton se cuida de dejar algunas condiciones invariables, por ejemplo, la luz que cae sobre el papel es la misma para ambos colores, el ángulo entre el papel y la luz que cae de la ventana con el ángulo formado por el papel y el prisma, sin embargo, va a prestar atención al ángulo de refracción de los colores y la percepción de nitidez de los mismos a través del prisma.

En la segunda experiencia se cambia el prisma por una lente, se agrega el hilo negro entre las dos mitades coloreadas y se agrega una pantalla blanca para recoger la imagen que se genera al pasar a través del lente ¿Por qué se agregan estos elementos? para evidenciar más el efecto de la diferencia de refrangibilidades de los dos colores. Sin embargo, en esta experiencia la intención es medir la distancia entre la imagen más clara del azul y el rojo. ¿Por qué la distancia mostraría la diferencia de refrangibilidades? Al respecto menciona en el **(FL5)** [...] *A continuación, determine lo más precisamente que pude los lugares en los que más nítidas aparecían las imágenes de las mitades azul y roja del papel de colores y halle que allí donde la mitad roja del papel aparecía nítidamente, la mitad azul aparecía confusa [...].*

[...]La separación entre los dos lugares en los que dichas imágenes se veían nítidamente era de pulgada y media, siendo la distancia entre el papel blanco y la lente, cuando la imagen de la mitad roja del papel de colores aparecía más nítida, pulgada y media mayor que la distancia entre el papel y la lente cuando la que aparecía más distintamente era la imagen de la mitad azul [...]Por tanto, a iguales incidencias del rojo y el azul sobre la lente, el azul se refractaba más que el rojo, siendo consiguientemente más refrangible.

De esta demostración experimental hay que discutir la relación que no se hace explícita entre el ángulo de refracción y la distancia que hay entre la producción de las dos imágenes. Newton además del uso de la experimentación como recurso retórico para convencer que el mundo funciona así, utiliza la geometría para fijar su demostración experimental.

Un evento discursivo llama la atención, pues evidencia la clasificación que realiza Newton sobre los colores, en **(ED2)** [...] *Estos experimentos bastarán por lo que atañe a los colores de los cuerpos naturales; pero en el caso de los colores producidos por refracción con los prismas, se mostrará esta proposición mediante los experimentos que se siguen inmediatamente [...]*. Esta clasificación de los colores aparece en el escolio para justificar la proposición II sobre la composición de los rayos de luz del Sol y muestra una clasificación que no se hace explícita en el inicio del libro. Se distinguen los fenómenos del color de los objetos, del color de luz producida por el prisma, muy parecido al fenómeno del arcoíris, altamente estudiado por sus antecesores y contemporáneos. Bajo el uso de la entidad- rayo y su propiedad de refrangibilidad se explican dos fenómenos de naturaleza aparentemente disímil.

Con cada uno de los experimentos que Newton presenta para la demostración de los teoremas y problemas del libro 1, construye una base fenomenológica desde la producción de efectos al uso del aparato matemático, en cada uno de los experimentos incluye un elemento que permite organizar el fenómeno en cuestión desde las definiciones y los axiomas.

Para finalizar, en el escolio Newton le habla a un lector discípulo, el cual puede replicar sus experimentos, **(ED1)** [...] *Pero, en la descripción de estos experimentos, sólo establezco aquellas condiciones en las que el fenómeno resulte más visible, en las que a un principiante le resulte más fácil realizarlos o sencillamente en las que yo los realicé. [...]*". Este evento discursivo muestra el tipo de lector que supone y tiene serias implicaciones en lo que sigue, pues

desde esta invitación el estudiante en cuestión decide replicar los experimentos propuestos por Newton. Más que comprender la lógica de la experimentación que propone y los razonamientos que tienen lugar entre la demostración experimental y el uso de la geometría que utiliza, Newton está interesado en que el lector replique sus experimentos para mostrar que funcionan así. El nivel de detalle con que se describe la experiencia pareciera que permitiría la reproducción sin mayor dificultad, sin embargo, se puede cuestionar la validez universal de la demostración en tanto recoge solamente un caso en el cuál el fenómeno es visible.

La riqueza de la experimentación propuesta en la Óptica de Newton

Después de analizar el modelo de la luz propuesto por Newton y los recursos retóricos usados en la construcción discursiva sobre la refrangibilidad de la luz, es evidente que uno de los elementos que más se resalta en la propuesta planteada por Newton es la **Demostración experimental**. Por tanto, detenernos en este apartado es perentorio en este texto pues la pregunta que surge es ¿en qué se diferencia la experimentación de la demostración experimental? Considero que la diferencia está en la intención con la que se usa la experimentación. Particularmente, la experimentación es usada por Newton como una muestra de que sus análisis matemáticos son perfectamente compatibles con el mundo real. Por tanto, la interpretación de los fenómenos y la elección de los énfasis en ciertas entidades corresponden a la necesidad de demostrar que el mundo se comporta de la manera en que se ha predicho. Esto es, se utiliza para refrendar lo planteado teóricamente.

Sin embargo, esta no es la única función que puede tener la experimentación propuesta por Newton, si bien establecemos que él la usa para legitimar sus afirmaciones y generar una base experimental que sea aceptada por la comunidad científica de la época, en el aula de clase se

puede reconocer una riqueza que reside en lo cualitativo y la producción de efectos sensibles que amplían la base fenomenológica y permiten discutir elementos propios del modelo. La experimentación desarrollada por Newton hasta el experimento crucial, es cualitativa y exploratoria. En total se recogieron **14 fenómenos de laboratorio**, que se analizarán a continuación:

En **(FL2)** se desarrolla la primera demostración experimental en la que se pretende demostrar que la luz que difiere en color, difiere también en grado de refrangibilidad **(Dd6)**. A primera vista, la descripción de la experimentación desarrollada por Newton es muy detallada, desde el punto de vista experimental, se describe el **procedimiento material** que determina el montaje. Esto encierra un conocimiento práctico frente al uso de los materiales que producirán los efectos deseados a fin de ser demostrativa la experiencia. El primer paso es mirar a través del prisma un papel que está pintado con los colores azul y rojo. Al parecer no se hace distinción entre la luz de colores y los colores en los materiales. Mientras se describe el montaje, Newton utiliza términos definidos anteriormente como ángulo de refracción **(D7)** de tal manera que mientras desarrolla la narración de los eventos, incorpora las entidades creadas y establece una relación univoca entre

El ángulo entre esos lados, que denominaré ángulo de refracción del prisma, era de unos sesenta grados” Hasta este punto hay que preguntarse varias cosas ¿Por qué escoge los colores azul y rojo? ¿Por qué mira a través del prisma en vez de dejar pasar la luz blanca a través de él? Como se puede observar, lo que sigue es la producción de efectos sensibles que tienen implícito el modelo fenomenológico, esto es, la forma en que ha pensado el fenómeno a través de los cambios de ángulo y por tanto las desviaciones es lo que

descubrí que si giraba hacia arriba el ángulo de refracción del prisma de manera que el papel pareciese elevarse por

la refracción, entonces su mitad azul se elevaba más por refracción que su otra mitad roja, Pero, cuando giraba hacia abajo el ángulo de refracción del prisma, de modo que el papel pareciese descender por la refracción, entonces su mitad azul descendía más que la parte roja”

En (FL3) realiza una variación al montaje experimental anterior, en la búsqueda de clarificar más el efecto producido anteriormente, así monta sobre la separación de los colores azul y rojo, un hilo de color negro, al respecto menciona *“Podría haber trazado líneas negras con una pluma, pero lo hilos resultaban menores y más definidos. Puse contra la pared, perpendicular al horizonte, el papel coloreado y cortado por líneas del modo expuesto, al fin de que uno de los colores estuviese a la derecha y el otro a la izquierda.”* Esto evidencia que el control del procedimiento material está íntimamente ligado a la producción de efectos y al modelo fenoménico que tiene Newton. Así, en esta experiencia se ve como la obtención de datos a través de mediciones sobre las distancias entre los elementos que intervienen en el montaje, la medición

de modo que se

formase la imagen del papel de colores sobre un papel blanco allí situado; a la manera en que una lente en un agujero de una ventana proyecta las imágenes de los objetos exteriores sobre una hoja de papel puesta en la habitación oscura” En (FL4 y FL5) estabiliza el fenómeno anteriormente creado, por tanto realiza variaciones con el prisma en la búsqueda de la mejor posición para presenciar el fenómeno y obtener los resultados experimentales que quería, no debemos perder de vista que es una demostración experimental, lo cual debe corroborar la afirmación inicial en forma de teorema. Como la búsqueda es mostrar que la luz de diferentes colores, difiere en grado de refrangibilidad, mostrar el efecto de un color en una posición desigual al del azul es mostrar que difieren en grado de refrangibilidad. Las descripciones cualitativas también son datos y resultados experimentales que muestran cualitativamente y,

sobre todo, experimentalmente el valor de verdad de los teoremas. El (FL6 y FL7) es el experimento crucial de Newton, en él se cambia el papel del prisma y su relación con el observador. Ahora, la luz blanca pasa a través del prisma y el observador atestigua **la imagen coloreada del sol** en una pared de la habitación. La primera parte del experimento busca producir el efecto en la pared y controlarlo. Es decir, estabilizar el fenómeno. En este experimento hay un resultado que es fundamental para validar el modelo fenoménico que Newton agencia en su experimentación: la forma oblonga recogida en la pantalla blanca. ¿Por qué es importante? Pues porque si todos los rayos tuvieran la misma refrangibilidad entonces convergerían en un punto formando un espectro ovalado o muy cercano al circular, sin embargo, el espectro que recoge es oblongo y los rayos de luz se ubican en esta forma de arriba hacia abajo de acuerdo a su grado de refrangibilidad Inmediatamente se estabiliza el fenómeno se puede dar paso a describir los resultados y establecer los datos, dos acciones que muestran el control sobre la experiencia (FL8). En la siguiente experiencia se presenta una variación del prisma con otros elementos (FL9) de tal manera que el fenómeno adquiere independencia del objeto (prisma) y se estabiliza en relación con las propiedades del objeto que se pueden ver en otros objetos, por ejemplo, un prisma que en su interior tiene agua. Es decir, se establecen cambios en las variables del aparato que lleva implícito un modelo instrumental, pues el prisma no es cambiado por otro instrumento que no permita el paso de la luz. Este último elemento se evidencia en la evaluación de los instrumentos a fin de dar cuenta del fenómeno de la manera en que más visible sea su efecto. En (F11) evalúa el prisma y puede predecir dificultades que por supuesto se corresponden con el

producían una

dispersión irregular de parte de la luz solar, si bien no poseían ningún efecto apreciable en el aumento de la longitud del espectro cromático, ya que hice el mismo experimento con otros

prismas con el mismo éxito” Si se tiene en mente otro modelo fenoménico en donde el medio no sea pasivo, seguramente las vetas tendrán una importancia diferentes y el efecto que para

Hasta este punto se ha presentado un análisis de la primera parte del Libro I de la Óptica de Newton que no pretende ser exhaustivo, sin embargo, tal como se mencionó al inicio de este apartado, si tiene fines Didácticos en relación con la formación inicial de profesores de ciencias naturales. Por tal razón, a continuación, se presenta el contexto en el que se pone en juego elementos de este análisis. Este contexto se desarrolla desde el programa del curso y las narraciones sobre tres sesiones del curso destinadas al problema de la Óptica. Estas últimas se desarrollan a partir de mi experiencia como profesora novel en el curso de Educación en Física, bajo el acompañamiento de un profesor mentor que tiene a cargo el curso.

Los fenómenos ópticos en la formación de profesores de Ciencias naturales: Experiencia en un curso de Educación en Física.

El curso de educación en física es una electiva profesional que se ofrece a los estudiantes de Licenciatura en Ciencias Naturales. Para el semestre febrero junio de 2013 se ofertó la asignatura en calidad de curso dirigido, pues se contaba con tres estudiantes que habían justificado la importancia del mismo en su formación y proyectos de grado.

El análisis del programa del curso se hace desde la selección de eventos discursivos escogidos con el fin de encuadrar la intencionalidad del curso y los aspectos más relevantes, así como el papel de los fenómenos ópticos en la reflexión que propone el mismo. Es importante anotar que este análisis solo presenta el contexto en el cual tiene lugar la práctica educativa, comprendida

como práctica social, en donde el texto original se gestiona, así como la producción de un texto que los estudiantes desarrollan, recogiendo sus reflexiones en torno al problema del fenómeno óptico.

Tabla 8. Evento discursivo

Convención	Evento Discursivo
E1	El curso de educación en física pretende mostrar otros aspectos de la física que usualmente no son considerados en los procesos de formación de la disciplina Recuperar el sentido <u>retórico de la construcción de explicaciones científicas</u> , los procesos de organización de la experimentación y <u>el carácter dialógico del discurso científico y los procesos de formalización matemática</u> . Asimismo, se recupera la pregunta por la naturaleza de la ciencia y el quehacer del físico a lo largo de la historia.
E2	1. los modelos del pensamiento físico (Aristóteles, Kepler, Galileo, Newton, Einstein) 2. la experimentación en física (neumática, calor, electricidad, óptica) 3. los procesos de formalización en física 4. los libros de física
E3	Habrán lecturas asociadas a cada uno de los temas y se realizarán talleres en grupo. Se hará una revisión de libros de texto de educación básica, media y universitaria. Habrán expositores de los temas. Se realizarán experimentos cualitativos fundamentales, y se harán procesos de formalización matemática.
E4	SESIONES • Los problemas fundamentales de la óptica (Newton y Huygens)
E5	• BIBLIOGRAFIA • Gagliardi, M., Giordano, E., & Recchi, M. (2006). Un sitio web para la aproximación fenomenológica de la enseñanza de la luz y la visión. Enseñanza de las Ciencias, 139-146. • García, E. (2004) Una mirada al aprendizaje de las ciencias; re contextualización de saberes científicos. Un caso en electricidad estática.

	Editorial ACAC. Bogotá. • Newton, I. (1672.). La Óptica o tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz.
--	---

Análisis del programa del curso.

El programa del curso se enmarca en una perspectiva sociocultural e historicista de la ciencia. Se resaltan dos elementos fundamentales: la experimentación y el acercamiento a textos originales (**E3** y **E5**). Así, desde la elección de varios estudios de caso en la historia de la física se pretende movilizar la reflexión sobre el carácter retorico de la actividad experimental y el papel de la experimentación en la construcción de explicaciones (**E4**).

Los contenidos del curso se alejan de los productos de la física, para mostrar estructuras de pensamiento en la ciencia. Cuatro elementos se resaltan: los modelos de pensamiento que subyacen a los trabajos de cinco físicos, la experimentación en cuatro tópicos de la física, los procesos de formalización matemática y el papel de los libros de texto en la enseñanza de la física. Estos cuatro elementos son fundamentales en la imagen de ciencia que se promulga. Sin embargo, muestra una complejidad en el problema, pues, se está poniendo en juego una forma de comprender la enseñanza de la física. Efectivamente, se puede pensar que desde la enseñanza de la física y la formación de profesores podría haber otros elementos problemáticos como el currículo, la evaluación, las Tics, sin embargo, este programa establece estos elementos desde la perspectiva anteriormente descrita, donde la imagen de ciencia es un problema central en relación con la acción del sujeto.

Los títulos de las sesiones se alejan de la usual presentación como contenidos de la física para dar caso a un problema o elemento a resaltar en cada estudio de caso (**E2**). Desde la mecánica, pasando por la electricidad y los fluidos hasta la mecánica relativista de Einstein se presenta el

trabajo de uno de los científicos que trabajaron en ese campo, desde la etiqueta de modelo. Esta presentación muestra que no se comprende el conocimiento científico como verdad absoluta, sino como una explicación que construye el científico.

Algunos de los casos que se toman son resaltables en la historia de la ciencia y marcan la enseñanza de las ciencias en general, pues algunos son los más citados en los libros de texto, sin embargo, los trabajos de Joseph Black y Faraday son poco conocidos. El criterio de elección de estos casos es **la experimentación que se desarrolla en la construcción de fenomenologías que permitan comprender y hablar del fenómeno a estudiar.**

La bibliografía sugerida, en su mayoría son textos originales de los tópicos a tratar, se encuentran tres textos inscritos en el campo de la Didáctica de la ciencia que abordan los problemas de la enseñanza de la óptica, neumática y electricidad (E5).

NARRACIONES DE UN PROFESOR NOVEL

Para desarrollar esta narración, se establece la presencia en el aula de clase de tres estudiantes Est1, Est2 y Est3, el profesor mentor (PM) y el profesor novel (PN)

El trabajo desarrollado en Óptica, toma tres sesiones de clase, atendiendo a dos cuestiones: el programa del curso problematiza otros casos de la física y las sesiones dirigidas se desarrollaban cada 15 días con una alta carga de trabajo independiente para los estudiantes.

El acercamiento al problema de la Óptica se hace primero desde la experiencia sensible y el reconocimiento de las asociaciones que hacen los estudiantes sobre el problema del ver. Así las discusiones discurren desde el problema de la visión hasta la refracción de la luz con el modelo de rayo que se replica en los libros de texto, donde el experimento de un lápiz en agua es el referente para mostrar la refracción de la luz. Este elemento es propuesto por los estudiantes

como un referente para pensar el problema de la óptica atendiendo a lo enseñado en su escolaridad anterior.

Desde este primer acercamiento, se decide como estrategia didáctica, problematizar los elementos que se conjugan en el problema asociado al ver desde la postura de Martha Gagliardi, donde la fuente, el observador y el objeto a ser observado conforman un sistema que permite la experiencia sensible.

Sin embargo, hay ausencia de fenómenos propios de comprender o problematizar su ver, es decir, fenómenos de su cotidianidad que les permita hablar de la experiencia del ver. Los colores no son una preocupación al igual que la luz, pues ella se explica a través del modelo de rayo que se conjuga con el problema del cambio de medio, para hablar así del fenómeno de refracción.

Por tanto, PM establece un dialogo con los estudiantes en los cuales propone dos experiencias que problematizan su forma de pensar el fenómeno óptico. La primera es en relación con la fuente luminosa, la luz y el objeto iluminado. Así, se enciende una linterna que se dirige hacia una ventana abierta, atendiendo a que aún hay luz solar, se pregunta. ¿Cómo saber si la linterna esta prendida? Efectivamente, ante la pregunta, que al parecer es obvia, empiezan a surgir una serie de argumentaciones por parte de Est1, Est2 y Est3 sobre dos situaciones: la ausencia de luz solar, es decir, el salón debe estar a oscuras y, por otro lado, que la luz de la linterna no muestre trayectoria, pero su presencia se evidencia en un cuerpo opaco. Inmediatamente el profesor mentor establece un vínculo entre esta aproximación experimental y la triada propuesta por Gagliardi (2006). Así, se evidencia que el fenómeno óptico pone en relación tres elementos: el observador- la fuente y objeto. Est2 realiza variaciones a la experiencia de manera mental, esta vez sugieren la posibilidad de mirar el paso de la luz de la linterna a través de un cristal con agua, pues consideran que el aire no permite evidenciar el **rayo de luz**, tal como ocurriría con el

infrarrojo. Es así, que realizan el montaje experimental, mostrando que la luz emanada por la linterna no muestra mayor efecto que en el aire, lo cual los lleva a concluir que existe una clasificación entre los medios: transparentes, translucidos y opacos. Ahora, E1 evoca el experimento usual de los libros de texto, en el cual se introduce un lápiz en un vaso con agua y se evidencia que la percepción visual es que el lápiz se parte en dos. Este experimento tiene asociada la palabra refracción. Por tanto, PM pregunta nuevamente ¿A qué se hace referencia con la refracción de la luz? E2 realiza el siguiente dibujo en el tablero.

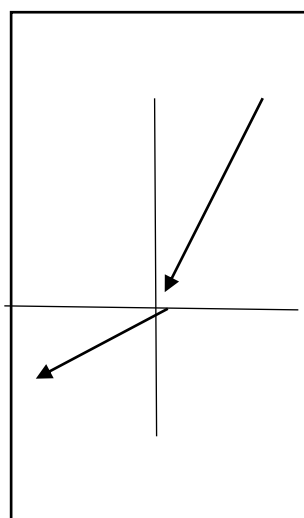


Figura 14. Dibujo realizado por E1 sobre la refracción de la luz

Este elemento lo reconocen Est1 y Est3, mencionando que el cambio de ángulo del rayo es producto del cambio de medio, por tanto, la refracción se da en el cambio de medio. Nuevamente, PM interroga a Est1, Est2 y Est3, sobre que fenómenos asociados a la refracción reconocen en su cotidianidad. Esto genera una serie de discusiones entre los estudiantes en donde se concluye que son pocos los fenómenos que asocian con la refracción de la luz. Reconocen el término debido a la escolaridad obligatoria y los experimentos clásicos sobre refracción. Inmediatamente empiezan a elaborar preguntas desde su cotidianidad sobre fenómenos ópticos

tales como ¿Por qué se puede ver a través de un vidrio polarizado? ¿Porque vemos los colores? ¿Cuál es la dificultad que tienen las personas que no distinguen los colores verde y rojo? ¿El ver a forma?

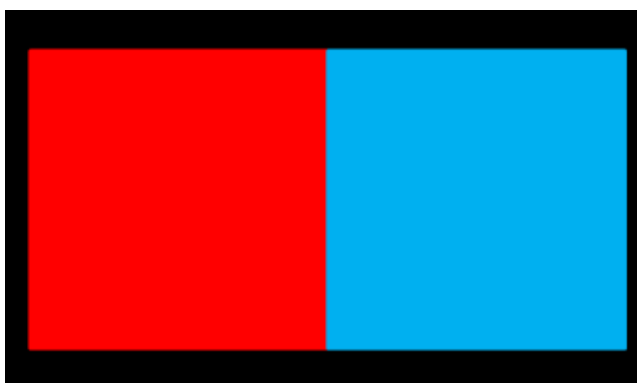
Este primer acercamiento genera un clima de confianza y posibilidad de dialogo que genera en los estudiantes la posibilidad de preguntarse desde su cotidianidad o intereses personales. La PN retoma la discusión sobre refracción y pregunta: cuando se habla de rayo y refracción ¿Qué científico evocan los libros de texto? Est1, Est2 y Est3 mencionan que Newton y su Óptica. Por tanto, este reconocimiento se utiliza como entrada al texto original. El acercamiento a este texto se propone con el propósito de reconocer los fenómenos que cita el texto y que se convierten en experiencias que permiten comprender el modelo físico propuesto, para este caso la luz. Est1, Est2 y Est3 hacen lectura del documento original en clase, discutiendo algunas palabras que parecen desconocidas y por tanto no permiten comprender en algunos aspectos a que hace referencia el texto. La palabra que más dificultad genera es *oblongo*. Así, se explora su definición a través de su significado en la RAE, sin embargo, es la que más causa ruido. Al final Est1 referencia el espectro oblongo en La fig. 15 de la pág. 41, donde se muestra el espectro oblongo. Por otro lado, este acercamiento permite el reconocimiento de una estructura del texto donde se describen los experimentos desarrollados por Newton y las definiciones y axiomas que abren el texto. A propósito, los experimentos 1 al 3 con el prisma asociados al color llaman la atención de E1 que se propone replicarlos para comprender la razón por la cual se escoge esta experiencia para probar la refrangibilidad de los colores azul y rojo. El primer fragmento que se analiza es el resultado del primer acercamiento al texto de Newton realizado por una estudiante

del curso. En este texto la estudiante intenta replicar el experimento realizado por Newton para probar la relación entre el color y la refrangibilidad de la luz.

Es interesante resaltar como este experimento es significativo y también es objeto de reflexión del propio Goethe, a propósito (Tobón & Romero, 2014; pág 419) mencionan:

Goethe analizó cada uno de los experimentos de la óptica de Newton. En particular el experimento que Newton utilizó para mostrar la eficiencia de su teoría de los colores. De

de papel rígido rojo y azul, respectivamente, y colocarlos exactamente el uno al lado del otro. (1991, p. 641)



mayor que el rojo, por tanto, debe notarse desplazado hacia arriba con respecto al cuadrado rojo. Con la intención de estudiar el fenómeno, Goethe hace variaciones exploratorias del

experimento a una teoría ya establecida. Encuentra entonces los mismos flecos de colores de los rectángulos a blanco y negro. El aparente desplazamiento del cuadrado azul es sólo la mezcla del fleco azul (color dióptrico) que resulta en la frontera del negro con el azul del propio cuadrado (color químico). [cuadrados en un fondo blanco?

los observadores tenga. Así, se evidencia como desde el mismo efecto producido, Goethe puede

construir explicaciones que se alejan de la idea de rayo, estableciendo un modelo fenoménico diferente al newtoniano.

Por su parte, los estudiantes no están en la misma búsqueda del ver que Newton, por tanto, la producción de efectos en su experiencia, no se dirige a mostrar la diferencia de nivel entre las imágenes de los colores producidos, solo cuando encuentran un efecto que llama la atención es que hablan de él. Este efecto es la inversión de la imagen de la vela a través del lente. Sin embargo, si hay una búsqueda propuesta por PN sobre el sentido de la experimentación que desarrolla Newton, esto con el fin de problematizar el fin de la experimentación. El reconocimiento de la intencionalidad de la experimentación está asociada a la comprensión del fenómeno fenomenológico e instrumental que guía la organización de la experiencia. En la última sesión solo E1 puede asistir y cuenta su experiencia en relación con el texto de Newton. Intento reproducir la experiencia propuesta por Newton de acuerdo a **(EDN1)**: *“El mismo efecto se podría observar aun cuando se variasen algunas de las condiciones como en el primer experimento, cuando el prisma y el papel mantienen diversas inclinaciones respecto al horizonte, así como cuando se traza líneas de colores sobre un papel muy negro. Pero, en la descripción de estos experimentos, solo establezco aquellas condiciones en las que el fenómeno resulte más visible, en las que a un principiante le resulte más fácil realizarlos o sencillamente en las que yo los realicé.”* Sin embargo, la descripción de los experimentos y la forma en que continuación, se presenta el análisis de los textos producidos por E1 después de haber interactuado con el texto original. Sin embargo, como profesor novel quedan algunas cuestiones sobre la gestión del texto que se expondrán a manera de reflexiones al finalizar esta tesis.

Análisis de los discursos producidos por los estudiantes en el marco del curso educación en física

Atendiendo a la intencionalidad de este apartado, el análisis de los textos producidos por los estudiantes en el marco del curso de educación en física se realizará desde dos categorías: la intertextualidad y experimentación.

Así, para la primera se tendrán en cuenta algunos elementos propuestos por (Zavala, 2013) en relación a la intertextualidad y (Marinkovich, 1999). Desde algunos elementos de contextos de interpretación, análisis textual, arqueología textual y la presuposición se pretende mostrar la relación del texto producido por los estudiantes y otros textos que configuran una forma de intervenir, organizar y comprender el mundo.

Desde la experimentación, se retoman las categorías propuestas por (Pickering, 1992) y adaptadas por (García E. G., 2011). Estas muestran la riqueza que existe en la experimentación, que en este caso es cualitativa y exploratoria.

Desde la interdiscursividad.

Desde el ACD, es preciso evidenciar las relaciones de poder a través del análisis de las prácticas sociales y en ellas particularmente el discurso, rescatando el papel de los discursos de aquellos grupos dominados y reivindicando la importancia de esta pluralidad de prácticas y

discursos en la construcción de sociedades más justas. Así, en este trabajo el análisis de la producción textual realizada por el estudio de caso es una apuesta por reivindicar los modos de construir y describir el mundo que el sujeto vive, haciendo inteligibles discursos científicos que explican el funcionamiento del mundo.

Particularmente en el caso de la Óptica, existen una serie de productos de la ciencia que circulan en la escuela desde la enseñanza tradicional. Así, si se pregunta a los estudiantes sobre el problema de la refracción de la luz, estos traerán a colación el experimento de un vaso con agua al que se le introduce un lápiz o se hace incidir un rayo de luz. Este va a evidenciar un efecto óptico que termina teniendo el título de refracción. ¿Qué puede decir un estudiante, aparte de este ejemplo, de la refracción de la luz? ¿Qué elementos apropia de la educación en ciencias para comprender fenómenos del mundo en relación con la óptica que sean significativos para el estudiante? ¿Con este tipo de productos es posible organizar y pensar la experiencia sensible en relación con el problema del color y generar un modelo explicativo que implique al estudiante en su búsqueda?

Con este tipo de preguntas se analiza la interacción entre los estudiantes y el texto original que tuvo lugar en el marco del curso de educación en física.

La interdiscursividad es un elemento del ACD que busca mostrar las relaciones entre los discursos y los órdenes de discurso que se producen, así como sus influencias. En este caso se ha tomado como elementos de análisis las negaciones, presuposiciones, citas, propias del análisis intertextual. Sin embargo, otras categorías asociadas a la relación estudiante-texto original, experimentación e imagen de las ciencias emergieron de la información recogida y se tendrán en cuenta.

Atendiendo a la organización planteada de los datos en el apartado anterior, se rescatarán los eventos discursivos que la estudiante produjo en dos textos escritos. Así, se enumerarán los eventos para facilitar su análisis. Se llamará (EDE) al evento discursivo de la estudiante.

Tabla 9. Eventos discursivos de la estudiante

Convención	EVENTOS DISCURSIVOS
EDE1	le cuento que intenté hacer el experimento, es muy complejo saber que es lo quiero y toma mucho tiempo hacerlo, casi me eché toda la noche del sábado, pero bueno,
EDE2	probé con tres lentes que me prestaron, intenté con varias posiciones, le pegué hilo negro, pero de todas las formas que busqué y con varias fuentes de luz, la vela, la lámpara y otra lámpara con más luz, seguía viendo el hilo muy marcado en los dos colores
EDE3	dependiente del color y de la fuente de luz se veía más en el azul o en el rojo, pero no encontré ese punto donde pudiera observar bien que cuando veía bien las líneas del rojo por ejemplo se vieran borrosas las otras.
EDE4	en ocasiones con el movimiento del lente pareciera que sí, pero volvía por momentos a ver las líneas del hilo bien marcadas en cada color...
EDE5	¡Me gustó mucho que cuando se pierde el foco dependiendo de la lente, cambia la imagen de posición (se ve boca abajo)! aunque no le tomé fotos a eso... :/

Esta experiencia se continuó explorando en la siguiente sesión y al final, la estudiante produce un texto en donde recoge las reflexiones que tuvieron lugar en las cuatro sesiones de trabajo sobre óptica.

Tabla 10. Eventos discursivos sesión final

Convención	EVENTOS DISCURSIVOS
EDE6	“Partiendo de los Fenómenos, no de las Teorías”
EDE7	En este documento se presentará la óptica como apartado importante dentro de la enseñanza de las ciencias, por su fenomenología y el

	papel de la luz dentro de ella.
EDE8	Para esto se realizará un recuento de lo que realizó Newton en algunos de los experimentos sobre la luz, replicando uno de ellos para el debido análisis y reflexión, con la intención de determinar los factores frente a los resultados obtenidos y como se puede aplicar este tipo de trabajos dentro del aula.
EDE9	La óptica es una rama de la física que explica los fenómenos de la luz, para explicar la luz como onda y cómo rayo.

Tabla 10. (Continuación).

Convención	EVENTOS DISCURSIVOS
EDE10	Por luz entiendo las partes menores de la misma, tanto las sucesivas en la misma línea como las contemporáneas en diversas líneas. Newton (1930).
EDE11	Newton partía de la premisa de definir la luz en partes, dándoles unas características específicas, pero a ¿qué se debían estas afirmaciones?
EDE12	En este caso Newton dedico gran parte de su tiempo a la observación y análisis de la luz ya que los físicos del momento negaban la existencia del vacío, por las creencias en Dios y en la iglesia, pero él por medio de experimentos y proposiciones pretendía dar una postura opuesta aceptando el vacío realizando postulados que lo comprobaran.
EDE13	Al leer algunas de las proposiciones establecidas por él en su libro ÓPTICA O TRATADO DE REFLEXIONES, REFRACCIONES, INFLEXIONES O TRATADOS DE LA LUZ, se encontraron tanto definiciones puntuales y experimentos muy bien planteados y explicados que demuestran puntos específicos, dejándome la sensación de que son muy fáciles de reproducir y veraces.
EDE14	Teniendo en cuenta lo anterior realizaré uno de los experimentos planteados en el libro con el propósito comprobar lo que Newton dice que se observó.
EDE15	Se tomará La Proposiciones 1. Teorema 1, Demostración experimental, experimento 2, en donde plantea un experimento que permitirá demostrar la refrangibilidad de los colores azul y rojo. Reflexionando sobre el efecto que pueden causar los hilos de seda negros a los que se les da tanto valor en el texto, se intentara realizarlo teniendo en cuenta los pasos que allí se expresan.
EDE16	A groso modo este consiste en tener un cartón oblongo pintado de negro y sobre el pintarlo de rojo y azul, colocando hilo por todos los lados de manera horizontal, después en la oscuridad ver a la luz de una vela a través de un prisma convergente, a una distancia de 6 pies la distorsión del hilo en el color rojo, y con el movimiento del prisma ver cómo se distorsionan los hilos en el color azul, cuando se está a esa distancia.

EDE17	 Imagen 1. Esta imagen muestra el papel con los colores azul y rojo, envueltos con hilo negro común y la respectiva luz proveniente de una vela. Experimento realizado en mi casa el día 13 de abril de 2013.
-------	--

Tabla 10. (Continuación).

Convención	EVENTOS DISCURSIVOS
EDE18	 Imagen 2,3. A través de un chorro de luz que entra por un orificio hecho por un alfiler sobre un cartón y solo con la luz de la vela, se logran observar los hilos negros definidamente.
EDE19	Es importante aclarar que fue imposible tomar la foto en el momento que se observaba por la lente, ya que no tenía los medios suficientes para hacerlo, limitando esto a observar lo que planteaba el texto.
EDE20	Cabe aclarar que intente de muchas formas y con muchos objetos diferentes para ver la diferencia de refrangibilidad de esos dos colores, como, por ejemplo, la lámpara con el chorro de luz hacia el papel, otra fue hacia otro objeto, con la luz encendida y el prisma, cambie la posición del papel, pero como es notorio deje muchos otros elementos de lado.
EDE21	Los resultados obtenidos fueron muy desilusionantes ya que pretendía observar lo planteado en el texto y fue imposible, se tuvieron muchos pensamientos e hipótesis mientras se realizaba dicho experimento, pero considero que por otro lado fue verdaderamente significativa la experiencia ya que logré observar que cuando me alejaba de la vela observando a través del prisma se invertía la imagen, causándome mucha impresión y

	generándome otro tipo de preguntas e intereses, que a lo mejor no tienen nada que ver con los que tenía Newton en su momento.
EDE22	Factores que intervienen en la replicación de experimentos
EDE23	Puedo inferir que los factores que pudieron haber intervenido para que el experimento fuera un éxito frente a lo que buscaba al principio del experimento son: 1. El Tiempo. 2. Las Variables. 3. La subjetividad.

Tabla 10. (Continuación).

Convención	EVENTOS DISCURSIVOS
EDE24	constituyen los hechos sobre los que se basa la ciencia, ciertamente no son dados directamente a través de los sentidos. Se logran con esfuerzo y el establecerlos implica un considerable saber mucha práctica de ensayo y error, y la explotación de tecnología disponible.
EDE25	Tampoco son sencillos los juicios acerca de la idoneidad de los resultados experimentales. Los experimentos son adecuados y revelan o midan, solo si su disposici (Chalmers, 2000)
EDE26	Teniendo en cuenta lo que plantea Chalmers se tiene en cuenta otro factor que ejemplifica que es necesario tiempo para ser más certero en los experimentos que se deben realizar ya que hace parte de un proceso arduo que permita encontrar las variables que disminuyan los porcentajes de error, partiendo de esto se podría dar resultados veraces o más fundamentados.
EDE27	El segundo factor hace referencia a las variables que se deben tener en cuenta para realizar el experimento, pero que por diversas razones no se tienen las condiciones, dándole poca importancia, como lo son en este caso, el hilo de seda, la distancia, el cartón, la forma oblonga, los colores intensos, la lente, que por ser tan explícitamente detallado en el texto se consideraría que jugaron un papel vital para la observación del fenómeno planteado.
EDE28	pero es muy particular que hay algunos detalles que se pasaron por alto, como, por ejemplo, ¿cómo Newton hizo la medida de la distancia entre el suelo y el vidrio de la lente? ¿Qué utilizó para medir? ¿Por qué razón no lo tiene en cuenta en el texto? En estas variables incluyo la traducción del texto que pudo haber sufrido cambios de acuerdo al traductor.
EDE29	El tercer y último factor es la subjetividad de quien plantea el experimento

	como de quien lo realiza, ya que se ven enmarcados por pensamientos y forma de ver las cosas de manera distinta, aun estableciendo un común y entendiendo entre las partes los mismo, la forma de reconocer el fenómeno no es la misma y la forma de expresarlo tampoco.
EDE30	Si se analizara rigurosamente este experimento y de todas las maneras posibles para buscar el resultado de refrangibilidad de estos colores, se podría decir que no es veraz o que pudo ser manipulado o en el peor de los casos una mentira a cuesta, ya sea por la época y las presiones del momento que permitieron la aprobación de muchas cosas que no determinan el porqué de las cosas, pero si un poder
EDE31	Poder que da la ciencia, poder que da el conocimiento y la inteligencia de pensar las cosas y conocer una forma sistemática y única de organizar el conocimiento

Tabla 10. (Continuación).

Convención	EVENTOS DISCURSIVOS
EDE32	Surge una duda en especial, que no se puede ni pensar, ¿será que Newton se pudo haber equivocado? la idea de quién es Newton y la forma en que se vendió su conocimiento a la sociedad no permite dudas, ni mucho menos alteraciones en ellas, ni dejan brechas para poner en tela de juicio sus planteamientos, no, eso no ocurre, la culpa es del que lo intenta reproducir y escrito, solo dependerá del nivel de poder de otro que pueda refutar o agregarle algo o generar nuevos esquemas del fenómeno, pero seguramente desde su subjetividad y análisis, permeado por infinidad de situaciones y condiciones que le dan de nuevo características ligadas al contexto, que en un concepto muy personal no podrían llegar a ser leyes de la sociedad.
EDE33	La educación y la óptica
EDE34	Lo realmente importante es que durante la experiencia se logren encontrar cosas nuevas, observar fenómenos que no se planteado en el texto, despertar la propia curiosidad y buscar la forma de construir la explicación de lo nuevo, de los intereses, el hecho cobra valor cuando se descubre y se vuelve propio el interés.
EDE35	Es en este punto donde entra la educación hacer su aporte para la enseñanza de la óptica o en cualquier rama de la física es el uso del fenómeno para la observación y análisis, que el uso de la teoría para comprender el fenómeno.
EDE36	Como lo plantea Gagliardi (2006) enseñar óptica significa guiar a los estudiantes desde sus percepciones y emociones cotidianas, sus modos el punto de vista de la física, para que se den cuenta de que la óptica es uno entre los múltiples puntos de vista contruidos por la cultura para afrontar este tema.

EDE37	Este tipo de experiencias y experimentos son importantes llevarlos al aula, pero no con la intención de replicar o de promover a Newton, si no con la intención de poner al estudiante a analizar, reflexionar e investigar, para generar nuevas propuestas y posturas propias frente a los fenómenos.
EDE38	Las ciencias brindarán muchas explicaciones, en ocasiones unas más apropiadas que las otras, pero cobrará sentido el mundo cuando sea el individuo quien dé respuesta por su propia experiencia a los fenómenos, o al menos los que ocurren en su vida cotidiana, cuando se vuelve para él una necesidad la reflexión del medio que lo rodea y ejerce sobre esto el interés de investigar y construir sus propias respuestas, respuestas que serán válidas en su propia naturaleza de comprender el mundo.
EDE39	La educación en física cobra vida cuando hago parte del experimento, cuando me involucro en él y lo cuestiono, cuando le doy vida al hecho, cuando logro reflexionar sobre los fenómenos y genero respuestas que me llevan a nuevas preguntas, cuando permito que el otro piense y le doy valor a sus interpretaciones.

Tabla 10. (Continuación).

Convención	EVENTOS DISCURSIVOS
EDE40	La educación en física, aunque tiene su complejidad, requiere de una buena planeación y manejo de los fenómenos como partida para la enseñanza, que pueden llegar a generar grandes pensadores de la ciencia, gente crítica que aporta al conocimiento en sus diversos ámbitos.
EDE41	ÓPTICA O TRATADO DE REFLEXIONES, REFRACCIONES, INFLEXIONES O TRATADOS DE LA LUZ. Newton, Sir Isaac. 1930. ¿QUÉ ES ESA COSA LLAMADA CIENCIA? Chalmers, Alan F. 1999. UN SITIO WEB PARA LA APROXIMACIÓN FENOMENOLÓGICA DE LA ENSEÑANZA DE LA LUZ Y LA VISIÓN. Gagliardi, Martha, Giordano, Enrica y Recchi, Maurizio. Enseñanza de las Ciencias. 2006.

Análisis textual: organización del texto producido por el estudio de caso.

El primer texto que se analiza es un fragmento de un correo en la cual la estudiante notifica el resultado de la experiencia de manera muy sucinta. Es un primer texto que continuará construyéndose en la medida en que se interviene en el aula.

En EDE1 la estudiante presenta la dificultad en la replicación del experimento. Inicialmente, la búsqueda en el texto original es por los hechos que logra estabilizar Newton para explicar la refrangibilidad y el color, sin embargo, desde la perspectiva del profesor Novel, la experimentación debe estar guiada por una intencionalidad, ya sea en primera instancia, evidenciar un efecto. Por tanto, propone el desarrollo de la experimentación exploratoria, bajo la

firmación ***es muy complejo saber***

que es lo quiero y toma mucho tiempo hacerlo” muestra que el estudiante toma la consigna y ubica una intencionalidad para su exploración. Además de caer en cuenta que la experimentación es un proceso que requiere esfuerzo

un hallazgo fortuito que es independiente del científico.

En EDE2 y EDE3 hay una alusión al resultado obtenido por Newton en FL2, para ello explora con diferentes materiales, fuentes y posiciones para dar cuenta de lo observado por Newton. Al parecer la intención que guiaba esta exploración es la comprobación de la experiencia que Newton describe. ¿Por qué la necesidad de comprobar? Porque una de las ideas más fuertes asociadas a la experimentación y la replicación de resultados es que son independientes del contexto, es decir, se puede replicar el experimento en cualquier parte del planeta y el fenómeno es el mismo. Esto hace que el fenómeno sea universal. Por otro lado, en EDE5, la experimentación exploratoria genera un fenómeno que la estudiante logra estabilizar y describir,

me gustó mucho que...

elemento central en este tipo de experimentación y es la capacidad de conectar al estudiante con la percepción de los fenómenos.

Después de este texto escrito, nos volvemos a encontrar en el curso de educación en física, donde la estudiante muestra las fotografías del experimento desarrollado (Ver anexos) haciendo

énfasis en el fracaso en la replicación del experimento FL2. En el ejercicio de reflexión el profesor novel dirige la discusión en torno a hacer explícito lo que Newton quería producir y mostrar con el tipo de organización en el experimento, así, la organización y disposición de los elementos que intervienen en la experimentación no son al azar (Pickering, 1992). El procedimiento material y los modelos instrumental y fenomenológico surgen en la experimentación para ordenar y orientar la búsqueda. La estudiante reflexiona sobre algunas preguntas que le surgieron mientras replicaba la experiencia, esto tiene que ver con la distancia del observador al cartón, el tipo de pinturas usadas para pintar el cartón, el tipo de hilo, pues ella uso hilo no de seda y el tamaño del prisma.

Siendo esta la última sesión de clase se les pide a los estudiantes producir un texto donde recojan la experiencia de las cuatro sesiones. Por tanto, el segundo texto analizado es el producto final de las sesiones sobre Óptica y el problema del ver. En este texto se incorporan elementos del primero y se amplía la reflexión. Esta escrito a manera de artículo. A continuación, se muestra la organización a través de títulos y subtítulos:

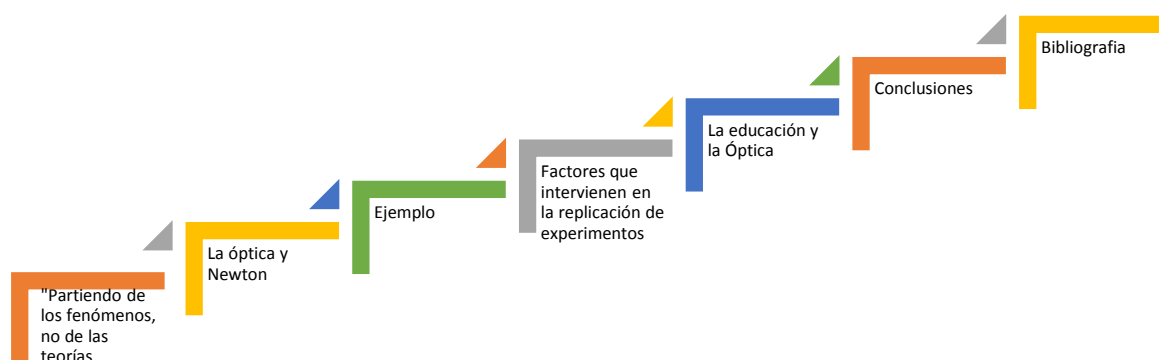


Figura 15. Esquema organizativo del texto producido por el estudio de caso

Esta organización que vincula elementos de un artículo de investigación desde su estructura macro también sufre modificaciones por la naturaleza del texto y lo que se quiere comunicar con él. Así, el resumen, las conclusiones y la bibliografía son elementos propios del artículo, pero los otros títulos son parte de la forma en que la estudiante reflexiona y narra sus reflexiones. A continuación, se presenta a manera de macro estructura (Izquierdo, Márquez, & Gouvea, s.f.) Lo presentado en cada apartado.

Tabla 11. Microestructura del texto producido por el estudio de caso

APARTADO	MACROESTRUCTURA
Resumen	Se presenta la estructura del texto.
La óptica y Newton	La óptica de Newton define que es la luz y plantea experimentos y proposiciones que muestran una postura opuesta a los plenistas de la época.
Ejemplo	Se replica la demostración experimental del teorema 2 sobre la refrangibilidad de los colores, sin embargo, no se logra evidenciar los efectos mencionados por Newton y se observan otros efectos.
Factores que intervienen en la replicación de experimentos	Los factores que intervienen en la replicación del experimento de manera exitosa son: el tiempo, las variables y la subjetividad. El primero hace referencia al tiempo que se requiere para pulir el experimento eliminando variables y disminuyendo el porcentaje de error, la segunda son las variables propias del experimento como distancias, elementos para medir, etc. y la última variable es la subjetividad de quien realiza el experimento que tiene formas de ver y pensar las cosas.
La educación y la óptica	La importancia de la experiencia es lograr encontrar cosas nuevas y observar fenómenos no planteados en el texto poniendo a reflexionar e investigar al estudiante.
Conclusiones	La educación en física cobra vida cuando

Existen algunos elementos a resaltar de cada apartado que hacen parte de la constitución del texto. Así el mismo no presenta una estructura causa-efecto sino descriptiva y dialógica haciendo una reconstrucción de la experiencia y tejiendo entre éstas una reflexión sobre su propia interacción con el texto original.

Ejemplo: En el ejemplo se describe el experimento realizado por Newton y las modificaciones que se fueron agregando a medida que se intentaba replicar la experiencia. Es importante de este

apartado como se intenta mostrar y dar cuenta de lo observado a través de la toma de fotografías. Ellas en sí mismas se presentan como una narración de la experiencia, paso a paso.

La educación y la óptica, es un apartado que se piensa no desde la propia formación y lo ganado en el curso sino en un aula hipotética, desde el rol de futuro profesor de ciencias naturales. En él se hace énfasis en el sujeto y la relación con la experiencia desde el ámbito educativo.

Desde los factores que intervienen en la replicación de experimentos se generan tres categorías desde las cuales se explica por qué la replicación no fue exitosa. Sin embargo después de comentar las tres categorías, se presenta una crítica al texto original a manera de duda, en la cual se tienen en cuenta la posibilidad de manipular las entidades para obtener los resultados esperados (Knorr- Cetina, 1995) y los elementos que intervienen en la validación de un texto desde la estructura de poder en la que se ubica la ciencia en la sociedad (Feyerabend, 1986), efectivamente en este apartado se pone de relieve elementos de la imagen de ciencia que entran en conflicto. Luego de la crítica, se matiza las afirmaciones a través de la duda sobre la forma de producir el texto por Newton, [...] *Es por esto que no podría asegurar que este experimento fue manipulado, ni mucho menos que no lo fue, ya que no lo sé y para comprobarlo eficazmente requeriría de un arduo trabajo en todos los aspectos posibles evitando tanto porcentaje de error en los factores establecidos anteriormente, pero lo que sí podría asegurar es que la mejor opción no sea la deducción y comprobación de la refrangibilidad de los colores[...]*. Sin embargo, se logra pensar otro uso de la replicación por fuera de la com

La educación en física, aunque tiene su complejidad, requiere

de una buena planeación y manejo de los fenómenos como partida para la enseñanza, que pueden llegar a generar grandes pensadores de la ciencia, gente crítica que aporta al conocimiento en sus diversos ámbitos”

Arqueología textual y presuposiciones.

Atendiendo a un aspecto del ACD en relación con el texto en sí mismo, se analizarán los eventos discursivos de los textos a la luz de algunos elementos de la arqueología textual y las presuposiciones con el fin de mostrar la influencia de otros textos y discursos en la producción del texto de E1.

Tabla 12. Correo de E1 el día 14/04/13

ELEMENTOS DE ANÁLISIS INTERTEXTUAL	EVENTO DISCURSIVO	REFERENCIA A
Negaciones	pero <u>no</u> encontré ese punto donde pudiera observar bien que cuando veía bien las líneas del rojo por ejemplo se vieran	Esta negación hace referencia a lo que el texto de Newton propone que se debería ver con el prisma en FL2.
Presuposiciones	es muy complejo saber que es lo quiero y toma mucho tiempo hacerlo	Presuposiciones: a) La estudiante no sabe que es lo que quiere b) La estudiante consideraba que era posible hacerlo en menos tiempo del que ahora considera se debe utilizar para desarrollar la experiencia.

Tabla 11. (Continuación).

ELEMENTOS DE ANÁLISIS INTERTEXTUAL	EVENTOS DISCURSIVOS	REFERENCIA A.
Citas	EDE10	Esta cita hace referencia D1 de Newton.
	EDE24-EDE25	Esta cita se retoma del texto ¿Qué es esa cosa llamada ciencia? Del filósofo y físico, Alan Chalmers. Se ubica en el apartado sobre el
Alusión	EDE6	Esta alusión se realiza sobre la definición clásica de la óptica como rama de la física que aparece en diferentes libros de texto y buscadores de internet.
	EDE7	Cuando se menciona el termino fenomenología, hace alusión al discurso desarrollado en clase por el profesor experto.
	EDE13	Alusión al texto de la Óptica de Newton.
	EDE16	Alusión al experimento FL2 de Newton. Las fotografías son una forma de dar cuenta de lo observado por parte de la estudiante.
	EDE17	
	EDE18	
	EDE34	Alusión al discurso desarrollado por el profesor experto en el curso de Educación en Física. Esto se
	EDE35	
Negaciones	EDE39	Esta alusión hace parte del desarrollo teórico y práctico del curso de Educación en Física. La ubicación del sujeto como elemento central en la sobre la experimentación desde la perspectiva sociocultural.
	EDE21	La negación que se presenta aquí tiene que ver con la falta de ocurrencia del experimento.
	EDE37	Se utiliza la negación para mostrar lo que E1 identifica como usualmente ocurrente y no debería ocurrir. Así, no se debe llevar al aula de clase el experimento para replicarlo (como lo hace la estudiante)

Tabla 11. (Continuación).

ELEMENTOS DE ANÁLISIS INTERTEXTUAL	EVENTOS DISCURSIVOS	REFERENCIA A.
Mención	EDE8	Se hace mención al científico: en este caso Newton y la experimentación sobre la luz que realizó.
	EDE11	Se menciona a Newton y se parafrasea D1 y D2 para luego cuestionar la emergencia o génesis de las definiciones.
	EDE12	Se hace mención a Newton y se realiza una explicación sobre la óptica y su relación con el problema del vacío.
	EDE26	Se menciona el trabajo de Chalmers sobre el experimento y la producción y puesta al día de los resultados experimentales, en donde se establece como argumento el tiempo que se gastan los científicos produciendo un resultado experimental.
	EDE32	Esta mención a Newton es particular en tanto se establece la duda sobre el trabajo de Newton y se describe como se ha presentado el conocimiento científico desarrollado por el mismo.
	EDE36	Esta mención al trabajo sobre la visión y la óptica de Martha Gagliardi a través de la paráfrasis, tiene la intención de presentar la importancia de la óptica, es un argumento de autoridad que refrenda lo mencionado en EDE35.
	EDE13	En este apartado se hace una alusión a la intencionalidad que dirige el curso. El rescate de la experimentación para organizar una base fenomenológica en la física desde diferentes estudios de caso.
Presuposiciones	EDE22- EDE23	Se analiza la dificultad presentada en la replicación del experimento, suponiendo que es el tiempo, las variables y la subjetividad, los causantes de la falta de éxito en la misma.
Transformaciones	EDE14	En este apartado se muestra la transformación de la descripción del experimento a una acción con el propósito de comprobar. Se fija la intención con la que se guía la reproducción.
	EDE15	En este evento aparece una transformación particular y es el énfasis que se coloca en uno de los elementos que se mencionan en la experimentación y que son objeto por parte de E1 de estudio. El evento EDE8 sufre una transformación pues la intención con la que se realiza el recuento del experimento, inicialmente era para analizar y reflexionar, con el fin de aplicarlo al aula de clase.

Lo primero que se encuentra es un intento de replicar las experiencias que Newton narra sobre la relación entre el grado de refrangibilidad y el color. Así, desde el texto original de Newton, en el escolio aparece el siguiente evento discursivo: “[...] *Pero, en la descripción de estos experimentos, solo establezco aquellas condiciones en las que a un principiante le resulte más fácil realizarlos o sencillamente en las que yo los realice [...]*”

Atendiendo a la intención de acercarse al original en la búsqueda de la fenomenología que Newton construye para dar cuenta de la refrangibilidad y su relación con los colores (intención con la que se presenta y se introduce el fragmento del texto original de la Óptica de Newton), la estudiante decide replicar los mismos EDE14 y EDE21. Esto evidencia las relaciones asimétricas de autoridad presentes en la interacción Óptica de Newton- Estudiante. Por un lado, desde la presuposición que tal como se ha descrito en el texto original funciona el mundo y el carácter universal de la ciencia (Hacking I. , 1996) permite que se pueda replicar cualquier experiencia en cualquier parte y el resultado no varíe. En segundo momento, la construcción retórica de Newton que tiene un efecto sobre E1, pues a la ausencia de una forma de explicar el fenómeno de la refracción o darle sentido a los productos que recoge de experiencias anteriores en la escuela, opta por replicar la experiencia sin discutirla ni ponerla en un estado de revisión y análisis. Esto se evidencia en EDE8.

Al replicar la experiencia, encontramos en el discurso que moviliza la estudiante a través del análisis de sus negaciones, presuposiciones y citas, lo que quería ser observado al decidir replicar y lo movilizó a través de su experiencia.

Las negaciones evidencian que se esperaba observar el fenómeno tal cual lo describe el texto de la Óptica de Newton EDE21. Sin embargo, esta evidencia también muestra la falta de reflexión sobre la experimentación como un proceso de construcción de efectos sensibles, estabilización de entidades, puesta en juego de un procedimiento material que logre mostrar evidencias del comportamiento del mundo. Así, la replicación para comprobar lo que decía el texto original, muestra un aspecto asociado a la imagen de ciencia que se tiene: el experimento es subsidiario de la teoría y es universal, pues los científicos descubren cómo funciona el mundo, por tanto, después de descrito el funcionamiento, el fenómeno debe ser posible de ser observado en cualquier condición, se evidencia en EDE13 una cita al texto de Newton que va a ser objeto de replicación. Llama la atención el juicio de valor realizado en EDE13, pues E1 dice *se encontraron tanto definiciones puntuales y experimentos muy bien planteados y explicados que demuestran puntos específicos, dejándome la sensación de que son muy fáciles de reproducir y veraces*". Es posible que sea fruto de la retórica utilizada por Newton que se muestra descriptiva y detallada y genera en E1 una sensación de reproducción con un valor de verdad positivo que se complementa con un elemento de la imagen de la ciencia que es cotidiano, la precisión del científico. Es decir, el detalle con que narra la experimentación desarrollada genera en el lector

El propósito de comprobar lo que Newton dice que observó hace parte de la imagen de ciencia que se tiene y se divulga, en el aspecto de la replicación y universalización de los experimentos. La construcción retórica del texto de la Óptica invita al lector a replicar la verdad pues el experimento sirve para comprobar la teoría. ¿Y qué ocurre si no se observa lo mismo?

Entre EDE16 y EDE21 se describe la replicación del experimento, combinando impresiones personales de los resultados y las modificaciones introducidas en la búsqueda de observar lo

mencionado por Newton en FL2. En EDE21 menciona que los resultados fueron desilusionantes porque no logro ver lo que Newton decía. Al analizar las dificultades en la replicación, se apoya en una cita de (Chalmers A. , 1984) para mostrar porque es tan difícil y lleva tanto tiempo lograr un resultado experimental (EDE25), lo que supone que sigue pensando que la dificultad está en ella y su poco tiempo para conseguir replicar fehacientemente las experiencias de Newton. Sin embargo, antes de la replicación, la presuposición que existía era que solo se requería de los elementos mencionados y seguir los pasos que Newton describe para evidenciar lo mismo. Este elemento se desplaza para dar paso a relativizar la experiencia y contemplar la dificultad y el alto grado de esfuerzo que se requiere para producir y estabilizar un fenómeno.

Las citas son utilizadas para inducir al lector del texto a las reflexiones que la estudiante tiene lugar al narrar la experiencia que tuvo en la reproducción del experimento de Newton. En el documento se hace referencia a través de la cita a Newton y el trabajo de la óptica desde donde se retoma la definición de luz (EDE10), lo cual muestra que antes de ser problemática, se retoma como muestra de autoridad y verdad sin ningún enlace con lo desarrollado posteriormente.

La cita retomada de Gagliardi se utiliza para refrendar el argumento que plantea la estudiante sobre la importancia del sujeto en la construcción del fenómeno óptico. Como lo plantea Gagliardi (2006) enseñar óptica significa guiar a los estudiantes desde sus percepciones y emociones cotidianas, sus modos diferenciados de considerar la luz, la visión, la sombra, la
 ra que se den cuenta de que la óptica es uno
 entre los múltiples puntos de vista contruidos por la cultura para afrontar este tema.

Se logra mostrar la importancia del sujeto en la actividad y sus formas de ver la subjetividad de quien plantea el experimento como de quien lo realiza, ya que se ven enmarcados por pensamientos y forma de ver las cosas de manera distinta, aun estableciendo un común y

entendiendo entre las partes los mismo, la forma de reconocer el fenómeno no es la misma y la forma de expresarlo tampoco.

El curso y su influencia en la forma en que se concibe la experiencia se evidencia a través de las alusión entre comillas del título **“Partiendo de fenómenos no de teorías”** y en apartados como: [...] *Lo realmente importante es que durante la experiencia se logren encontrar cosas nuevas, observar fenómenos que no se planteado en el texto, despertar la propia curiosidad y buscar la forma de construir la explicación de lo nuevo, de los intereses, el hecho cobra valor cuando se descubre y se vuelve propio el interés[...].*

Como se evidencia, el texto que construye la estudiante, combina elementos del curso de Educación en Física, que se entrelazan con el texto original, en algunos casos problematizado, en otros simplemente asumido como argumento de autoridad y otros discursos a los que la estudiante ha estado expuesta desde otras experiencias.

Análisis desde la experimentación a la luz de las categorías de Pickering.

En la replicación del fenómeno se logra ubicar a la estudiante en un papel activo frente al fenómeno óptico, sin embargo, no se logra problematizar la experiencia sensible que ella tiene y dar lugar a la construcción de explicaciones sobre lo observado.

La decisión de replicar el experimento tiene un efecto sobre la forma en que se concibe el conocimiento científico y su valor de verdad, más que en la problematización del fenómeno óptico que Newton intenta caracterizar. Así la pregunta por la construcción de entidades desde las definiciones y los experimentos no se vuelve objeto de reflexión por parte de la estudiante.

Se logra problematizar el procedimiento material, esto es, la elección de los elementos que intervienen en la experimentación y su papel en la producción del efecto, esto es:

[...]condiciones, dándole poca importancia, como lo son en este caso, el hilo de seda, la distancia, el cartón, la forma oblonga, los colores intensos, la lente, que por ser tan explícitamente detallado en el texto se consideraría que jugaron un papel vital para la observación del fenómeno planteado, pero es muy particular que hay algunos detalles que se pasaron por alto, como por ejemplo, ¿cómo Newton hizo la medida de la distancia entre el suelo y el vidrio de la lente? ¿Qué utilizó para medir? ¿Por qué razón no lo tiene en cuenta en el texto? En estas variables incluyo la traducción del texto que pudo haber sufrido cambios de acuerdo al traductor [...].

La experimentación no se realiza de manera desprevénida, por el contrario, en ella se ponen en juego un modo de comprender el fenómeno, esto es, un modelo fenoménico sin embargo el estudio de caso no logra describir el experimento y reconocer la intención del mismo, así como tampoco se evidencia un modelo fenoménico que se ponga en juego en los efectos que logra estabilizar, en conclusión, no se logra problematizar esta intención con la forma de organizar el experimento, esto es, no se logra mostrar la relación entre el modelo fenoménico y el instrumental.

En el proceso de experimentación y en la búsqueda de generación de efectos o de observación del fenómeno como lo describe Newton, la estudiante empieza a desarrollar un procedimiento material que le permite explorar de manera cualitativa el fenómeno a través del prisma y las lentes. Sin embargo, como su propósito es la replicación, el hecho de no obtener lo mismo a pesar de seguir los pasos descritos, genera una crítica frente a su propio que hacer ¿será que estoy haciendo algo mal? Y desvía la posibilidad de continuar la organización de la experiencia sensible desde lo observado.

Tabla 13. Comportamiento de la luz y el fenómeno de la refrangibilidad

COMPORTAMIENTO DE LA LUZ Y EL FENÓMENO DE LA REFRANGIBILIDAD.	EXPLORACIÓN ESTUDIANTES (Esta exploración se hace en el marco del curso de Educación en Física, el estudio de caso es una estudiante que pretende reproducir uno de los experimentos de Newton)
Producción de Efectos	A groso modo este consiste en tener un cartón oblongo pintado de negro y sobre el pintarlo de rojo y azul, colocando hilo por todos los lados de manera horizontal, después en la oscuridad ver a la luz de una vela a través de un prisma convergente, a una distancia de 6 pies la distorsión del hilo en el color rojo, y con el movimiento del prisma ver como se distorsionan los hilos en el color azul, cuando se está a esa distancia.  Imagen 1. Esta imagen muestra el papel con los colores azul y rojo, envueltos con hilo negro común y la respectiva luz proveniente de una vela. Experimento realizado en mi casa el día 13 de abril de 2013.
Creación y estabilización de fenómenos	
Datos y resultados experimentales	Los resultados obtenidos fueron muy desilusionantes ya que pretendía observar lo planteado en el texto y fue imposible, se tuvieron muchos pensamientos e hipótesis mientras se realizaba dicho experimento, pero considero que por otro lado fue verdaderamente significativa la experiencia ya que logré observar que cuando me alejaba de la vela observando a través del prisma se invertía la imagen, causándome mucha impresión y generándose otro tipo de preguntas e intereses, que a lo mejor no tienen nada que ver con los que tenía Newton en su momento.

Manipulación de Entidades	
Diseño y construcción de aparatos	
La construcción de modelos y explicaciones	

Como se puede evidenciar, la experimentación desarrollada por el estudio de caso, quedo en un primer nivel donde se lograron generar efectos sensibles y dar cuenta de los datos y resultados experimentales, sin embargo, se hace necesario mayor intervención didáctica para continuar con el proceso de organización y construcción de modelos y explicaciones. Como se puede evidenciar, las categorías aquí utilizadas no necesariamente aparecen todas ni secuencialmente en la experimentación, se utilizan para mostrar los diferentes procesos que tienen lugar en la experimentación en este caso cualitativa y que muestra la riqueza conceptual que existe en ella, pocas veces contemplada en la enseñanza de las ciencias.

Otros elementos emergentes en la interacción original- estudiante- profesor

Llama la atención en el proceso de análisis tres categorías que emergen en el texto producido por la estudiante en relación con la experimentación desarrollada. Las actitudes frente a la experiencia y el texto original, el papel del sujeto en la construcción del fenómeno óptico y reflexiones sobre el uso del experimento en el aula de clase.

Las actitudes frente a la experiencia y al texto original.

En esta categoría se expresa un elemento poco resaltado en la actividad experimental y la relación del sujeto con el texto original: la curiosidad y la actitud positiva frente a la producción de efectos. Es parte constitutiva de la experimentación la búsqueda de indagación, así como la

posibilidad de asombrarse y sentir fascinación por lo observado. Al contrario, en la ausencia de efectos sensibles se genera una desmotivación que debe superarse desde la reflexión y la búsqueda de respuestas a la ausencia de efectos. En el texto producido por el estudio de caso, constantemente se hace alusión a este tipo de actitudes y sentimientos en relación con la experimentación que desarrolla, esto es: *“[...] me gustó mucho que cuando se pierde el foco dependiendo de la lente, ¡cambia la imagen de posición (se ve boca abajo)! aunque no le tomé fotos a eso...:/ [...] Los resultados obtenidos fueron muy desilusionantes ya que pretendía observar lo planteado en el texto y fue imposible, se tuvieron muchos pensamientos e hipótesis [...] logré observar que cuando me alejaba de la vela observando a través del prisma se invertía la imagen, causándome mucha impresión y generándome otro tipo de preguntas e intereses, que a lo mejor no tienen nada que ver con los que tenía Newton en su momento [...]*

Como se puede ver, este es un primer nivel de relación del sujeto con la experiencia sensible que se debe explotar y tener en cuenta como variable Didáctica en el aula.

Desde la relación con el texto original, se evidencia a través de juicios de valor, la relación asimétrica y de aceptación del contenido del texto por la autoridad social que representa el mismo, esto es: *[...] se encontraron tanto definiciones puntuales y experimentos muy bien planteados y explicados que demuestran puntos específicos, dejándome la sensación de que son muy fáciles de reproducir y veraces [...]*. Al respecto, la decisión de replicar la experiencia así como de catalogar los experimentos de veraces, muestran cómo se concibe el texto y que relaciones tiene con la ciencia y sus exponentes como figuras de autoridad en relación con la verdad, esto se evidencia en el siguiente evento discursivo: *[...] Surge una duda en especial, que no se puede ni pensar, ¿será que Newton se pudo haber equivocado? la idea de quién es Newton y la forma en que se vendió su conocimiento a la sociedad no permite dudas, ni mucho menos*

alteraciones en ellas, ni dejan brechas para poner en tela de juicio sus planteamientos, no, eso no ocurre, la culpa es del que lo intenta reproducir y si no ve lo mismo tendrá que acomodar su “lente”[...]. Ese tipo de relaciones verticales no permiten cuestionar y repensar el conocimiento científico, así, el lector del texto, que tiene esta actitud frente al texto, solo se cuestionará a sí mismo y terminará aceptando el producto científico como un acto de fe. Esto implica necesariamente repensar el papel del original en la imagen de ciencia que se evidencia en este tipo de actitudes.

El papel del sujeto en la construcción del fenómeno óptico:

Un elemento característico de la reflexión que se logra en el texto producido por el estudio de caso, es el papel que se le otorga al sujeto en la construcción del fenómeno óptico. Las citas al texto de Martha Gagliardi, así como la primera reflexión final dan cuenta de la problematización del sujeto. Esto muestra una influencia del curso, pues logra desplazar la mirada de los productos de la ciencia y los modelos que circulan socialmente a través de los libros de texto, la televisión, el internet entre otros, y centrar la atención en el sujeto-estudiante a profesor. Así, esta experiencia y reflexión ubicó al estudio de caso en el centro del proceso experimental, esto es:

[...] Las ciencias brindarán muchas explicaciones, en ocasiones unas más apropiadas que las otras, pero cobrará sentido el mundo cuando sea el individuo quien dé respuesta por su propia experiencia a los fenómenos, o al menos los que ocurren en su vida cotidiana, cuando se vuelve para él una necesidad la reflexión del medio que lo rodea y ejerce sobre esto el interés de investigar y construir sus propias respuestas, respuestas que serán válidas en su propia naturaleza de comprender el mundo.[...]

El papel de la experimentación en el aula de clase:

Una de las reflexiones que más llaman la atención es el papel de la experimentación en el aula de clase que la estudiante le asigna. El primer acercamiento que se tuvo a la experimentación fue a través de la replicación para comprobar la teoría. Los experimentos citados eran producto de imágenes y referentes que se traían de los libros de texto que poco tenían que ver con la comprensión del fenómeno de la refrangibilidad. Sin embargo, después de la experimentación cualitativa y la replicación de la demostración experimental, entra en crisis esta forma de concebir la experimentación, así como sus potencialidades. Se logra movilizar la reflexión hacia el papel de la experiencia en la construcción de conocimiento científico. Esto se evidencia en:

[...] Lo realmente importante es que durante la experiencia se logren encontrar cosas nuevas, observar fenómenos que no se planteado en el texto, despertar la propia curiosidad y buscar la forma de construir la explicación de lo nuevo, de los intereses, el hecho cobra valor cuando se descubre y se vuelve propio el interés [...].

Desde las reflexiones que teje el estudio de caso, logra salir de su propia formación y pensarlo en el aula de clase como futura profesora de ciencias naturales. Se discute la replicación logrando poner el énfasis de la intención que debe dirigir al profesor en poner al estudiante a reflexionar:

[...] Este tipo de experiencias y experimentos son importantes llevarlos al aula, pero no con la intención de replicar o de promover a Newton, si no con la intención de poner al estudiante a analizar, reflexionar e investigar, para generar nuevas propuestas y posturas propias frente a los fenómenos. [...]

Sin embargo, no se logra cuestionar el propio modelo que se construye, es decir, aun cuesta construir desde la experimentación una forma de pensar el problema de los colores. Esto se

evidencia en la ausencia de esta reflexión sobre los colores o la refracción de la luz por parte de la estudiante.

REFLEXIONES FINALES A MANERA DE COLOFÓN

Newton construye una serie de hechos científicos desde la experimentación cualitativa para justificar las afirmaciones que realiza, esto implica el uso de la experimentación como un elemento retórico para mostrar que el mundo es así y se debe pensar a través de las entidades y propiedades creadas.

Sin embargo, estos experimentos se alejan de la cotidianidad, mostrando que lo último que aparece en el laboratorio es la naturaleza (Knorr- Cetina, 1995). Estos hechos y razonamientos se vuelven para el lector demasiado lejanos si no tiene el aparato matemático que se requiere para comprender las relaciones entre las propiedades físicas que se le atribuyen a la luz y el aparato geométrico que se despliega para hacer evidentes estas propiedades, así la refrangibilidad que explica la diferencia de colores, se asocia al cambio de ángulo que sufre el rayo al pasar de un medio a otro. Ese cambio, es producto de la propiedad del rayo, siendo el medio inactivo.

Aunque la mayoría de experimentación que desarrolla Newton es cualitativa, está no tiene el carácter exploratorio sino demostrativo, mostrando la visión usual de la experimentación como subsidiaria de la teoría, esto es, ella en sí misma no es objeto de reflexión y exploración sino demostrativa de la teoría previamente planteada. Lejos está la posibilidad de preguntarse porque en ciertas condiciones no se genera el efecto deseado o el papel del instrumento y la organización de la actividad experimental en la producción del efecto.

Sin embargo, desde una mirada que se aleja de la experimentación como subsidiaria de la teoría, se recata la amplia base fenomenológica alrededor del problema de la luz que construye Newton. La producción de efectos, la estabilización de fenómenos y la manipulación de

entidades se puede retomar para pensar la relación Luz-Color bajo la óptica de otras teorías que provean una base explicativa más amplia.

En este caso particular, el trabajo de Newton no se puede entender solo como un contrario, la construcción y el planteamiento del mundo que Newton propone, tiene implícita una manera de comprender las relaciones entre naturaleza y sujeto, entre el conocimiento científico y el sujeto.

El reconocimiento de la estructura retórica que subyace al trabajo de Newton reafirma la tesis de que la empresa científica es argumentativa, alejándonos de visiones positivistas de la ciencia en relación con sus productos. Además, el reconocimiento del contexto en el que tiene lugar la producción de conocimiento científico muestra las ricas relaciones entre la comunidad científica y el contexto de validación. Esto necesariamente al entrar al aula de clase moviliza o promueve una crisis en la imagen de ciencia tradicional que considere a la ciencia al margen de los sujetos y las tensiones que existen entre ellos. La producción y divulgación de un discurso tiene en cuenta el contexto y la intención comunicativa del mismo. Esta intención no es pensada solo desde lo que se dice sino el impacto que se espera tener socialmente. La organización del mundo que produce la ciencia ha generado la percepción de que el hombre puede conocer cualquier cosa y explicarla a través de la razón, a su vez, es la ciencia la llamada a hacer ese ejercicio, por lo cual, poseedora de la verdad y caballito de avance y progreso social, tiene un poder sobre las decisiones y las formas de interactuar en el mundo. Esto necesariamente implica que la ciencia en la sociedad, así como en el aula, tiene un discurso hegemónico, esa ciencia que deja por fuera a los sujetos y prioriza los productos es hegemónica en el aula. Este tipo de reflexiones buscan empoderar al sujeto para construir explicaciones sobre el mundo desde la experiencia sensible,

desde sus preocupaciones, en un dialogo con el otro y lo otro. La búsqueda de sentidos propia requiere hacer consciente viejas formas de acercarse al conocimiento científico y actitudes en relación con él. Esta consciencia pasa por la comprensión del papel del discurso en la consolidación y transformación de prácticas sociales que desde la escuela deben promoverse.

Volviendo al problema de la formación de profesores, mientras la actitud del estudiante a profesor sea de consumidor y cajero del conocimiento científico y este no lo toque, la educación científica seguirá por los mismos linderos por los cuales la investigación científica ya ha venido caracterizando y mostrando nuevas posibilidades. Esto implica que en los procesos de formación tenga lugar una reflexión profunda sobre el papel del sujeto en relación con el conocimiento científico y el papel de los discursos que se desarrollan alrededor de la ciencia. No basta con caracterizar la enseñanza de la ciencia, es necesario avanzar hacia propuestas que permitan estas reflexiones, hacer conciencia de los discursos hegemónicos, de las asimetrías de poder que estas promueven, de la necesidad de que el estudiante como dominado, se emancipe y pueda ubicarse en una posición horizontal en relación con el científico para pensar un problema de la ciencia que dé sentido al mundo que él vive.

La interacción con los textos originales y la problematización del experimento en la construcción del fenómeno óptico, logra movilizar elementos de la imagen de ciencia que tradicionalmente se promulga. En este estudio de caso se evidencia lo que llamaré una **deconstrucción de la imagen de científico y de la ciencia**. Atendiendo a la definición de la RAE, la deconstrucción es la acción de deshacer analíticamente los elementos que constituyen una estructura conceptual. Este sería el primer paso hacia la reconstrucción de una imagen de ciencia más amplia que la mencionada por Hacking (1999). Esta deconstrucción se realiza sobre la base de plantear nuevos supuestos y relaciones de los sujetos con la ciencia como actividad

humana. Así como la posibilidad de pensar el mundo desde múltiples formas que enriquecen y dan sentido al mundo que el sujeto interviene. Desde los elementos que se movilizan en la escuela, se promueve una imagen de científico como deidad, con la verdad como don. Sin embargo, al acercarse a los textos originales desde la búsqueda de posibilidades de pensar los problemas propios, se desmitifica el científico y su trabajo. Esto es necesario para plantear un diálogo entre el original y lector, pues este diálogo se plantea como una necesidad desde un problema común que los convoca desde escenarios y roles diferentes. La experimentación en esta deconstrucción juega un papel fundamental, pues un elemento neurálgico de la imagen de ciencia que se tiene es el carácter subsidiario de la experimentación a la teoría, esto es [...] *Hay una distinción entre observación y teoría. Hacking (1999)*. Mientras esta idea se perpetúe, la riqueza de la experimentación en el posicionamiento del sujeto como un elemento activo del proceso de construcción de conocimiento y su posibilidad de intervenir y construir hechos, será muy difícil de lograr en la escuela. El carácter subsidiario de la experimentación lleva al consumo de los productos de la ciencia sin la mayor reflexión: ¿Por qué ese tipo de materiales? ¿Por qué esa organización experimental? ¿Qué se está buscando o evidenciando con esa experiencia? Son preguntas pertinentes para deconstruir la relación que se tiene con la experimentación y darle sentido. Si se piensa la experimentación como un diálogo entre el sujeto y su realidad, en donde intervienen diferentes discursos que se conjugan para producir un efecto sensible, estabilizar un fenómeno, mostrar una organización experimental y dar explicaciones del mundo, entonces la experimentación en la formación de profesores debe ser un elemento central. Mientras el profesor no viva el proceso de construcción de conocimiento desde su formación inicial, es muy difícil que lo pueda desarrollar en la escuela. Esto necesariamente implica ponerlo en el centro de

la actividad formativa con la firme intención de hacer evidente las relaciones que existe entre la forma en que se percibe la ciencia y sus implicaciones en el aula y la sociedad.

El ACD y la formación inicial de profesores de ciencias naturales

En este trabajo se realizó un acercamiento a los principales planteamientos del **ACD** que permite reflexionar y hacer evidentes las relaciones de poder y los discursos hegemónicos y marginados que tienen lugar en las prácticas sociales. Al comprender la actividad científica y la actividad escolar como prácticas sociales con una interrelación se hace necesario problematizar esta relación y los discursos hegemónicos al interior del aula. Esto por supuesto genera nuevas posibilidades en la investigación en enseñanza de las ciencias y en la formación de profesores de ciencias naturales.

En el aula, no solo converge el discurso del profesor y el estudiante, así como los discursos de y sobre la ciencia no son neutros. Al interior encontramos una poli-discursividad asimétrica en términos de turno, influencia y mecanismos de divulgación y legitimación. El libro de texto, el discurso del profesor (en donde encontramos lo que dice directamente, lo que omite y lo que implícitamente dice) el discurso del estudiante, el discurso de la sociedad a través de redes sociales y TV, el discurso institucional, científico, etc, Todos son ejemplos de la complejidad discursiva en el aula y cada uno de ellos se produce en el marco de una práctica social y cultural. Particularmente en la formación inicial de profesores, son muchas las investigaciones en la línea de NdC que han mostrado como este conocimiento no se enseña solo en un curso de epistemología. Así, desde la enseñanza que tiene lugar en la formación inicial en relación con la ciencia, existe una transmisión de la imagen de la ciencia que se adopta. Es por esto que la transformación de su imagen, o lo que se llamaría en este trabajo, la adquisición de elementos

para pensar la actividad científica no se puede pensar por fuera de los roles, discursos hegemónicos y no hegemónicos. Pensar en que el futuro profesor de Ciencias Naturales adopta a desconocer las fuertes imbricaciones sociales y la influencia de los discursos hegemónicos en la sociedad, sin embargo, es menester de la formación inicial de profesores, empoderar al sujeto en vía de construir conocimiento científico, esto necesariamente se traduce en una relación dialéctica entre el sujeto y la sociedad, pues este empoderamiento que parte de reconocer sus contextos, sus intereses y sus discursos, generan la posibilidad de pensar el conocimiento científico y no solo de ser consumido. En los principales elementos que caracterizan la imagen de ciencia que posee el futuro profesor de Ciencias Naturales, él es un sujeto activo en el conocimiento. Por tanto, el ACD es una posibilidad de retornar dialógicas las relaciones en el aula, pues este dialogo se establece en el reconocimiento del otro. Uno de los elementos más importantes en la incorporación del ACD como elemento de formación en los futuros profesores de ciencias naturales, es la conciencia de que toda práctica social tiene asociada una práctica discursiva en la que no siempre negociamos (aunque aceptamos) los significados, así, en el seno de esta práctica discursiva, se producen textos que son la huella dejada por esa interacción. No siempre esas interacciones son simétricas y movilizan formas nuevas de pensar la ciencia que sean más dialógicas y ubiquen a los sujetos en posiciones equivalentes en la construcción de conocimiento científico, así mismo, los textos originales, representan esas huellas de la práctica discursiva que tuvo lugar en una práctica social determinada.

Reflexiones en torno al uso de originales en la formación inicial de profesores de ciencias naturales

Uno de los principales problemas a la hora de consolidar el uso de originales en el aula de clase, es el aspecto metodológico. ¿Cómo deben gestionarse estos textos en el aula de clase? ¿Qué tipo de formación debe tener un profesor para avanzar hacia propuestas de re contextualización de saberes desde el uso de originales? Estas son algunas preguntas que este trabajo ha dejado. Como profesora Novel, uno de los principales problemas es atestiguar esa recontextualización, pues surgen dudas sobre ¿Cómo se da? ¿Solo se da en la comprensión del concepto? ¿Se re contextualiza la forma en que se conoce y por tanto la imagen sobre la actividad experimental?

En este trabajo se evidenció que el ingreso del original al aula de clase genera diferentes posibilidades, si bien la búsqueda era por la experimentación y las fenomenologías presentes, la reflexión sobre la forma en que se argumenta, es decir, se convence al lector de que el mundo funciona así, deja entrever el carácter retorico de la actividad científica que se contradice con la idea de descubrimiento y verdad que usualmente se tiene. A su vez, la gestión misma del original requiere una serie de acompañamientos sobre el problema a tratar, etc. Tal como si se tratará de una obra literaria, se hace necesario contextualizar la producción del texto, el autor en términos de sus intereses y reconocer aquellos elementos que configuran ese texto en particular. Para desarrollar esta gestión en el aula de clase, el profesor formador debe tener una serie de competencias y conocimientos en donde sea problemática la ciencia y su actividad ¿Cuáles deberían ser estas competencias? Si el profesor es determinante en la ecología de la clase y esta a su vez determina la imagen de ciencia que se moviliza en el aula, ¿Cuáles son las acciones sobre las que se debe agenciar el texto original?

Bibliografía

- Alcocer, L., Carrion, R., Alonso, J. J., & Campanario, J. M. (2004). Presentaciones aparentemente arbitrarias de algunos contenidos comunes en libros de texto de física y química. *Revista Electronica de Enseñanza de las Ciencias*, 3(1), 98-122.
- Ayala, M. M. (1992). La enseñanza de la física de profesores de física. *V reunión latinoamericana sobre enseñanza de la física*, (págs. 1-11). Porto Alegre.
- Ayala, M. M., Garzón, M., & Malagón, J. F. (2007). Consideraciones sobre la formalización y matemátización de los fenómenos físicos. *Práxis Filosófica*, 39-54.
- Caamaño, A. (2004). *Alambique*. Recuperado el Febrero de 2014, de Alambique: [file:///C:/Users/CMS/Downloads/2004%20Exp.%20ej%20i%20invest.,%20Alambique.%20doc%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/CMS/Downloads/2004%20Exp.%20ej%20i%20invest.,%20Alambique.%20doc%20(2).pdf)
- Calsamiglia, H., & Tusón, A. (2001). *Las cosas del decir. Manual de análisis del discurso*. Barcelona: Ariel.
- Cassany, D. (1993). *La cocina de la escritura*. Barcelona: Anagrama.
- Cerda G., H. (1993). *Los elementos de la investigación: como reconocerlos, diseñarlos y construirlos*. Quito: Abya Yala.
- Cerquera, M. Y., & Garcia, E. G. (2016). Estudios histórico-críticos sobre la óptica. Implicaciones pedagógicas. 1-15.
- Chalmers, A. (1984). Introducción. En A. Chalmers, *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* (págs. 3-9).
- Cosenza, A., Freire, L. M., Espinet, M., & Martins, I. (2014). Relacoes entre justica ambiental, ensino de ciencias e cidadania em construo es discursivas docentes. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educacao em Ciencias*, 14(2), 89-98.

- Descartes, R. (1928). *El mundo. Tratado de la luz*. Anthropos Editorial del Hombre.
- Duit, R. (2006). La investigación sobre enseñanza de las ciencias: Un requisito imprescindible para mejorar la práctica educativa. *Revista mexicana de investigación educativa*, 741-770.
- Echeverría, J. (2003). *Introducción a la metodología de la ciencia. La filosofía de la ciencia en el siglo XX*. Madrid: Ediciones Cátedra.
- Elkana, Y. (1983). La ciencia como sistema cultural: una aproximación antropológica. *Sociedad colombiana de epistemología*, 65-80.
- of language. *Traducción y adaptación de Federico Navarro*.
- Fairclough, N. (2008). El análisis crítico del discurso y la mercantilización del discurso público:
- Fernandes, I., Gil, D., Carrazcosa, J., & Cahapuz, A. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 477-488.
- Feyerabend. (1975). *Como defender la sociedad contra la ciencia*.
- Feyerabend, P. (1978). *La ciencia en una sociedad libre*.
- Feyerabend, P. (1986). Capítulo 18. En P. Feyerabend, *Tratado contra el método* (págs. 288-304). Madrid: Tecnos.
- Fleck, L. (1989). *La génesis y el desarrollo de un hecho científico. Introducción a la teoría del estilo de pensamiento y del colectivo de pensamiento*. Alianza Editorial.
- Furio, C. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 188-199.
- Furio, C., & Gil, D. (1999). Hacia la formulación de programas eficaces en la formación continuada del profesor en ciencias. *Memorias Educación Científica. Congreso*

- Iberoamericano de educación en ciencias experimentales. Formación permanente de profesores*, 129-146.
- Gagliardi, M., Giordano, E., & Recchi, M. (2006). Un sitio web para la aproximación fenomenológica de la enseñanza de la luz y la visión. *Enseñanza de las Ciencias*, 139-146.
- García, E. (2009). *Historia de las ciencias en textos para la enseñanza neumática e hidrostática. Perspectivas Socioculturales*. Santiago de Cali: Programa editorial universidad del Valle.
- García, E. G. (2011). *Las practicas experimentales en los libros de texto y su influencia en el aprendizaje. Aporte historico y filosofico en la teoria de campos*. Barcelona: Universidad Autonoma de Barcelona.
- García, E., & Estany, A. (2010). Filosofía de las prácticas experimentales y enseñanza de las ciencias. *Praxis Filosófica*, 7-24.
- García, E., Víafera, R., & Espinosa, A. (2004). Formación de maestros en ciencias naturales: Hacia una dimensión holística del conocimiento. Nuevas relaciones entre filosofía y enseñanza de las ciencias. En A. C. Zambrano, *Tendencias del pensamiento científico* (págs. 153-163). Santiago de Cali: Universidad del Valle. Instituto de Educación y Pedagogía.
- Gil Perez, D. (1991). ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? (Intento de síntesis de las aportaciones de la investigación didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 69-77.
- Granés, J. (2002). La formación universitaria como apropiación cultural. Una base para la reflexión sobre la docencia y el currículo. *Itinerantes: Cultura , Educación y Formación*, 63-73.

- Granés, J., & Caicedo, L. M. (2002). *Del contexto de la producción de conocimientos al contexto de la enseñanza. Análisis de una experiencia pedagógica*. Bogotá: Red Académica. Universidad Pedagógica Nacional.
- Granés, J., Caicedo, L. M., & Magdalena, M. (s.f.). La representación como juego del lenguaje. 16-31.
- Guerrero, G. (1999). Representaciones sobre ciencias e historia: Elementos para la enseñanza derivados de la obra de Kunh, inconmensurabilidad y aprendizaje de una lengua. *Cuadernos sobre Historia y Enseñanza de las ciencias*.
- Hacking, I. (1983). La creación de fenómenos. En I. Hacking, *Representar e intervenir* (págs. 249-260). México: Ediciones Paidós Ibérica.
- Hacking, I. (1989). La observación. En I. Hacking, *Representar e intervenir* (págs. 127-145).
- Harré, R. (1980). Las causas del Arco Iris . En R. Harré, *Grandes experimentos científicos* (págs. 83-91).
- Imbernón, F. (2010). La formación inicial y permanente del profesorado de secundaria. Hacia un nuevo concepto de formación del profesorado. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*(65), 65-85.
- Instrumentos ópticos de una o dos lentes delgadas*. (s.f.). Obtenido de https://sites.google.com/site/geometricaoptica/_/rsrc/1430999853297/home/instrumentos-opticos-de-una-o-dos-lentes-delgadas/La%20lupa%20nuevo.JPG
- Izquierdo, M. (2005). Estructura rética en los libros de ciencias. (U. A. Madrid, Ed.) *Tarbiya*(36), 11-34.
- Izquierdo, M. (2007). Enseñar ciencias, una nueva ciencia. *Enseñanza de las ciencias sociales*, 125-138.

Izquierdo, M., Márquez, C., & Gouvea, G. (s.f.). La función retórica de las narraciones experimentales en los libros de ciencias. Presentación de una pauta de análisis.

Izquierdo, M., San Martí, N., & Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las ciencias*, 45-59.

Jimenez Valladares, J. d., & Perales Palacios, J. (2001). Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de física y química de la ESO . *Enseñanza de las Ciencias*, 3-19.

Jimenez, J. d., & Perales, J. (2001). Aplicacion del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de física y química de la ESO. *Enseñanza de las ciencias*, 1(19), 3-19.

Joshua, S., & Dupin, J. J. (2005). *Introducción a la Didáctica de las Ciencias y la Matemática*. Buenos Aires: Nuevos Caminos.

Knorr- Cetina, K. (1995). Los estudios etnograficos del trabajo científico: hacía una interpretación constructivista de la ciencia. En J. M. Iranzo, *Sociología de la ciencia y la tecnología* (págs. 188-204). Madrid: CSIC.

Kuhn, T. (1980). Los paradigmas científicos. En B. Barnes, *Estudios sobre sociología de la ciencia* (págs. 79-102). Alianza Editoria.

Kunh, T. (1962). *Estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de cultura económica.

Kuhn, T. S. (1979). La Revolución Copernicana; la astronomía planetaria en el desarrollo del pensamiento occidental.

- Lorenzano, P. (Junio de 2002). Promulgación del círculo de Viena para la concepción científica del mundo. *Revista sobre estudios de Ciencia y Tecnología*, 9(18), 105-149.
- Marinkovich, J. (1999). El análisis del discurso y la intertextualidad . *BFUCh CCCVII*, 729-742.
- Martínez B., J. (2008). Los libros de texto como práctica discursiva. *Revista de la asociación de sociología de la Educación*, 62-73.
- Martins, I., & Brigas, A. (2005). Libros de texto de Química y aprendizaje de los alumnos: pensamiento y prácticas del profesorado. *Tarbiya* , 149-163.
- Mellado, V., & Carracedo, D. (1993). *Historia y epistemología de las ciencias*, 331-339.
- Mellado, V., & Carracedo, D. (1993). Contribuciones de la filosofía de las ciencias a la Didáctica de las ciencias. *Historia y epistemología de las ciencias*, 331-339.
- Newton, I. (1977). Libro I, Parte I. En I. Newton, *Óptica o tratado de las reflexiones y refracciones inflexiones y colores de la luz* (págs. 27-47). Madrid: Ediciones Alfaguara.
- Perales, J. (1994). La enseñanza de la óptica. *Revista Alambique*, 1-4.
- Perales, J., & Nievas, F. (1991). Ideas previas en óptica geométrica: un estudio descriptivo. *Investigación en la escuela*(13), 77-84.
- Pesa, M., Danagger, C., & Bravo, S. d. (2004). Las representaciones mentales, la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. *IV Encuentro nacional y I latinoamericano "la universidad como objeto de investigación"* (págs. 1-5). San Miguel de Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán.
- Petrucci, D., Ure, D., & Cecilia, M. (2001). Imagen de la ciencia en alumnos universitarios: Una revisión de resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 217-229.
- Pickering, A. (1992). *Science as practice and culture*. Chicago: The University of Chicago Press.

- Porlán Ariza, R. (1998). Pasado presente y futuro de la Didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 175-185.
- Porlán, R. (1998). Pasado, presente y futuro de la Didáctica de las ciencias . *Enseñanza de las ciencias* , 1-11.
- Quintanilla, M. (2005). Historia de la ciencia y formación del profesorado: Una necesidad Irreductible. *TEA. Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología*(Extra), 34-43.
- Romero Ch., A., Aguilar M., Y., & Mejía, L. S. (2016). Naturaleza de las ciencias y formación de profesores de física. El caso de la experimentación. *CPU-e, Revista de investigación Educativa*, 75-98.
- Schaffer, S. (2011). *Trabajos de Cristal. Ensayos de historia de la ciencia, 1650-1900*. Madrid: Ambos Mundos.
- Shapin, S. (2002). Usos sociales de la ciencia. En S. Shapin, *The Ferment of Knowledge* (págs. 7-18).
- Tobón, E., & Romero Ch., Á. E. (2014). Newton y Goethe: entre sombras y luz. Un análisis histórico-crítico de perspectivas sobre los fenómenos cromáticos. *III Conferencia Latinoamericana del International, History and Philosophy of science teaching gruop*, (págs. 412-421). Santiago de Chile.
- Universidad Autónoma de Madrid. (1992). *Tarbiya. Revista de Investigación e Innovación Educativa del instituto universitario de ciencias de la educación* . Madrid: Entimema.
- Universidad del Valle. (s.f.). *Creación de asignaturas*. Obtenido de <http://registro.univalle.edu.co/guiasProcesos/programacion/InstructivoCreaciondeAsignaturas.pdf>

- Uribe, C., Sanchez, a., & Granada, J. C. (2003). Propuesta de reestructuración de la componente experimental del plan de física en la Universidad del Valle . En A. Claret, *Educación y formación del pensamiento científico* (págs. 191-214). Santiago de Cali: Universidad del Valle .
- Van Dijk, T. (1980). *Texto y contexto: Semántica y pragmática del discurso*. London: Longman Group Limited.
- Van Dijk, T. (1999). El análisis crítico del discurso. *Anthropos*, 23-36.
- Van Dijk, T. A. (1992). *La ciencia del texto. Un enfoque interdisciplinario*. Paidós Comunicación.
- Wodak, R. &. (2003). *Métodos de análisis crítico del discurso*. Barcelona: Gedisa S.A.
- Zavala, L. (2013). Elementos para el análisis de la intertextualidad. *Cuadernos de Literatura*, 5(10), 26-52. Recuperado el <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cualit/article/view/6764>

ANEXOS

Anexo A. Educación en física

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
ÁREA EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES Y TECNOLOGÍA**

EDUCACIÓN EN FÍSICA

II sem 2011

JUSTIFICACIÓN

La física es una de las disciplinas más antiguas desarrolladas por el hombre. Su vertiginoso progreso la ha colocado como referencia fundamental para otras disciplinas y llegó a consolidarse como representación del pensamiento racional del ser humano. Sin embargo, su indiscutible progreso ha traído consigo un carácter abstracto cuya verdadera dimensión se pierde detrás de un anclaje matemático y un lenguaje sofisticado alejado de su estructura inicial.

El curso de educación en física pretende mostrar otros aspectos de la física que usualmente no son considerados en los procesos de formación de la disciplina. Recuperar el sentido retórico de la construcción de explicaciones científicas, los procesos de organización de la experimentación y el carácter dialógico del discurso científico y los procesos de formalización matemática. Asimismo, se recupera la pregunta por la naturaleza de la ciencia y el quehacer del físico a lo largo de la historia.

Objetivo

Al finalizar el curso se espera que el estudiante esté en capacidad de aplicar pensamiento físico al abordar situaciones y problemáticas relacionadas con la disciplina.

PLAN DEL PROGRAMA

El curso está dividido en cuatro aspectos que lo articulan:

5. los modelos del pensamiento físico (Aristóteles, Kepler, Galileo, Newton, Einstein)
6. la experimentación en física (neumática, calor, electricidad, óptica)
7. los procesos de formalización en física
8. los libros de física

METODOLOGÍA

El curso se llevará a cabo por sesiones de tres horas cada una. Habrá lecturas asociadas a cada uno de los temas y se realizarán talleres en grupo. Se hará una revisión de libros de texto de educación básica, media y universitaria. Habrá expositores de los temas. Se realizarán Experimentos cualitativos fundamentales, y se harán proceso de formalización matemática.

EVALUACIÓN

Se tendrá en cuenta entre otros los siguientes aspectos:

1. Participación: 30%
2. Exposiciones: 20%
3. Escritos y talleres: 20%
4. Evaluaciones: 30%

Exposiciones: es importante que el estudiante haya leído lo suficiente el tema para exponerlo, además de las ayudas didácticas que pueda utilizar.

Presentación de informes escritos: deben ser claros, coherentes y profundos.

Participación: la participación se logra en la medida que haya una lectura previa del tema a tratar.

Evaluación: se realizarán dos evaluaciones a lo largo del semestre

SESIONES

- 1- Presentación del programa y asignación de material
- 2- Los inicios de la moderna ciencia de la naturaleza (metafísica de Aristóteles)
- 3- El pensamiento de Johannes de Kepler (Astronomía)
- 4- El pensamiento ideal de Galileo Galilei (mecánica)
- 5- El modelo revolucionario de Newton (mecánica)
- 6- El modelo experimental de Blaise Pascal (fluidos)
- 7- Los procesos de formalización Robert Boyle (neumática)
- 8- El pensamiento experimental de Benjamín Franklin (electricidad)
- 9- La concepción de campos de Michel Faraday (electromagnetismo)
- 10- Los problemas fundamentales de la óptica (Newton y Huygens)
- 11- La construcción del termómetro (Joseph Black)
- 12- El pensamiento relativista (Albert Einstein)

En algunas sesiones se hará revisión de los libros de texto de acuerdo con las características del tema

BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA

1. Heisenberg (1985) la imagen de la naturaleza en la física actual. Editorial biblioteca de divulgación científica Muy interesante.
2. García, E. (2009) historia de las ciencias en textos para la enseñanza; un caso en mecánica de fluidos. Editorial Universidad del valle.
3. García, E. (2004) Una mirada al aprendizaje de las ciencias; re contextualización de saberes científicos. Un caso en electricidad estática. Editorial ACAC. Bogotá.
4. Berkson, W. (1985) teorías de campos de fuerza desde Faraday hasta Einstein.
5. Franklin, B. (1985) Experimentos y observaciones sobre electricidad.
6. Pascal, B. (1955) tratados de neumática
7. Boyle, R. (1955) física, química y filosofía mecánica.

Anexo B. Correo enviado por la estudiante el día 14/04/13

Hola profesora,

que es lo quiero y toma mucho tiempo hacerlo, casi me eché toda la noche del sábado, pero bueno, probé con tres lentes que me prestaron, intenté con varias posiciones, le pegué hilo negro, pero de todas las formas que busque y con varias fuentes de luz, la vela, la lámpara y otra lámpara con más luz, seguía viendo el hilo muy marcado en los dos colores, bueno dependiente del color y de la fuente de luz se veía más en el azul o en el rojo, pero no encontré ese punto donde pudiera observar bien que cuando veía bien las líneas del rojo por ejemplo se vieran borrosas las otras, en ocasiones con el movimiento del lente pareciera que sí, pero volvía por momentos a ver las líneas del hilo bien marcadas en cada color...

¡Me gustó mucho que cuando se pierde el foco dependiendo de la lente, cambia la imagen de posición (se ve boca abajo)! aunque no le tomé fotos a eso... :/

Anexo C.

**INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
EDUCACIÓN EN FÍSICA**

“Partiendo de los Fenómenos, no de las Teorías”

Resumen:

En este documento se presentará la óptica como apartado importante dentro de la enseñanza de las ciencias, por su fenomenología y el papel de la luz dentro de ella, para esto se realizará un recuento de lo que realizó Newton en algunos de los experimentos sobre la luz, replicando uno de ellos para el debido análisis y reflexión, con la intención de determinar los factores frente a los resultados obtenidos y como se puede aplicar este tipo de trabajos dentro del aula.

La Óptica y Newton

La óptica es una rama de la física que explica los fenómenos de la luz, para explicar la luz como onda y cómo rayo. Por luz entiendo las partes menores de la misma, tanto las sucesivas en la misma línea como las contemporáneas en diversas líneas. Newton (1930). Newton partía de la premisa de definir la luz en partes, dándoles unas características específicas, pero a ¿qué se debían estas afirmaciones? En este caso Newton dedico gran parte de su tiempo a la observación y análisis de la luz ya que los físicos del momento negaban la existencia del vacío, por las creencias en Dios y en la iglesia, pero él por medio de experimentos y proposiciones pretendía dar una postura opuesta aceptando el vacío realizando postulados que lo comprobaran.

Al leer algunas de las proposiciones establecidas por él en su libro ÓPTICA O TRATADO DE REFLEXIONES, REFRACCIONES, INFLEXIONES O TRATADOS DE LA LUZ, se encontraron tanto definiciones puntuales y experimentos muy bien planteados y explicados que demuestran puntos específicos, dejándome la sensación de que son muy fáciles de reproducir y veraces.

Teniendo en cuenta lo anterior realizaré uno de los experimentos planteados en el libro con el propósito comprobar lo que Newton dice que se observó.

Ejemplo

Se tomará La Proposiciones 1. Teorema 1, Demostración experimental, experimento 2, en donde plantea un experimento que permitirá demostrar la refrangibilidad de los colores azul y rojo. Reflexionando sobre el efecto que pueden causar los hilos de seda negros a los que se les da tanto valor en el texto, se intentara realizarlo teniendo en cuenta los pasos que allí se expresan.

A groso modo este consiste en tener un cartón oblongo pintado de negro y sobre el pintarlo de rojo y azul, colocando hilo por todos los lados de manera horizontal, después en la oscuridad ver a la luz de una vela a través de un prisma convergente, a una distancia de 6 pies la distorsión del hilo en el color rojo, y con el movimiento del prisma ver como se distorsionan los hilos en el color azul, cuando se está a esa distancia.



Imagen 1. Esta imagen muestra el papel con los colores azul y rojo, envueltos con hilo negro común y la respectiva luz proveniente de una vela. Experimento realizado en mi casa el día 13 de abril de 2013.

En este experimento se observó lo siguiente:

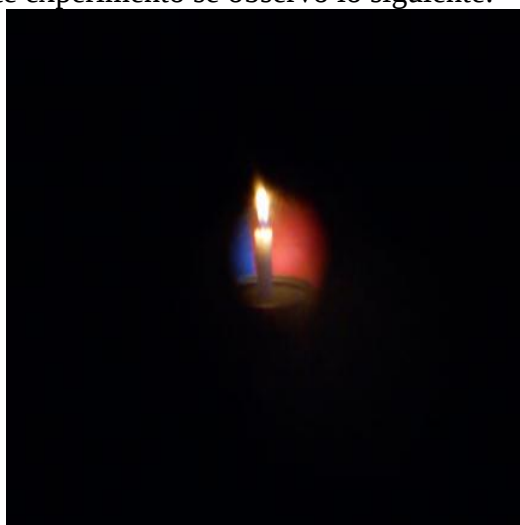


Imagen 2,3. A través de un chorro de luz que entra por un orificio hecho por un alfiler sobre un cartón y solo con la luz de la vela, se logran observar los hilos negros definidamente.

Es importante aclarar que fue imposible tomar la foto en el momento que se observaba por la lente, ya que no tenía los medios suficientes para hacerlo, limitando esto a observar lo que planteaba el texto.

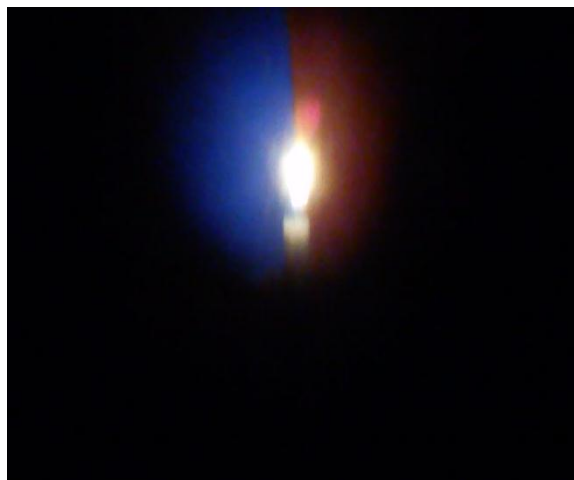


Imagen 4. Se observa la luz de la vela en la mitad de los dos colores, dejando ver un poco distorsionado los hilos sobre el papel.

Cabe aclarar que intente de muchas formas y con muchos objetos diferentes para ver la diferencia de refrangibilidad de esos dos colores, como, por ejemplo, la lámpara con el chorro de luz hacia el papel, otra fue hacia otro objeto, con la luz encendida y el prisma, cambie la posición del papel, pero como es notorio deje muchos otros elementos de lado.

Los resultados obtenidos fueron muy desilusionantes ya que pretendía observar lo planteado en el texto y fue imposible, se tuvieron muchos pensamientos e hipótesis mientras se realizaba dicho experimento, pero considero que por otro lado fue verdaderamente significativa la experiencia ya que logré observar que cuando me alejaba de la vela observando a través del prisma se invertía la imagen, causándome mucha impresión y generándome otro tipo de preguntas e intereses, que a lo mejor no tienen nada que ver con los que tenía Newton en su momento.

Factores que intervienen en la replicación de experimentos

Puedo inferir que los factores que pudieron haber intervenido para que el experimento fuera un éxito frente a lo que buscaba al principio del experimento son:

1. El Tiempo.
2. Las Variables.
3. La subjetividad.

sobre los que se basa la ciencia, ciertamente no son dados directamente a través de los sentidos. ituyen los hechos
Se logran con esfuerzo y el establecerlos implica un considerable saber mucha práctica de ensayo y error, y la explotación de tecnología disponible. Tampoco son sencillos los juicios acerca de la idoneidad de los resultados experimentales. Los experimentos son adecuados y revelan o midan, Chalmers, (2000). Teniendo en cuenta lo que plantea Chalmers se tiene en cuenta otro factor que ejemplifica

que es necesario tiempo para ser más certero en los experimentos que se deben realizar ya que hace parte de un proceso arduo que permita encontrar las variables que disminuyan los porcentajes de error, partiendo de esto se podría dar resultados veraces o más fundamentados.

El segundo factor hace referencia a las variables que se deben tener en cuenta para realizar el experimento, pero que por diversas razones no se tienen las condiciones, dándole poca importancia, como lo son en este caso, el hilo de seda, la distancia, el cartón, la forma oblonga, los colores intensos, la lente, que por ser tan explícitamente detallado en el texto se consideraría que jugaron un papel vital para la observación del fenómeno planteado, pero es muy particular que hay algunos detalles que se pasaron por alto, como por ejemplo, ¿cómo Newton hizo la medida de la distancia entre el suelo y el vidrio de la lente? ¿Qué utilizó para medir? ¿Por qué razón no lo tiene en cuenta en el texto? En estas variables incluyo la traducción del texto que pudo haber sufrido cambios de acuerdo al traductor.

El tercer y último factor es la subjetividad de quien plantea el experimento como de quien lo realiza, ya que se ven enmarcados por pensamientos y forma de ver las cosas de manera distinta, aun estableciendo un común y entendiendo entre las partes los mismo, la forma de reconocer el fenómeno no es la misma y la forma de expresarlo tampoco.

Si se analizara rigurosamente este experimento y de todas las maneras posibles para buscar el resultado de refrangibilidad de estos colores, se podría decir que no es veraz o que pudo ser manipulado o en el peor de los casos una mentira a cuesta, ya sea por la época y las presiones del momento que permitieron la aprobación de muchas cosas que no determinan el porqué de las cosas, pero si un poder. Poder que da la ciencia, poder que da el conocimiento y la inteligencia de pensar las cosas y conocer una forma sistemática y única de organizar el conocimiento. Surge una duda en especial, que no se puede ni pensar, ¿será que Newton se pudo haber equivocado? la idea de quién es Newton y la forma en que se vendió su conocimiento a la sociedad no permite dudas, ni mucho menos alteraciones en ellas, ni dejan brechas para poner en tela de juicio sus planteamientos, no, eso no ocurre, la culpa es del que lo intenta reproducir y si no ve lo mismo enderá del nivel de poder de otro que pueda refutar o agregarle algo o generar nuevos esquemas del fenómeno, pero seguramente desde su subjetividad y análisis, permeado por infinidad de situaciones y condiciones que le dan de nuevo características ligadas al contexto, que en un concepto muy personal no podrían llegar a ser leyes de la sociedad.

Es por esto que no podría asegurar que este experimento fue manipulado, ni mucho menos que no lo fue, ya que no lo sé y para comprobarlo eficazmente requeriría de un arduo trabajo en todos los aspectos posibles evitando tanto porcentaje de error en los factores establecidos anteriormente, pero lo que sí podría asegurar es que la mejor opción no sea la deducción y comprobación de la refrangibilidad de los colores, ni la intención haya sido la repetición intacta de experimento, ya que las condiciones de entrada decían que no era la más óptima y certera, es más el hecho de observar e intentar imaginar y cuestionar el hecho, el argumento, en sí, su discurso y el poder que ejerce esto para forjar pensamientos genuinos, porque si la idea es pensar

en la luz podría generar características y descripciones de la luz, a lo mejor no desde la explicación, pero si desde la experiencia en todo los sentidos, tanto empírica como teórica.

La educación y la óptica

Lo realmente importante es que durante la experiencia se logren encontrar cosas nuevas, observar fenómenos que no se planteado en el texto, despertar la propia curiosidad y buscar la forma de construir la explicación de lo nuevo, de los intereses, el hecho cobra valor cuando se descubre y se vuelve propio el interés. Es en este punto donde entra la educación hacer su aporte para la enseñanza de la óptica o en cualquier rama de la física, es el uso del fenómeno para la observación y análisis, que el uso de la teoría para comprender el fenómeno. Como lo plantea Gagliardi (2006) enseñar óptica significa guiar a los estudiantes desde sus percepciones y emociones cotidianas, sus modos diferenciados de considerar la luz, la visión, la sombra, la

entre los múltiples puntos de vista contruidos por la cultura para afrontar este tema.

Este tipo de experiencias y experimentos son importantes llevarlos al aula, pero no con la intención de replicar o de promover a Newton, si no con la intención de poner al estudiante a analizar, reflexionar e investigar, para generar nuevas propuestas y posturas propias frente a los fenómenos.

Las ciencias brindarán muchas explicaciones, en ocasiones unas más apropiadas que las otras, pero cobrará sentido el mundo cuando sea el individuo quien dé respuesta por su propia experiencia a los fenómenos, o al menos los que ocurren en su vida cotidiana, cuando se vuelve para él una necesidad la reflexión del medio que lo rodea y ejerce sobre esto el interés de investigar y construir sus propias respuestas, respuestas que serán válidas en su propia naturaleza de comprender el mundo.

Conclusiones

La educación en física cobra vida cuando hago parte del experimento, cuando me involucro en él y lo cuestiono, cuando le doy vida al hecho, cuando logro reflexionar sobre los fenómenos y genero respuestas que me llevan a nuevas preguntas, cuando permito que el otro piense y le doy valor a sus interpretaciones.

La educación en física, aunque tiene su complejidad, requiere de una buena planeación y manejo de los fenómenos como partida para la enseñanza, que pueden llegar a generar grandes pensadores de la ciencia, gente critica que aporta al conocimiento en sus diversos ámbitos.

La óptica es uno de los fenómenos más representativos ya que hacemos parte de él y nos permite analizar por experiencia propia lo que ocurre y como se da, el punto se centra en cómo utilizarse dentro del aula para que tenga buenos resultados.

Referencias Bibliográficas

ÓPTICA O TRATADO DE REFLEXIONES, REFRACCIONES, INFLEXIONES O TRATADOS DE LA LUZ. Newton, Sir Isaac. 1930.

¿QUÉ ES ESA COSA LLAMADA CIENCIA? Chalmers, Alan F. 1999.

UN SITIO WEB PARA LA APROXIMACIÓN FENOMENOLÓGICA DE LA ENSEÑANZA DE LA LUZ Y LA VISIÓN. Gagliardi, Martha, Giordano, Enrica y Recchi, Maurizio. Enseñanza de las Ciencias. 2006.