UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

La Enseñanza de la Óptica desde una conceptualización integradora de sus teorías, dinamizada y orientada por una concepción del Aprendizaje Significativo Crítico.

COMPAÑÍA DE MARÍA
Colegio la Enseñanza
Medellín

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

LA ENSEÑANZA DE LA ÓPTICA DESDE UNA CONCEPTUALIZACIÓN INTEGRADORA DE SUS TEORÍAS, DINAMIZADA Y ORIENTADA POR UNA CONCEPCIÓN DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO CRÍTICO

CLAUDIA MARÍA GONZÁLEZ ARANGO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS
MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
MEDELLÍN, COLOMBIA
2013

LA ENSEÑANZA DE LA ÓPTICA DESDE UNA CONCEPTUALIZACIÓN INTEGRADORA DE SUS TEORÍAS, DINAMIZADA Y ORIENTADA POR UNA CONCEPCIÓN DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO CRÍTICO

CLAUDIA MARÍA GONZÁLEZ ARANGO

Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de Magíster en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director
JAIRO ORLANDO LÓPEZ PAREJA
FÍSICO

Línea de Investigación
MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS
MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
MEDELLÍN, COLOMBIA
2013

Nota de aceptación

_____

_____

_____

_____

_____

Presidente del jurado

_____

Jurado

_____

Jurado

Medellín, 12 de agosto de 2013

DEDICATORIA

A mi amado hermano Fernando quien siempre me señaló lo fundamental.

AGRADECIMIENTOS

Con un profundo sentimiento de gratitud y con la certeza de que todo lo alcanzado en este proceso de formación y realización del trabajo final de Maestría es el producto de las experiencias vividas con quienes compartimos el amor y la vocación por la educación, y con el ideal de que en ella está la salida para la construcción de sociedades donde el respeto y cuidado de la dignidad humana prevalezca ante cualquier pretensión de poder.

Quiero expresar mi agradecimiento a la Universidad Nacional de Colombia, en ella viví durante el pregrado mi formación académica y la construcción de una postura reflexiva en la dimensión histórica y social. Regresé para continuar mi proceso de educación en mi papel y elección de educadora, allí tuve el privilegio de ser orientada por excelentes maestros que suscitaron reflexiones novedosas y aportaron elementos fundamentales para configurar nuevas posibilidades de trascendencia en la tarea educativa.

Quiero agradecer al director de este trabajo de grado por su orientación académica y su apoyo y comprensión en las situaciones de fragilidad humana.

A mis queridas estudiantes del grado undécimo, quiero darles el reconocimiento por hacer posible esta vivencia, ellas entregaron su energía y vitalidad en cada actividad de esta propuesta educativa, me acompañaron en el sueño de pensar en espacios de encuentros educativos que construyan relaciones significativas con el conocimiento científico.

Agradezco a la Madre Gloria Cecilia Londoño, Rectora del Colegio de la Compañía de María, La Enseñanza, a las directivas de la institución, a mis compañeros educadores, por su apoyo en la realización de esta propuesta.

Agradezco a la Madre Liliana Franco, por su confianza, por su lección de vida sobre no renunciar a los sueños.

Agradezco el apoyo de las maestras Natalia Zapata, Sandra Villa y Diana Patricia Vergara, quienes conocieron, creyeron y dieron valiosos aportes en la realización de este trabajo.

A mi familia un eterno abrazo de gratitud, por entender mi manera de concebir mi trabajo, por amar mis proyectos y por perdonar mis ausencias irreparables.

RESUMEN

La Óptica es el área del conocimiento físico que ha dado cuenta de grandes procesos humanos en su interpretación de la naturaleza de la luz hasta las teorías que hoy hacen que esta domine gran parte de los paradigmas científicos y la tecnología. Esta reflexión de la enseñanza de la Óptica tiene como propósito plantear desde el Aprendizaje Significativo Crítico la formación integral de la Física de los fenómenos ópticos. Desde esta realidad desafiante es necesario asumir posturas que estén de nuevo inspiradas en fomentar un Espíritu Científico en los estudiantes, donde la creatividad y la formación en actitudes investigativas movilicen nuestro principio de educadores, mediadas por unas estrategias que posibiliten la experiencia a partir de la aplicación de un modelo de medición válido como ALOP. La propuesta educativa que integra el estudio de un fenómeno y el papel de quien aprende, se ha aplicado en el grado undécimo del Colegio de La Compañía de María, La Enseñanza, espacio en el cual pudo constatarse la mejor evolución conceptual en el grupo de estudio que la obtenida en el grupo control definidos en el diseño.

Palabras clave: Óptica, Naturaleza de la Luz, Aprendizaje Significativo Crítico, Fenómenos Ópticos, Espíritu Científico, Actitudes Investigativas, Evolución Conceptual.

ABSTRACT

Optics is the branch of physics that has brought understanding of some of the greatest human processes, from the explanation of the nature of light to the theories that form the basis of current scientific and technological paradigms. The purpose of this abstract regarding the pedagogy of optics is to encourage the use of critical significant learning to provide instruction of the physics of optical phenomena. This challenge makes it necessary to take measures that are newly inspired by the promotion of a scientific spirit in students where creativity and development of investigative attitudes furthers our educational principles, mediated by strategies that make the experiment possible, beginning with the application of a valid method of measurement, such as ALOP. An educational proposal that integrates the study of a phenomena with the role of the student has been tested in the eleventh grade at El Colegio de la Compañía de María, la Enseñanza, where a better conceptual evolution (outcome) was recorded in the study group than in the control group defined by the experiment.

Key words: Optics, Nature of Light, Critical Significant Learning, Optical Phenomena, Scientific Spirit, Investigative Attitudes, Conceptual Development.

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN 17

1. JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA EDUCATIVA SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA ÓPTICA 21

1.1. Pregunta de investigación 21

1.2. Justificación 21

1.3. Características de la Comunidad Académica donde se realizó la propuesta educativa 23

1.4. Objetivo general 24

1.5. Objetivos específicos 24

2. MARCO TEÓRICO 26

2.1. Teoría del aprendizaje significativo 27

2.2. Aprendizaje significativo, proceso crítico planteado por Marco Antonio Moreira 31

2.3. La teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird 33

2.4. Teoría de los campos conceptuales Vergnaud 34

2.5. Aprendizaje activo 34

3. REFERENTES DISCIPLINARES 38

3.1. La óptica 39

3.2. Reseña histórica sobre la luz 40

3.3. Óptica geométrica 43

pág.

3.4. La reflexión y refracción de la luz 43
3.5. Óptica ondulatoria 44
3.6. Interferencia 44
3.7. Difracción 45
3.8. Polarización 45

4. METODOLOGÍA DE LA ENSEÑANZA DE LA ÓPTICA 47
4.1. Estructura metodológica 47
4.2. Metodología experimental para el estudio de la óptica 51
4.3. Características del Aprendizaje Activo de la Óptica (ALOP) 56
4.4. Etapas metodológicas en esta propuesta para la enseñanza de la óptica 59
4.5. Experiencias vividas en cada etapa de la metodología planeada 67

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA PROPUESTA EDUCATIVA 89
5.1. Resultados y análisis del pre-test y el post-test 89
5.1.1. Resultados y análisis del Pre- test y el Post test para el grupo de estudio 90
5.1.2. Resultados y análisis del Pre- test y el Pos test para el grupo control 93
5.1.3. Cálculo de la ganancia normalizada para los grupos de estudio 97
5.1.4. Resultados y análisis del pos-test para el grupo de estudiantes que han presentado dificultades en la asignatura de Física en el grupo de estudio y el grupo control 98

pág.

5.2. Encuesta de satisfacción 99

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 117

6.1. Conclusiones 117

6.2. Recomendaciones 119

BIBLIOGRAFÍA 121

ANEXOS 126

LISTA DE ILUSTRACIONES

		pág.
Ilustración 4.1.	Esquema de conformación del grupo de estudio de óptica y del Grupo Control	51
Ilustración 4.2.	Ciclo didáctico experimentación activa	57
Ilustración 4.3.	Preguntas	67
Ilustración 4.4.	Apertura de la propuesta educativa	76
Ilustración 4.5.	Predicciones	77
Ilustración 4.6.	Rayos de luz divergentes y paralelos – Rayos provenientes de una fuente lejana	78
Ilustración 4.7.	Comprendiendo la luz mediante rayos	79
Ilustración 4.8.	Ley de reflexión y ley de refracción	80
Ilustración 4.9.	Reflexión total interna	81
Ilustración 4.10.	Dispersión de la luz	82
Ilustración 4.11.	Trucos mágicos	83
Ilustración 4.12.	Formación de imágenes con lentes	84
Ilustración 4.13.	Visita al Parque Explora	85
Ilustración 4.14.	Trabajo de investigación y exposición	87

LISTA DE TABLAS

		pág.
Tabla 4.1.	Actividades realizadas en cada etapa de la propuesta Educativa	66
Tabla 5.1.	Porcentaje de respuestas correctas - Grupo de estudio de la óptica	90
Tabla 5.2.	Porcentaje de respuestas correctas del grupo control	94
Tabla 5.3.	Valoración de materiales y equipos	99
Tabla 5.4.	Opiniones sobre los equipos y materiales	100
Tabla 5.5.	Valoración del diseño y contenido de guías y fichas	101
Tabla 5.6.	Valoración del diseño y contenido de guías y fichas	102
Tabla 5.7.	Opiniones sobre diseño y contenido de guías y fichas	102
Tabla 5.8.	Valoración de las actividades realizadas	103
Tabla 5.9.	Valoración de tu participación en el grupo de estudio	105
Tabla 5.10.	Valoración de la metodología utilizada en las prácticas	106
Tabla 5.11.	Valoración del aprendizaje en cada práctica y actividad realizada	107
Tabla 5.12.	Valoración de la participación en el grupo experimental	109
Tabla 5.13.	Valoración de la metodología desarrollada	110

LISTA DE GRÁFICAS

pág.

Gráfica 5.1. Comparativo de porcentajes de acierto entre el Pre-test y el Pos-test del Grupo de Estudio de la óptica 91

Gráfica 5.2. Comparativo de porcentajes de acierto entre el pre-test y pos-test del grupo control 95

Gráfica 5.3. Comparativo de porcentajes de acierto del pos-test entre el grupo de estudio y el grupo control 96

Gráfica 5.4. Comparativo de porcentajes de acierto del pos-test entre el grupo de estudio con el grupo control de las estudiantes con dificultades en su desempeño académico en física 98

Gráfica 5.5. Valoración de los equipos y materiales. 100

Gráfica 5.6. Valoración de las actividades realizadas 104

Gráfica 5.7. Valoración de tu participación en el grupo de estudio 105

Gráfica 5.8. Valoración de la metodología utilizada en las prácticas 106

Gráfica 5.9. Valoración del aprendizaje en cada práctica y actividad realizada. 108

Gráfica 5.10. Valoración de la participación en el grupo experimental 109

Gráfica 5.11. Valoración de la metodología desarrollada. 110

LISTA DE ANEXOS

pág.

Anexo 1. Materiales y equipos 126
Anexo 2. Encuesta de satisfacción 129
Anexo 3. Afiches 132
Anexo 4. Plan de óptica institucional 139
Anexo 5. Estándares de ciencias naturales (conceptos de Óptica) 140
Anexo 6. Video momentos de la experiencia vivida 143

INTRODUCCIÓN

La construcción científica de la humanidad ha permitido explicar los fenómenos de la naturaleza a partir de teorías y modelos, los cuales han sufrido cambios y transformaciones históricas.

El estudio de la luz representa para nuestra civilización uno de los procesos de construcción científica, generador de nuevos paradigmas de interpretación de las leyes que gobiernan el Universo. Estos nuevos principios han alcanzado cambios conceptuales y avances en las teorías físicas logrando un mayor impacto en la aplicación tecnológica, enmarcada en un área de gran importancia en la Física como es la Óptica.

La Óptica se ha constituido en una de las ciencias básicas para el desarrollo de otras como la Biología, la Astronomía y las Comunicaciones. Ha posibilitado al hombre ver en sus leyes la realidad de mundos micros y mundos macros. Visto de esta manera, el estudio de los fenómenos ópticos conlleva un proceso interdisciplinario porque establece vínculos con otros campos del saber: las ciencias naturales, las ciencias exactas y aplicadas, el arte, la literatura y la filosofía.

Abordar el estudio de la enseñanza de la Óptica se sustenta desde la posibilidad de realizar una investigación en la enseñanza del campo de la Física de la luz, área de gran interés e importancia para el hombre a través de la historia, y ejemplo de lo que ha significado la búsqueda y construcción de la cultura científica.

Otro de los soportes que motivan este proceso de investigación, surge a partir de la reflexión sobre la enseñanza de los fundamentos de Óptica, que en la mayoría de los casos son contenidos que se enseñan en dos vertientes teóricas pero que, aunque presentadas en una secuencia lineal, son sin embargo desarticuladas: los alumnos se muestran entusiasmados con el estudio de la luz desde el punto de vista geométrico, y se percibe posteriormente, como algunos se desmotivan cuando inician el estudio de la óptica ondulatoria.

La intención de esta propuesta es entonces diseñar una práctica pedagógica donde las estudiantes de grado undécimo del Colegio de la Compañía de María, La Enseñanza, puedan comprender que los dos modelos físicos poseen un campo acotado, cuyas fronteras vienen dadas, en lo esencial, por los conceptos empleados en cada uno de ellos. Estos fundamentos se enseñan de modo aislado, dando al estudiante mucha información que no converge en ideas rectoras que le permitan construir una comprensión de la teoría de la luz. La propuesta pretende justamente integrar los dos modelos sobre el comportamiento luminoso. Se busca que el estudiante asuma teorías y modelos conceptuales complejos a partir de su experiencia y en la que se encuentre preparado para abordar el estudio de la naturaleza de la luz desde estructuras que se relacionan y dan lugar a otras probabilidades, a la incertidumbre, a la verdad que evoluciona.

La propuesta pone en escena unos interrogantes sobre la naturaleza de la luz dentro de la evolución de conceptos y teorías, enmarcándolos en la historia de la Física y enunciando sus campos de validez. Está animada por una observación ante la presencia de obstáculos conceptuales y preconcepciones que permanecen o se instalan en la comprensión de jóvenes que han continuado con su formación y permanecen con concepciones equivocadas y con ausencia de un lenguaje riguroso y claro en la representación mental de los

conceptos de la Óptica, por esto es necesario emprender una búsqueda del origen de estos preconceptos equivocados o de un nivel de profundidad limitado, para intervenir con experiencias pedagógicas y prácticas que reconfiguren un lenguaje cognitivo y representacional sobre la interpretación de las teorías de la luz y lo que esto ha significado para la humanidad.

Se contempla que la teoría del Aprendizaje Significativo Crítico expuesta por Antonio Moreira, es clave para abordar temas que se consideran un reto dentro del estudio de la Física, y que necesitan escenarios educativos diferentes a los ya dados en la escuela tradicional. La riqueza que dicha teoría expone, tiene como base la filosofía constructivista, en la cual se concibe que el asunto delicado de la adquisición de conocimiento es válido solo si quien aprende construye su conocimiento. Así, el aprendizaje significativo establece principios que dan claridad a las posturas educativas que reconocen que el estudiante, al decidir indagar sobre una realidad no es totalmente ingenuo, pues posee una estructura valiosa, sus conceptos previos, sus experiencias, su fantasía, lo ponen en el lugar de quien a partir de experiencias mediadas por la escuela, construye un conocimiento más evolucionado, validado por el saber de una disciplina.

Como primera fase se plantean unas actividades permitan motivar a los estudiantes, identificar los preconceptos que poseen y desde acá, hacer una selección de grupos de trabajo para constituir uno de estudio y otro de control. En la segunda fase, dentro del grupo de estudio se llevan a cabo una serie de actividades experimentales y de socialización, donde se le da prioridad al diseño experimental para abordar con mayor intencionalidad la investigación escolar.

1. JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA EDUCATIVA SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA ÓPTICA

"La luz es tiempo que se piensa".
Octavio Paz

1.1. Pregunta de investigación

¿Cuál sería el impacto en la apropiación integral de las Teorías de la Óptica en las estudiantes del grado undécimo del Colegio de la Compañía de María, a partir de la enseñanza desde el Aprendizaje Significativo Crítico?

1.2. Justificación

En la enseñanza de la Física uno de los objetivos centrales es acercar a los estudiantes a descubrir las leyes que explican los fenómenos naturales. La luz es uno de los conceptos que más genera interrogantes, sus manifestaciones y su naturaleza despiertan el interés que cualquier profesor de ciencias necesita para iniciar un exitoso encuentro con sus estudiantes y generar un proceso significativo de enseñanza - aprendizaje.

La Óptica se ha orientado tradicionalmente en una secuencia conceptual lineal, donde se describe de manera casi independiente la óptica geométrica y posteriormente, la óptica ondulatoria. Al iniciar con la formación en la óptica geométrica, sustentada en el concepto de rayo, se estudian los fenómenos de la reflexión y de la refracción bajo un enfoque heredado de la teoría corpuscular; en la explicación de estos comportamientos no es abordada la naturaleza de la luz. En esta etapa de la enseñanza de la Óptica se observa interés y motivación en los estudiantes. La construcción de imágenes en los sistemas ópticos se convierte en lo más determinante y se observa que los

estudiantes de manera mecánica convierten el estudio de la luz en un asunto pragmático de herramientas de la Geometría. Paralelo a este aprendizaje desvanece la discusión central, qué es la luz. En esta fase del proceso se evidencian buenos resultados en los momentos de evaluación, la cual no trasciende en el contenido y en la construcción de los conceptos fundamentales de la Óptica.

Terminado el enfoque geométrico, se inicia el estudio de la óptica ondulatoria de modo secuencial, donde se aborda un contenido central: la naturaleza de la luz. Al presentar los fenómenos (la interferencia, difracción y polarización) que no son naturalmente tan evidentes como los ya estudiados, se da cuenta del carácter ondulatorio de la luz, es aquí cuando se enuncian las características de la onda luminosa y la explicación de dichos fenómenos. Estos conceptos exigen a los estudiantes un tratamiento más elaborado, una postura de mayor madurez conceptual, una ubicación en un panorama histórico de la evolución de las teorías que explican la naturaleza de la luz y, un tratamiento matemático de mayor formalización. Así mismo, hay también una rigurosidad en la orientación del docente que acompaña el proceso de enseñanza.

En la práctica, hay en este momento una desconexión de lo estudiado sobre óptica geométrica y óptica ondulatoria; los estudiantes experimentan una evidente desmotivación por el estudio de los fenómenos ópticos que se evidencia en los resultados negativos de las pruebas escritas; hay también en los espacios de socialización fuertes confusiones y una separación en las dos posturas, que no logran articular la construcción de las ideas rectoras sobre la Óptica.

Esta propuesta tiene como reto plantear una metodología que oriente la enseñanza de la Óptica desde una conceptualización integradora de dos modelos sobre el comportamiento luminoso, donde el modelo corpuscular es un caso particular del modelo ondulatorio, buscando una formación más significativa que permita: el reconocimiento de la construcción histórica de la conceptualización de la luz, la interpretación de las teorías que explican los fenómenos ondulatorios, sus interfaces y sus limitaciones, una actitud crítica y apropiación conceptual de los estudiantes para, finalmente, alcanzar una formación rigurosa que permita sostener la lectura de futuras formalizaciones en el campo de la Física de la Óptica, como también de los desarrollos tecnológicos en esta importante área del conocimiento científico.

Esa ruptura inicial entre los dos conceptos de la Óptica, se ha de conciliar nuevamente cuando en los estudiantes se logre mantener y dinamizar su actitud científica, que dé cuenta de una construcción de ciencia en una dimensión estética de la formación del Ser que aprende sobre la naturaleza.

1.3. Características de la Comunidad Académica donde se realizó la propuesta educativa

El Colegio de La Compañía de María, La Enseñanza, está ubicado en el barrio Poblado de la ciudad de Medellín, su filosofía tiene como base la formación integral de niñas y jóvenes, desde una visión Cristiana inspirada en el carisma de la fundadora de la Compañía de María, Santa Juana de Lestonnac.

Su Proyecto Educativo Institucional apoya, estimula y dinamiza el trabajo investigativo en el aula. Sus estudiantes son inquietas intelectualmente, demuestran apertura, disponibilidad y compromiso frente al conocimiento científico.

Es un Colegio con tradición de 114 años en Medellín, marcado por historias de mujeres que han transformado su entorno y han construido sociedad. Su proyecto educativo forma en valores que priorizan la dignidad de la persona y se empeña en la formación del corazón. Ofrece una educación de calidad en el Área de ciencias Naturales y Educación Ambiental, donde lo fundamental es formar en sus estudiantes una actitud científica crítica, pertinente y permeada por una realidad histórica desde la cual pueda establecer un vínculo legítimo con el conocimiento como elemento transformador de realidades sociales.

Esta propuesta de trabajo de grado se acoge desde la asignatura de Física, en el grado undécimo, hace parte del Área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental.

El grado undécimo en el Colegio está conformado por un total de 74 estudiantes, distribuidas en tres grupos, con una intensidad horaria de cinco horas semanales de la asignatura de Física.

1.4. Objetivo general

Implementar una propuesta conceptual para la enseñanza de la Óptica desde un modelo integrador de la óptica ondulatoria y la óptica geométrica, con un enfoque pedagógico de la teoría del Aprendizaje Significativo Crítico, en el grado undécimo del Colegio de la Compañía de María, La Enseñanza.

1.5. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de los preconceptos y saberes adquiridos sobre el concepto de la luz y sus fenómenos, durante el proceso de formación escolar de las estudiantes del grado undécimo.

- Plantear una revisión histórica para el reconocimiento de la evolución de las teorías sobre la naturaleza de la luz y los fenómenos ópticos, como sucesos de gran importancia para el desarrollo científico de la humanidad.

- Diseñar una estrategia pedagógica desde el aprendizaje significativo que facilite la construcción conceptual de los conceptos y las teorías que explican la naturaleza de la luz y sus manifestaciones fenomenológicas.

- Realizar una búsqueda para el diseño y construcción de equipos y materiales que faciliten la enseñanza de los fenómenos ópticos.

- Implementar metodologías experimentales que permitan la comprensión y motivación para abordar el estudio de la óptica ondulatoria y la óptica geométrica que faciliten aprendizajes integrales y formales de la física de la luz.

- Facilitar espacios de encuentro y diálogo entre las estudiantes alrededor de la física de la luz que logren construir comunidad académica.

- Evaluar en las alumnas del grupo de estudio la apropiación conceptual de los fundamentos rectores, que explican los fenómenos ópticos por los estudiantes.

2. MARCO TEÓRICO

"…la luz se va por un pasaje de reflejos
y regresa a sí misma…"

Octavio Paz

El desarrollo de la práctica metodológica para la enseñanza de la Óptica desde una construcción conceptual integradora, se sustenta en la teoría del Aprendizaje Significativo de David Ausubel, desarrollada en un contexto filosófico del Constructivismo, y teniendo en cuenta los aportes del proceso reflexivo del Aprendizaje Significativo Crítico, propuestos por Antonio Moreira.

Los referentes teóricos pedagógicos para construir una metodología de la enseñanza de la Óptica, a partir de la Pedagogía del Aprendizaje Significativo Crítico, la cual está sostenida en el pensamiento Constructivista de la creación de cultura científica, dinamizan esta propuesta de trabajo.

Para el desarrollo de este trabajo fueron esenciales los aportes del autor Marco Antonio Moreira, expositor del Aprendizaje Significativo Critico (2005) y, los aportes de la teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird y la Teoría de los Campos Conceptuales Vergnaud.

Como se ha expresado anteriormente, la teoría del Aprendizaje Significativo Crítico soporta esta investigación, sin embargo, al analizar las posibles estrategias para las actividades experimentales, se encontró válido hacer lectura de otras teorías acerca de modelos de aprendizaje. Fue valioso acudir al modelo del Aprendizaje Activo, el cual permite el acercamiento directo de los estudiantes al conocimiento científico, sin el direccionamiento magistral

del profesor, estableciendo un primer encuentro entre los preconceptos (predicciones) y los fenómenos. Julio Benegas (2007), brinda elementos de reflexión al respecto.

A continuación se presenta una síntesis de los elementos teóricos que fueron directrices para la configuración y el desarrollo de esta propuesta educativa.

2.1. Teoría del aprendizaje significativo

El Aprendizaje Significativo es una teoría psicológica sobre aprendizaje en ambientes educativos. Ha tenido incidencia en el ámbito de la educación durante los últimos cuarenta años y es de gran influencia en la manera actual de pensar la actividad pedagógica y didáctica de la enseñanza de la Física.

Esta teoría se interesa en reconocer los procesos que un estudiante vive en el aula cuando aprende, en la naturaleza de ese aprendizaje, en las condiciones que se requiere para que este se produzca, en sus resultados y en los procesos de evaluación. David Ausubel, quien construyó este marco teórico, busca la comprensión de los mecanismos por los cuales se da el proceso de apropiación conceptual en la escuela. Es relevante destacar que la teoría del Aprendizaje Significativo está fundamentada en el paradigma constructivista, pues es el estudiante quien construye su aprendizaje (Rodríguez Palmero, 2011, http://cmc.ihmc.us/papers/cmc2004-290.pdf).

La propuesta de Ausubel tiene un fundamental interés en conocer las condiciones que se pueden relacionar con formas efectivas para motivar cambios cognitivos estables; esta teoría se ocupa de la estructura compleja que tiene el aprendizaje verbal y simbólico. Estos cambios conceptuales serán cuestionados más adelante por el Aprendizaje Significativo Crítico propuesto

por Moreira, quien introduce la expresión de **evolución conceptua**l lograda por el alumno.

El Aprendizaje Significativo es el proceso según el cual se relaciona un nuevo conocimiento con la estructura cognitiva del estudiante de forma no arbitraria. Esa interacción se da con los aspectos relevantes; estos reciben el nombre de subsumidores o ideas de anclaje.

Frida Díaz Barriga, desde su estudio de la teoría de Ausubel (2005), explica que para que se produzca aprendizaje significativo es necesario que se den las siguientes condiciones fundamentales:

- El estudiante debe tener una postura activa frente a su formación, así como apertura al proceso de relación simbólica y discursiva con el conocimiento.

- Los contenidos del aprendizaje deben ser potencialmente significativos, es decir, deben permitir ser aprendidos de manera significativa, para facilitar su representación.

- Establecer relaciones entre los conocimientos y experiencias previas que posee el estudiante con el nuevo saber para que surja la posibilidad de simbolización lingüística y matemática dando cuenta de su asimilación.

- El estudiante debe tener la disposición para relacionar el material de aprendizaje con la estructura cognitiva particular que posee, es decir, que existan ideas de anclaje o subsumidores adecuados en el estudiante, que permitan la interacción con los contenidos nuevos que se presentan (p. 31-32)

Para Ausubel el almacenamiento de la información se da de manera jerárquica a través de la experiencia, ya que los elementos más específicos se anclan a conocimientos más generales que están incluidos por el proceso de asimilación, entendido como un proceso dinámico en el que se da la interacción entre los conceptos previos existentes de los estudiantes con la nueva información, provocando la modificación de su estructura cognitiva en forma progresiva e inclusiva, produciendo un aprendizaje significativo.

Una diferenciación que se establece en el Aprendizaje Significativo se da con el aprendizaje subordinado, supraordenado y combinatorio. Las características de estos aprendizajes son:

- Aprendizaje subordinado: la nueva información adquiere significado por la interacción con conceptos previos, los cuales reflejan mayor jerarquía o generalización a través de un proceso deductivo.

- Aprendizaje supraordenado: la nueva información establece una interacción con conceptos previos más específicos. La nueva información favorece la construcción de un conocimiento más elaborado a través de un proceso inductivo.

- Aprendizaje combinatorio: la nueva información no tiene una relación de supraordenación o subordinación con los conceptos previos, sin embargo, la nueva información se relaciona con un contenido amplio y relevante de la estructura cognitiva, existente en el sujeto que aprende (Díaz Barriga, 2005, p. 34)

Estas tres dimensiones de aprendizaje significativo serán necesarias en la clasificación de los conceptos que configuran el discurso científico, en la fundamentación de la comprensión de la realidad (como es la identificación

y solución de problemas de aplicación) y de mayor trascendencia como se espera abordar en el estudio de la Óptica.

Esta estructura es pertinente en la construcción de los fundamentos de la Óptica por la evolución histórica de los principios de esta área del saber, unificando los dos grandes enfoques rectores que generalmente en la práctica docente se muestran como dos marcos conceptuales aislados, estos son la Óptica Geométrica, regido por un modelo dominante (el de rayo de luz), y el enfoque de la Óptica Física, sostenido por un modelo de luz como onda electromagnética. La construcción de una teoría unificada sobre la naturaleza y el comportamiento de la luz, daría una comprensión significativa a partir de contenidos de carácter universal.

El Aprendizaje Significativo permite al estudiante moverse en un discurso histórico de la construcción de un lenguaje científico no lineal, posibilitando la postura dialéctica y de apertura que exige abordar las interpretaciones actuales y futuras de la Óptica.

El Aprendizaje Significativo favorece la apropiación conceptual de los conocimientos a partir de una articulación jerárquica de los saberes previos con los nuevos significados. Esta condición es necesaria para la comprensión del concepto de luz, su naturaleza, sus fenómenos y los modelos geométrico y ondulatorio. Estos fundamentos de la construcción científica deben ser articulados desde una experiencia educativa que permita un proceso de educación dinámico, sistémico y pertinente para lograr la consolidación de un pensamiento físico en los estudiantes a través de las experiencias vividas en los encuentros de enseñanza –aprendizaje.

2.2. Aprendizaje significativo, proceso crítico planteado por Marco Antonio Moreira

> El Aprendizaje Significativo recibe un aporte esencial y tiene validez en todas las áreas de conocimiento, especialmente en la enseñanza de las ciencias. Uno de los expositores más significativos ha sido Marco Antonio Moreira, quien plantea que el aprendizaje significativo depende de las motivaciones, los intereses y las predisposiciones del estudiante que aprende. El estudiante no puede engañarse a sí mismo asumiendo que ha asimilado los significados contextualmente aceptados cuando sólo se ha quedado con generalizaciones vagas, sin significado psicológico, y sin posibilidad de aplicación. Es fundamental que quien aprenda sea crítico con su proceso cognitivo, que esté siempre motivado a analizar desde distintas perspectivas los contenidos que se le presentan y aportar activamente significado, así como no mantener solo un manejo de un lenguaje con apariencia de conocimiento. Es en estos aportes a la teoría del Aprendizaje Significativo donde el estudiante debe plantearse la propia concepción del conocimiento y su utilidad; en esta postura activa y crítica quien aprende debe preguntarse qué quiere aprender, por qué hacerlo, y para qué (Rodríguez Palmero, 2011, p. 23-24)

Podríamos sintetizar el aprendizaje significativo como un proceso que se genera en la mente humana cuando subsume nuevas informaciones de manera no arbitraria y sustantiva, que requiere como condiciones predisposición para aprender y material potencialmente significativo, que a su vez implica significación lógica de dichos contenidos. La presencia de ideas de anclaje en la estructura cognitiva del que aprende, hace fundamental la integración constructiva que en el estudiante posibilita el pensamiento, el hacer y el sentir, lo que constituye la posibilidad de transformación crítica del ser humano,

mediada por relaciones significativas entre el que enseña, el que aprende y los contenidos discursivos que plantean en los espacios educativos.

Moreira (2005), en su trabajo plantea:

> *El aprendizaje crítico debe permitir al sujeto formar parte de la cultura, y al mismo tiempo, estar fuera de ella, manejar la información críticamente, sin sentirse impotente; usufructuar la tecnología sin idolatrarla; cambiar sin ser dominado por el cambio; vivir en una economía de mercado sin dejar que éste determine su vida; aceptar la globalización sin aceptar sus perversidades; convivir con la incertidumbre, la relatividad, la causalidad múltiple, la construcción metafórica del conocimiento, la probabilidad de las cosas, la no dicotomización de las diferencias, la recursividad de las representaciones mentales, rechazar las verdades fijas, las certezas, las definiciones absolutas, las entidades aisladas* (p. 83-102)

En su conclusión traza unos principios o estrategias que facilitan el aprendizaje significativo crítico, teniendo como referencia los trabajos de Postman y Weingartner. Estos principios darán la posibilidad de un encuentro en el aprendizaje significativo donde se darán aprendizajes críticos:

- *Enseñar/aprender preguntas en lugar de respuestas. (Principio de la interacción social y del cuestionamiento).*

- *Aprender a partir de distintos materiales educativos. (Principio de la no centralidad del libro de texto).*

- *Aprender que somos perceptores y representadores del mundo. (Principio del aprendiz como perceptor/representador).*

- *Aprender que el lenguaje está totalmente involucrado en todos los intentos humanos de percibir la realidad. (Principio del conocimiento como lenguaje).*

- *Aprender que el conocimiento está en las personas, no en las palabras. (Conciencia semántica).*

- *Aprender que el hombre aprende corrigiendo sus errores. (Principio del aprendizaje por error).*

- *Aprender a desaprender, a no usar los conceptos y las estrategias irrelevantes para la sobrevivencia. (Principios del desaprendizaje).*

- *Aprender que las preguntas son instrumento de percepción y que las definiciones y las metáforas son instrumentos para pensar. (Principio de la incertidumbre del conocimiento).*

- *Aprender a partir de diferentes estrategias de enseñanza. (Principio de la no utilización de la pizarra)* (Moreira, 2005, p. 83-102)

2.3. La teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird

Los Modelos Mentales surgen como el mecanismo para comprender el modo a partir del cual se interpreta el mundo. Esta Teoría de la mente plantea la imposibilidad de aprender el mundo directamente. La mente construye representaciones internas que actúan como intermediarias entre el estudiante y su mundo, posibilitando su comprensión y su actuación en él. Esta teoría plantea que el razonamiento se realiza por la acción de los modelos mentales como piezas cognitivas que se combinan de diversas maneras, y que representan los objetos o la

situación, sacando de ellos los atributos más característicos. Los modelos mentales constituyen una imagen de alto nivel ya que son analógicas, mientras que las proposiciones no (Rodríguez Palmero, 2004, http://cmc.ihmc.us/papers/cmc2004-290.pdf).

2.4. Teoría de los campos conceptuales Vergnaud

La construcción teórica de Vergnaud es una teoría psicológica que atiende a la complejidad cognitiva; se ocupa de los mecanismos que conducen a la conceptualización de lo real. El objeto que persigue Vergnaud es entender cuáles son los problemas de desarrollo específicos de un campo de conocimiento. Esta teoría se ocupa del proceso de aprendizaje de conceptos y competencias complejas, la interconexión de estos conceptos es llamado "campo conceptual"; son la interacción de las concepciones y representaciones simbólicas, que posibilitan una nueva situación frente al conocimiento (Rodríguez Palmero, 2004, http://cmc.ihmc.us/papers/cmc2004-290.pdf).

El aporte de la teoría de los modelos mentales y el de la teoría de los campos conceptuales a la enseñanza de la Óptica dará explicación de la compleja evolución dada en el acto de aprendizaje de los estudiantes, en sus interpretaciones de los conceptos alrededor de la naturaleza de la luz; de lo que se ha vivido en el interior de cada estudiante al hacer la construcción simbólica y al pensar significativamente sobre la luz. Esto es, una construcción dinámica en cada estudiante. Desde la historia de la ciencia, la Óptica es una valiosa evidencia de las posibilidades del tejido cultural científico heredado de la evolución conceptual y rupturas de mitos, concepciones, y teorías científicas alrededor del deseo de capturar el misterio de los principios de la luz. Lo que con toda seguridad nos espera es un futuro lleno de interrogantes y a su vez, rico en posibilidades de interpretación desafiantes, donde la escuela tendrá que

estar preparada para un futuro en la Física desde múltiples probabilidades y verdades no acabadas.

2.5. Aprendizaje activo

Es necesario que el ejercicio docente no solo se ocupe de tratar de transmitir conocimientos, sino de orientar y acompañar el proceso de aprendizaje, de manera que haya un ambiente propicio para que los estudiantes construyan sus propios significados, trascendiendo la enseñanza para redescubrir una postura significativa de la participación del que educa, que deja de ser sólo transmisor de conocimientos, y se convierte en compañía facilitadora del proceso de construcción de conocimiento integrador, como un eje transversal de discusión científica.

En el trabajo expuesto por Julio Benegas, ("Una experiencia exitosa de aprendizaje activo de la Física", basado en el trabajo del grupo de estudio para la enseñanza de la Física, dirigido por Lillian McDermott -Universidad de Washington en Seattle, Estados Unidos-, se muestra la fortaleza de la didáctica del aprendizaje activo para la enseñanza de la Física, pensando esta tarea más como una ciencia que como una disciplina, sostenida esta afirmación con cinco principios fundamentados en el Constructivismo y en los trabajos de Vigotsky sobre la influencia del medio en el aprendizaje.

En su propuesta estos principios son:

- *El principio constructivista. Los individuos construyen su conocimiento procesando la información que ellos reciben construyendo patrones de asociación con sus conocimientos previos.*

- *El principio contextual. Esta construcción individual depende del contexto, incluyendo los estados mentales del individuo.*

- *El principio de cambio. Producir un cambio significativo en un patrón bien establecido es muy difícil, pero puede ser facilitado por una variedad de mecanismos o metodologías conocidas.*

- *El principio de la función de distribución. Los individuos muestran una limitada, pero significativa variación en sus estilos de aprendizajes a lo largo de un número de dimensiones.*

- *El principio de aprendizaje social. Para la mayoría de los individuos el aprendizaje es más efectivo a través de las interacciones sociales. El último principio está basado en que la interacción entre pares actúa como herramienta de enorme valor pedagógico. Al discutir con su compañero más cercano y/o en pequeños grupos, los estudiantes se ven forzados a emitir sus razonamientos, los cuales son analizados críticamente por sus compañeros, y si la explicación no es clara y aceptada, generalmente es reelaborada socialmente hasta lograr el consenso necesario. Controlado por el profesor este mecanismo se ha probado de una enorme riqueza* (Benegas, 2007, p. 32-38).

La experiencia pedagógica dentro del trabajo de investigación tuvo como objeto hacer una reflexión sobre la práctica de la enseñanza experimental de los fundamentos de la Óptica; se realizó una indagación previa de la enseñanza de los conceptos sobre la naturaleza de la luz y sus fenómenos, para recrear y renovar el ambiente de aprendizaje como un espacio de construcción conceptual de cada estudiante y facilitar un encuentro con sus pares que se posibilitaran relaciones dialógicas y en consecuencia, una comunidad académica donde prevaleciera el debate bajo un espíritu investigativo validado

por la creatividad, tolerancia, alteridad y socialización de las múltiples interpretaciones de los fenómenos observados, un espacio de encuentro con riqueza simbólica para la evolución de los saberes previos de cada estudiante.

3. REFERENTES DISCIPLINARES

"…la luz naciente busca su camino…"

Octavio Paz

Para abordar la construcción de una propuesta sobre la enseñanza de la Óptica, es necesario establecer con claridad el campo disciplinar que soporta los alcances teóricos y las estrategias experimentales, que orientan y configuran el diseño, la planeación y el desarrollo de las actividades que dan lugar a espacios de formación integral de los estudiantes.

Esta delimitación, fundamental en los procesos de enseñanza de un área tan densa como la Óptica, exige que los estudiantes comprendan inicialmente la complejidad de esta área y valoren el trabajo científico de hombres que se dedicaron por entero a la construcción de una cultura científica, que ha evolucionado en la comprensión de la naturaleza de la luz.

De igual manera, es pertinente tener en cuenta el mérito de trabajos de investigadores en la enseñanza de la Óptica. La lectura y reflexión de sus aportes han dado elementos de lucidez a esta propuesta.

Finalmente, un referente teórico disciplinar como los Estándares y lineamientos curriculares en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, del Ministerio Nacional de la República de Colombia, es una herramienta importante al considerar y analizar las prácticas en la escuela desde una enseñanza de la Óptica.

3.1. La Óptica

Una de las preguntas más importantes que ha abordado el hombre es la que ha buscado la explicación sobre la naturaleza de la luz, este interrogante surgió de un interés filosófico y muy cercano a lo sagrado. La luz ha desempeñado un papel fundamental en evolución de este universo que habitamos; está ligada a la aparición y reconfiguración de la vida, nos permite establecer una importante comunicación con lo que nos rodea, esta experiencia ante la luz no solo es humana, también las plantas y bacterias son sensibles a la luz.

El arte también reconoce la majestuosidad de la luz, la experiencia del color, la posibilidad de las formas y la belleza de las sombras, el sentido de la visión con su complejidad de interpretación de señales de energía traducidas por nuestro cerebro en información que permite reconstruir realidades.

Esta pregunta ha recibido respuestas muy acertadas, producto de una evolución histórica de las concepciones científicas alcanzadas con ingenio y creatividad: surge la Óptica, una de las disciplinas científicas más sorprendentes en la interpretación y en el diseño de modelos para explicar el comportamiento de la energía radiante visible. La Óptica estudia las propiedades de la luz, su propagación por el espacio y su interacción con la materia. Desde el punto de vista tecnológico, la Óptica puede describirse como la manipulación de luz para ciertos fines, las principales aplicaciones en el procesado y transmisión de información, y en la generación y manipulación de la propia luz: se ha afirmado que la luz ha sido domesticada por el hombre. La construcción de equipos como el microscopio que ha permitido el conocimiento valioso de lo micro; los instrumentos ópticos que han permitido observar y conocer el universo mas allá de nuestro planeta; la evolución de la fotografía y del cine son

una muestra de la influencia de la Óptica en el arte (Guerrero Bermúdez, Lasprilla Álvarez, Plata Gómez, Meneses Fonseca, & Torres Moreno, 2005, p. 76-78).

3.2. Reseña histórica sobre la luz

Desde hace tres mil años la óptica se ha consolidado como una ciencia de la investigación científica debido al interés por conocer y enunciar teorías sobre la luz.

Fueron los griegos quienes dieron la primera explicación del mecanismo de la visión para el cual introdujeron dos modelos, el primero atribuye extensiones a los objetos, tentáculos, que al entrar en contacto con los ojos de los seres humanos les permitían tener la información de la forma de los cuerpos que observaban. La segunda explicación propone que desde los ojos salen unos rayos que construyen la imagen de los objetos. Si bien estas teorías hoy son insuficientes para abordar el problema de la luz, dieron origen a uno de los conceptos más importantes de la óptica geométrica, el concepto de rayo, fundamental para describir la trayectoria de la luz.

El reconocimiento de la propagación rectilínea de la luz dio origen al primer enunciado de la Ley de Reflexión, introducido por Euclides en el 300 A. C. Posteriormente, fue Cleomedes (50 D. C) quien estudió la refracción y, más tarde, sería Claudio Tolomeo (50 D. C) quien realizó medidas precisas de los ángulos de incidencia y refracción para varios medios. Los escritos del historiador Plino (23-79 D.C), cuentan que los romanos poseían vidrios quemadores, los cuales eran usados para encender el fuego. El filosofo Séneca notó que un globo de vidrio lleno de agua se podría usar para aumentar el tamaño de las imágenes de objetos.

Al comienzo de la Edad Media hubo un estancamiento de la Óptica en Occidente, a diferencia del mundo árabe donde hubo un avance significativo gracias a Alhazen (1000 D. C,) quien complementó la Ley de Reflexión, estudió los espejos esféricos y parabólicos y dio una descripción detallada del ojo humano; estos trabajos propiciaron un resurgimiento de la Óptica.

Se tienen indicios de que Roger Bacon inició la idea de usar lentes para corregir la visión y sugirió la posibilidad de combinar lentes para crear un telescopio; así, la Óptica empezó a acercar al hombre al conocimiento de lo grande y lo pequeño. Posteriormente, las observaciones realizadas por Galileo Galilei, después de construir su propio telescopio, cambiaron los paradigmas de la Física de la época por las observaciones astronómicas en las que la Teoría Heliocentrista tiene un respaldo experimental (Hecht, 2000, p. 1-2).

La óptica aplicada moderna inició a partir de los trabajos de Snell, que sumados a los importantes trabajos de René Descartes en los que matematizó la Ley de Refracción, le dieron el valor a esta olvidada Ley.

Durante la misma época paralelamente surgieron destacados representantes de la Óptica tanto en la fundamentación teórica como en el campo experimental. Entre ellos están René Descartes, Christian Huygens e Isaac Newton (este último fue reconocido como un excelente óptico experimental ya que trabajó sobre casi todos los fenómenos ópticos y sobre la naturaleza de la luz. En esto Newton tenía parcialmente razón).

La discusión sobre la naturaleza de la luz tuvo como representantes a Newton y Huygens. Newton proponía un modelo corpuscular en el cual la luz se comportaba con todas las propiedades mecánicas de un flujo de partículas. Mientras que Huygens sostenía que la naturaleza de la luz era de comportamiento ondulatorio, de naturaleza similar a la física del sonido. Con la

observación de nuevos fenómenos como la difracción, la interferencia y la polarización, se debilitó la teoría newtoniana.

De acuerdo con Huygens, el modelo ondulatorio de la luz requería establecer un medio de propagación, que hipotéticamente fue llamado éter. Esta búsqueda de las características físicas de este medio generó gran interés en los científicos de la época. Serían los trabajos de Heinrich Hertz y el teórico James C. Maxwell, en los que se encontraría el argumento correcto: la luz es una onda, una onda electromagnética, y ese medio tan abordado durante la discusión preliminar se desvaneció hasta llegar a lo que actualmente se conoce como el concepto de vacío.

Años más tarde, el modelo ondulatorio de la luz fue puesto a prueba al evidenciar su incapacidad de explicar nuevos fenómenos asociados a la interacción de la luz con la materia. La explicación de los espectros de emisión de los cuerpos incandescentes, el efecto fotoeléctrico y el efecto Compton, hizo necesario retomar argumentos relacionados con la teoría corpuscular, surgió así la idea del quantum de luz. Albert Einstein propuso una explicación para la naturaleza de la luz, en la cual esta tenía una naturaleza dual de onda-partícula (Guerrero Bermúdez, Lasprilla Álvarez, Plata Gómez, Meneses Fonseca, & Torres Moreno, 2005, p. 78).

La evolución de las descripciones geométricas de la luz, la interpretación corpuscular y el modelo ondulatorio sobre la naturaleza y comportamiento de la luz, ligado a la consolidación de las teorías del electromagnetismo y la nueva concepción de la física cuántica, han permitido que en la actualidad se pueda abordar una óptica compleja y rica tanto en su aplicación teórica como experimental revelando conocimiento sobre la materia y la energía (Perales Palacios, 1988, http://www.investigacionenla escuela.es/articulos/13/R13_6.pdf) y (Belendez, Pascual & Rosado, 1988, p. 274).

3.3. Óptica geométrica

Uno de los modelos para abordar la ciencia de la luz se ha denominado óptica geométrica, el cual proviene de la interpretación corpuscular de la luz, y la representación de la información luminosa es el rayo; su origen está en la observación natural de la propagación de luz, y de rayos luminosos, es decir, de trayectorias rectilíneas para el estudio de algunos fenómenos como la reflexión y la refracción. En la óptica geométrica, no ha sido necesario profundizar en la naturaleza de la luz, sus explicaciones e incluso su modelación matemática, se han construido por formulaciones sencillas de la geometría.

Uno de los alcances más importantes de la óptica geométrica es la explicación de la formación de imágenes por reflexión y refracción, explicaciones que pueden ser compatibles con el modelo ondulatorio de la luz.

Es importante considerar en la enseñanza de la física de la luz un modelo más integral, donde se aborde la naturaleza de la luz, lo que podría tener un mayor nivel de complejidad, con un modelo ondulatorio y corpuscular de la luz que logre explicar estos mismos fenómenos (Hewitt, 1999, p. 406-436).

3.4. La reflexión y refracción de la luz

Cuando un haz de luz incide sobre la superficie de separación de dos medios transparentes, una parte de luz se refleja y otra penetra en el segundo medio refractándose. Estos fenómenos obedecen a la Ley de Snell:

- Los rayos incidente, reflejado y la normal a la superficie en el punto de incidencia están en un mismo plano.

- El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

- La razón del seno del ángulo de incidencia al seno del ángulo de refracción es una constante, denominada índice de refracción del segundo medio con respecto al primero (Finn, 2000, p. 727).

3.5. Óptica ondulatoria

Existen fenómenos donde interviene la luz que no pueden explicarse con el modelo geométrico, como son: la interferencia, la difracción y la polarización. El concepto de rayo no tiene en cuenta la naturaleza ondulatoria de la luz.

En la teoría ondulatoria de la luz se parte de que la luz es una onda electromagnética transversal, producida por la perturbación de un campo eléctrico y uno magnético, que viaja en cualquier medio, incluso en el vacío (Mauldin, 1991, p. 11-14).

3.6. Interferencia

La interferencia es un fenómeno ondulatorio, que consiste en la superposición de ondas en un mismo punto del espacio y en el mismo tiempo. La interferencia de ondas luminosas es un fenómeno físico que se puede explicar a partir del modelo ondulatorio de la luz, en el cual la luz se considera como la perturbación de dos campos, eléctrico y magnético, acoplados, que oscilan en planos perpendiculares y cuya propagación se realiza en una dirección perpendicular a la dirección de propagación de la onda electromagnética de la luz.

Para ondas electromagnéticas luminosas, así como para todas las ondas de cualquier naturaleza se cumple el principio de superposición. Esto

significa que las ondas luminosas al coincidir en un punto del espacio pueden amplificarse o destruirse de acuerdo con los principios de suma de oscilaciones armónicas. Para que se produzca interferencia se debe cumplir que las ondas tengan iguales características de frecuencia, longitud de onda y diferencia de fase constante. En el caso de la luz son llamadas ondas coherentes (Mauldin, 1991, p. 149-152).

3.7. Difracción

Toda desviación de una onda que no se deba a la reflexión o a la refracción, se conoce como difracción. Este fenómeno consiste en la desviación de la luz en su propagación en las cercanías de un cuerpo opaco, provocando la aparición de zonas oscuras y brillantes. Cuando la luz pasa por una abertura que es grande en comparación con la longitud de onda de la luz, proyecta una sombra bien definida, pero cuando la luz atraviesa una ranura estrecha, con un corte hecho en un material opaco, la luz proyecta una sombra borrosa, la ranura delgada difracta la luz. El grado de difracción depende del tamaño de la longitud de onda en comparación con las dimensiones de la obstrucción que proyecta la sombra (Mauldin, 1991, p. 129-130).

3.8. Polarización

Los fenómenos de interferencia y difracción son una evidencia de que la luz es de naturaleza ondulatoria; pero no muestran si la vibración luminosa es trasversal o longitudinal. La polarización lo indicará. El fenómeno de la polarización se define como la orientación específica del campo eléctrico de la onda luminosa. Cuando se suman varias ondas, la resultante puede tener o no una polarización global. Las ondas desordenadas que surgen de una fuente incandescente, se dice que no

están polarizadas, porque las orientaciones de sus campos eléctricos están distribuidas al azar en el espacio y tiempo (Hecht, 2000, p. 129-130).

4. METODOLOGÍA DE LA ENSEÑANZA DE LA ÓPTICA

"…la luz con manos invisibles alza
los edificios de la simetría…"
Octavio Paz

4.1. Estructura metodológica

Para plantear unas condiciones que faciliten aprendizajes significativos, es necesario señalar que el objetivo de las estrategias diseñadas en este trabajo, busca que las estudiantes alcancen una relación significativa con los modelos físicos que explican los fenómenos ópticos, desde el Aprendizaje Significativo Critico, teniendo presente que el objeto de estudio, la organización de los contenidos, los medios de comunicación en la enseñanza y la didáctica utilizada, son una variable definitiva en el proceso de aprendizaje (Cañas, Novak, & González, 2004, p. 4).

En este diseño de las estrategias para la enseñanza significativa de la Óptica tiene como estructura central responder a las condiciones fundamentales para que se dé un aprendizaje significativo:

- Actitud potencialmente significativa de aprendizaje por parte del estudiante, es decir, predisposición para aprender significativamente.

- Presentación de un material potencialmente significativo, esto requiere:

- Que el material sea significativamente lógico, esto es, que sea potencialmente relacionable con la estructura cognitiva del que aprende de manera no arbitraria y sustantiva.

- Y que existan ideas de anclaje o subsumidores adecuados en el sujeto, que permitan la interacción con el material nuevo que se presenta.

Para la realización de este trabajo se conformaron dos grupos de trabajo, el primero fue llamado grupo de estudio de la Óptica, concebido como un espacio de investigación en horario extraclase el cual abordó el estudio de los fenómenos de la luz sin responder a la linealidad del currículo establecido, motivado por el Espíritu Científico que está en búsqueda de respuestas, en el cual se implementara la propuesta de la enseñanza de la óptica con una pedagogía fundamentada en el Aprendizaje Significativo Crítico.

El otro grupo, llamado grupo control, fue orientado con la pedagogía y diseño metodológico institucional, desde una pedagogía personalizada y donde la explicación magistral de la profesora fue determinante en muchos momentos.

Esta división se logró en una primera reunión con la totalidad de estudiantes, cuyo objetivo fue invitar a la conformación de un grupo de estudio de la Óptica, abordando tal estudio a través de unas experiencias diferentes a las diseñadas en el plan general de grado conocido por las estudiantes desde los primeros días del año escolar.

En la motivación para la conformación del grupo de estudio se dejaron claras las condiciones para la participación la propuesta sobre enseñanza de la Óptica:

- La participación en el grupo es personal, voluntaria y con un compromiso permanente frente a las actividades o experiencias de trabajo propuestas.

- La participación en el grupo solo tiene una exigencia, querer aprender de manera significativa sobre los conceptos que explican la naturaleza de la luz y los fenómenos ópticos.

- El resultado del desempeño académico de las estudiantes en los cursos anteriores de Física no determinarán el que puedan participar en el grupo, es decir, que el grupo está abierto a aquellas estudiantes que quieran vivir una experiencia conciliadora en el estudio de la Física.

- El grupo se reunirá en horario extra clase a partir de las tres de la tarde y también en jornadas sabatinas, establecidas de común acuerdo.

- El grupo se conformará con treinta estudiantes, diez de cada grupo de undécimo.

- La participación en este grupo no recibirá una valoración adicional en la evaluación programada por la institución educativa, la cual es planeada en el interior del Área de ciencias Naturales y Educación Ambiental para la asignatura de Física del grado de undécimo.

La primera gran satisfacción en el anuncio de la creación de este grupo de trabajo, fue la respuesta de las estudiantes, todas deseaban pertenecer al grupo de estudio, fue sorprendente el entusiasmo que generó la posibilidad de hacer investigación fuera de la estructura convencional de la clase.

En consenso con las estudiantes se decidió realizar un sorteo y también algunas niñas cedieron su oportunidad a aquellas estudiantes que hasta ese momento, habían presentado dificultades en la asignatura, y querían tener la oportunidad de disfrutar el estudio de los fenómenos de la luz. Finalmente, se conformó un grupo de 30 estudiantes, comprometidas en realizar un trabajo que les exigiría mayor tiempo de dedicación y responsabilidad personal.

Es muy importante aclarar que estas estudiantes no estuvieron presentes en las clases de óptica programadas según la unidad dentro del programa del Colegio; durante este tiempo, las estudiantes que pertenecieron a este grupo de estudio, realizaron un trabajo en subgrupos en la biblioteca o en el laboratorio, según la actividad planeada para el grupo de estudio de la Óptica.

La libre conformación del grupo de estudio de la Óptica aseguró la primera condición para que se diera un aprendizaje significativo, pues se estableció la necesidad de que hubiera disposición y disponibilidad de la estudiante para aprender. Esa decisión interior de interpretar la realidad por medio de un proceso dinámico de construcción y una transformación o evolución constante de su conocimiento previo a conceptos de mayor nivel de complejidad de su pensamiento científico.

El grupo control se conformó con las 44 estudiantes restantes, este funcionó en el horario habitual establecido por el Colegio y fue dividido en tres subgrupos para el momento de los encuentros de las clases de Física en los grupos a los que pertenecían, El trabajo realizado y su diseño fue más personalizado, contó con el acompañamiento adecuado de la profesora, por medio de una enseñanza expositiva de los conceptos de la óptica geométrica y la óptica física como secuencias lineales de información. La estructura del plan de unidad está consignada en el Anexo 4.

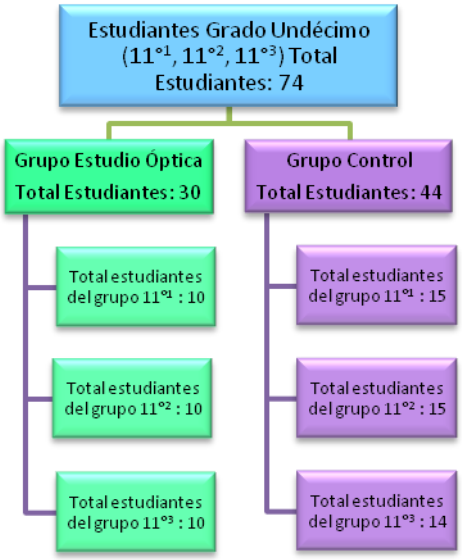


Ilustración 4.1. Esquema de conformación del grupo de estudio de la óptica y del Grupo Control

A continuación se enuncian y describen la metodología, las actividades y las experiencias vividas, que permitieron realizar cada etapa del proceso de enseñanza de la Óptica.

4.2. Metodología experimental para el estudio de la Óptica

La actividad experimental es una de las posibilidades de mayor riqueza en la práctica y reflexión pedagógica en el proceso de enseñanza de cualquier ciencia, la experimentación cualitativa y cuantitativa es importante por su poder para generar en los estudiantes el deseo de aprender y de estimular las actitudes científicas como son la curiosidad, observación, formulación de hipótesis, modelación, toma de datos y el montaje y manejo de equipos e instrumentos; las discusiones grupales, las conclusiones y los tratamientos matemáticos; la ética en la comunicación de resultados y todos esos valores del espíritu científico, que todos los profesores en ciencias buscan animar y descubrir en sus estudiantes.

En el diseño de las actividades experimentales es necesario asumir una postura crítica, como lo plantea J. Carrascosa, ante la actividad experimental que obedecen algoritmos mecánicos que en ocasiones son llamados “recetas de cocina”, las cuales desfiguran la esencia del trabajo científico; en su trabajo plantea que las prácticas experimentales deben ser asumidas como investigaciones científicas lo cual abarca más de lo que tradicionalmente llamamos la práctica de laboratorio, una actividad aislada generalmente de un proceso integral y dinámico de educación. Los profesores de ciencias no pueden confundir el delicado proceso de la enseñanza de la investigación científica con los montajes de equipos en un laboratorio para demostrar fenómenos, ni tampoco con diagramas de flujo lineales con una entrada y una salida que podrían ser seguidos por cualquier profesor o estudiante sin generar ningún movimiento representacional o postura crítica que evidencie la construcción de conocimiento científico.

Carrascosa, J., Pérez, D. G., Vilches, A., & Valdez, P. (2008), en su trabajo “*El papel de la actividad experimental en la educación científica”*, señala diez aspectos que la actividad de investigación debe fomentar, donde hay una conexión con el segundo principio del aprendizaje significativo–(presentar al estudiante el conocimiento para ser abordado como un objeto de estudio significativo y además, todo el ambiente y estrategias didácticas sean intencionalmente dispuestos para suscitar experiencias de anclaje de nuevos conocimientos, como también la evolución de las representaciones de la realidad que posee el estudiante. Estos aspectos orientaron y animaron el trabajo experimental de esta propuesta pedagógica:

- *Presentar situaciones problemáticas abiertas de un nivel de dificultad adecuado con el objeto de que los estudiantes puedan tomar decisiones para precisarlas y entrenarse, así, en la transformación de situaciones problemáticas abiertas en problemas precisos.*

- *Favorecer la reflexión de los estudiantes sobre la relevancia y el posible interés de las situaciones propuestas, que dé sentido a su estudio, incluyendo las posibles implicaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente y la toma de decisiones al respecto, teniendo presente, muy en particular, los graves problemas que afectan hoy a la humanidad y la necesidad de contribuir a un futuro sostenible.*

- *Potenciar los análisis cualitativos, significativos, que ayuden a comprender y a acotar las situaciones planteadas y a formular preguntas operativas sobre lo que se busca el papel esencial de las matemáticas como instrumento de investigación.*

- *Plantear la emisión de hipótesis como actividad central de la investigación científica, susceptible de orientar el tratamiento de las situaciones y de hacer explícitas.*

- *Conceder toda su importancia a la elaboración de diseños y a la planificación de la actividad experimental por los propios estudiantes, dando a la dimensión tecnológica el papel que le corresponde en este proceso. Potenciar, allí donde sea posible, la incorporación de la tecnología actual.*

- *Plantear el análisis detenido de los resultados a la luz del cuerpo de conocimientos disponible, de las hipó-tesis manejadas y de los resultados de otros investigadores.*

- *Plantear la consideración de posibles perspectivas (replanteamiento del estudio a otro nivel de complejidad, problemas derivados...).*

- *Pedir un esfuerzo de integración que considere la contribución del estudio realizado a la construcción de un cuerpo coherente de conocimientos, así como las posibles implicaciones en otros campos de conocimientos.*

- *Conceder una especial importancia a la elaboración de memorias científicas que reflejen el trabajo realizado y puedan servir de base para resaltar el papel de la comunicación y el debate en la actividad científica.*

- *Potenciar la dimensión colectiva del trabajo científico organizando equipos de trabajo y facilitando la interacción entre cada equipo y la comunidad científica, representada en la clase por el resto de los equipos, el cuerpo de conocimientos ya construido (recogido en los manuales escolares y, de forma especialmente significativa, en libros de historia de la ciencia* (Carrascosa, 2008, p. 163-165).

En la búsqueda de una metodología para lograr el aprendizaje de la Óptica en la dimensión experimental es importante resaltar que esta área de la Física ha sido abordada en la educación tradicional por medio de explicaciones magistrales, a través de demostraciones y construcciones esencialmente geométricas, y el acercamiento experimental se ha dado en un nivel de demostración de los fenómenos de la óptica geométrica donde los estudiantes solo se limitan a verificar lo dicho en la clase magistral. Muchas de estas visitas al laboratorio podrían ser superadas como estrategias de enseñanza por simuladores o videos a los que los estudiantes pueden acceder diariamente. Por esto, en muchos ambientes educativos, tanto los profesores como las instituciones defienden las TICS como la solución para lo que en la escuela se ha convertido en problema desde el diseño, los tiempos de clase y de preparación previa, la disposición de instalaciones y equipos, desvirtuándose la

esencia de la construcción científica, apareciendo expresiones cuestionables como “Es más fácil mirar el cielo en la pantalla del computador”, “El estudio de la caída libre de los cuerpos se puede modelar solo con un simulador”. Al afirmar esto, no se quiere desconocer y subvalorar lo que la tecnología e informática pueden facilitar en la enseñanza de la Física. Es una responsabilidad abordar las TICS con los estudiantes, sin embargo, la actividad investigativa debe ser asumida como un ejercicio integral que desarrolle sus actitudes científicas en el laboratorio, concebido como espacio de búsqueda donde se desentrañan las producciones científicas de nuestra cultura, debe ser un lugar privilegiado donde no solo se deben orientar protocolos científicos y tecnológicos sino también una mística donde se contagie a los jóvenes de esa relación con el conocimiento, más allá del pragmatismo social de la educación actual, donde se logren crear vínculos con la ciencia o más aún con el conocimiento mismo, pensar en animar al estudiante a que se ocupe de “cultivar su Ser”.

En esta búsqueda fue valioso el hallazgo de la tesis de maestría otorgada por la Universidad Nacional de Colombia a la docente Diana Patricia Vergara Marín, quien en su tesis “*Estudio del impacto didáctico de la metodología de aprendizaje activo en la enseñanza de la óptica”,* presentó elementos claves en su trabajo experimental, concretamente en la implementación de la metodología experimental del Aprendizaje Activo de Óptica Fotónica (ALOP). En el diálogo directo con la autora se logró una orientación frente a los criterios para el diseño y fabricación de los equipos necesarios para la realización de las actividades experimentales. El poder compartir inquietudes y concepciones pedagógicas entre docentes permite concluir inicialmente que es posible la transformación de las estructuras rígidas de la enseñanza tradicional, oxigenar y recrear las posturas que en la práctica son dogmáticas y repetitivas. Uno de los objetivos del taller de ALOP, consiste en que este aprendizaje sea compartido y multiplicado entre las comunidades

de docentes, esto puede generar maestros preocupados por la calidad de la enseñanza de la física. Al compartir con la autora de la tesis mencionada anteriormente, pudo constatarse que el Aprendizaje Significativo Crítico se da en todos los niveles, los grupos académicos pueden enriquecer y fortalecer la construcción del conocimiento científico, no sólo en el plano de los estudiantes, también desde la experiencia vivida por el docente.

4.3. Características del Aprendizaje Activo de la Óptica (ALOP)

Es el resultado del trabajo de varios profesores interesados en mejorar la enseñanza de la Física, promoviendo el aprendizaje activo como una propuesta para llegar de manera más significativa a la conceptualización de la Óptica en una metodología experimental. Esta propuesta defiende la Óptica como un área de la Física donde el estudiante debe aprender desde la experiencia del hacer, por su fuerte vínculo con la tecnología. Este trabajo, apoyado por la UNESCO, anima la enseñanza en la secundaria y los primeros años universitarios por medio de talleres de formadores de formadores, donde se busca esencialmente que el estudiante disfrute el descubrimiento de la Física, con una participación central en el proceso de enseñanza y donde el profesor cumpla un rol de facilitador de la disposición didáctica y del ambiente que acerca al estudiante a la comprensión y construcción de la interpretación de los fundamentos de la Óptica. El siguiente esquema muestra una síntesis de la secuencia en esta estrategia de enseñanza activa de la Óptica.

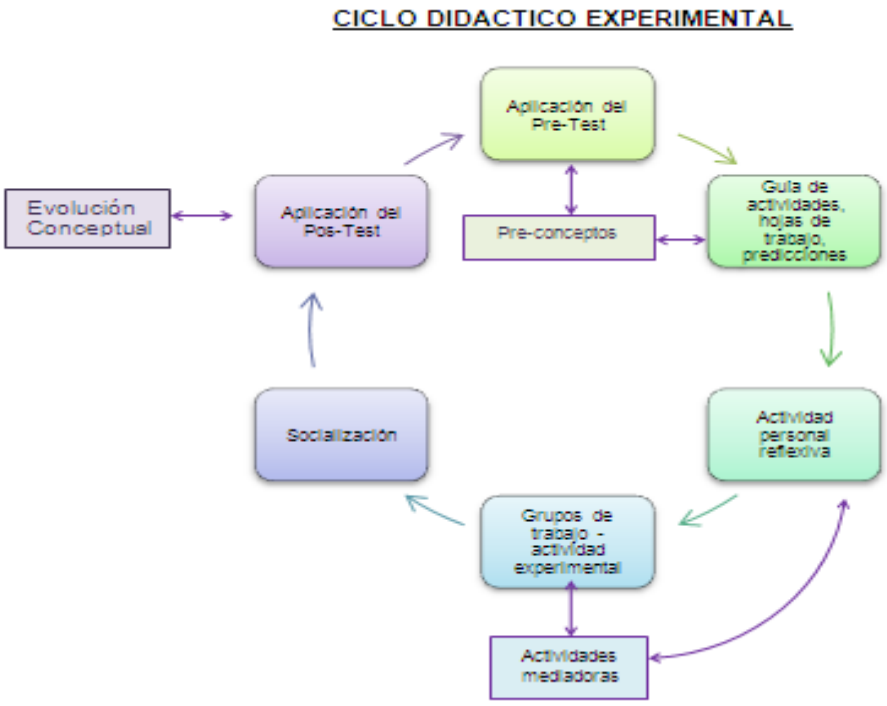


Ilustración 4.2. Ciclo didáctico experimentación activa

Este proyecto está dispuesto en un manual de entrenamiento del Aprendizaje Activo de la óptica, donde se brindan a los profesores un apoyo y una orientación de una alta flexibilidad en su aplicación.

A continuación se enuncian las fortalezas y aportes del manual de ALOP en el planteamiento de la dimensión experimental, en la concepción, realización y práctica pedagógica de este trabajo de grado.

- El manual contiene una propuesta experimental con la siguiente secuencia de aprendizaje: predicción – discusión en pequeños grupos – experimentación – cuestionamiento entre resultados y predicciones - síntesis y socialización, que guían al estudiante a la construcción de su propio conocimiento para la interpretación de la realidad.

- En el planteamiento y diseño de las experiencias en Óptica se plantea una concepción integradora, no se plantean metodologías diferentes para abordar los fenómenos ópticos, se estudian los fenómenos donde se puede construir el concepto de onda – partícula para explicar la naturaleza de la luz.

- La orientación para la consecución de materiales y la construcción de equipos simples y económicos, para el desarrollo de las actividades propuestas.

- El diseño de guías experimentales y hojas de trabajo para la predicción de los estudiantes y la actividad de síntesis, las cuales son facilitadas a los profesores y con autorización de libre reproducción, con previo reconocimiento de los autores.

- El manual ofrece un test para evaluar inicialmente los conocimientos previos de los estudiantes el cual da una valiosa información de los preconceptos que ellos tienen y permite dar unos elementos para que el profesor oriente significativamente las actividades de enseñanza. El mismo test será realizado a los estudiantes para evaluar la evolución de los conceptos abordados en la práctica pedagógica. Este test aplicado al inicio de la enseñanza y después de la actividad de investigación, permiten un instrumento de análisis cuantitativo de la evolución conceptual.

Es muy importante dejar claro que la propuesta pedagógica que anima este trabajo de grado es el Aprendizaje Significativo Crítico, desde una concepción integral de la enseñanza de la Óptica, el planteamiento pedagógico del manual de ALOP, es sustentado en el Aprendizaje Activo, el cual puede ser orientado desde la riqueza de su didáctica y la claridad en la asignación de los roles del estudiante y el profesor. La posibilidad de identificar los conocimientos

previos desde las predicciones, y la libertad del estudiante en su ejercicio de descubrir y evolucionar en su construcción conceptual sin prescindir de su creatividad y en el encuentro con la construcción de sus compañeros, haciendo del conocimiento una actividad social y en contexto con una realidad simbólica mediada en el discurso y en los posibles acuerdos, hace que el Aprendizaje Significativo valide el Aprendizaje Activo, el cual no debe confundirse con una práctica activista, que ha sido tan cuestionada por su riesgo de educar sobre el empirismo aristotélico.

4.4. Etapas metodológicas en esta propuesta para la enseñanza de la óptica

La planeación y realización de las actividades para el grupo de estudio de la Óptica se desarrolló en cuatro etapas, las cuales permitieron hacer un seguimiento del proceso vivido por las estudiantes, cada etapa tiene un sentido pedagógico que se caracterizó por una intención de mayor dominancia, esto no quiere decir que se dan en una secuencia lineal, las etapas pueden darse no necesariamente en orden o incluso pueden darse simultáneamente en el proceso, esta categorización es más el momento en el aprendizaje del grupo de estudio. A continuación se señala el significado de cada etapa:

- Etapa I:

"El aprendizaje significativo crítico parte de la teoría del constructivismo, ya que el alumno es responsable de la construcción y evolución de su conocimiento" (Palmero, 2011, p. 29-50).

Este es el momento del primer encuentro de las estudiantes y el objeto de estudio, donde ellas expresan sus conocimientos previos como también sus

predicciones fenomenológicas, su imaginación y fantasía creadora, alrededor del concepto de la luz.

- Etapa II:

"El aprendizaje significativo centra el aprendizaje en un contexto escolar" (Palmero, 2011, p. 29-50).

Las estudiantes viven un proceso de construcción evolutiva de los conceptos de la Óptica, partiendo de sus conocimientos previos y vinculando este saber con la experiencia vivida en las actividades de lectura, diálogos con sus compañeras y la experimentación como proceso de investigación.

- Etapa III:

"Se ocupa del proceso complejo del aprendizaje verbal y simbólico que exige el conocimiento científico" (Palmero, 2011, p. 29-50).

En esta etapa las estudiantes realizan una producción propia y grupal en la cual se expresa el lenguaje verbal, escrito y gráfico. La elaboración discursiva permite la validez social dando cuenta de que la comunicación científica es una experiencia creativa, compleja, mostrando a la estudiante que aprende, dueña de una narrativa de un saber en ciencia, vinculando áreas del conocimiento alrededor de los conceptos de la Óptica, logrando interpretar un saber validado por la cultura.

- Etapa IV

"Búsqueda de evidencias de aprendizaje significativo de la estructura conceptual de la materia de enseñanza, de la captación de significados

conceptualmente aceptados, de la conceptualización progresiva (Palmero, 2011, p. 29-50)

- Es una etapa final en el proceso vivido en el grupo de estudio, donde hay una evaluación de lo que se logró en las anteriores etapas, en este proceso la evaluación se realiza en varias direcciones y se expresan sentimientos, inquietudes y logros alcanzados.

El siguiente cuadro resume las actividades realizadas en cada etapa del proceso vivido en la enseñanza de la óptica.

Etapa	**Fecha**	**Actividad**	**Propósito**	**Clases (Duración: 45')**
I	Marzo 22	▪ Pre-test ▪ Realización de una producción textual libre: La luz	Identificar las ideas previas presentes en las estudiantes.	Dos clases (horario escolar) Una clase (horario escolar)
II	Abril 11	▪ Bienvenida al Grupo de estudio de la Óptica, diálogo cercano y entrega de un detalle a cada participante del grupo. ▪ Inducción y normas de seguridad para el trabajo experimental: normas de seguridad para el manejo de los láseres. Conformación de equipos (6), 5	Crear un ambiente especial donde las estudiantes sientan la posibilidad de construir una comunidad científica. Fomentar una actitud científica en las estudiantes en el acatamiento de las normas de seguridad en el laboratorio como una actitud científica. Descubrir como la luz se difunde desde una fuente puntual. Examinar cuantitativamente como varia la intensidad de la luz con la distancia a la fuente puntual.	Una clase (horario extraclase) Una clases (horario extraclase) Dos clases (horario extraclase)

Etapa	Fecha	Actividad	Propósito	Clases (Duración: 45')
		estudiantes por equipo. ▪ <u>Actividad experimental 1</u> <u>Mil puntos de luz</u> 1.1 Intensidad de la luz de una fuente puntual. 1.2 Rayos de luz divergentes y paralelos. 1.3 Rayos provenientes de una fuente lejana.	Observar el comportamiento de un láser en distintos medios (capturar el modelo de rayo)	
II	Abril 12	▪ Recorrido histórico sobre las teorías que han explicado naturaleza de la luz. (Ficha de contenido y trabajo personal en la biblioteca, realización de un mapa conceptual)	Identificar la evolución histórica y sus cambios conceptuales de las teorías físicas sobre la naturaleza de la luz.	Dos clases (Horario habitual)

Etapa	Fecha	Actividad	Propósito	Clases (Duración: 45')
III	Abril 16	▪ Instrucción sobre el trabajo de investigación para cada grupo de trabajo y asignación de temáticas (frentes de trabajo de investigación): • La naturaleza de la luz. • La historia y la luz • La antropología y la luz. • El ojo • La tecnología y la luz. • El arte y la luz. • Exposiciones del trabajo de investigación. • Diseño de un afiche temático.	Construir un conocimiento vinculado con entorno social desde distintas posturas culturales y así reconocer el carácter no lineal del conocimiento científico como tejido social. Dar espacio a la palabra y al diseño gráfico como elementos representacionales del aprendizaje significativo.	Clases para la inducción al trabajo grupal 2 clases (horario escolar) Cada grupo tendrá una hora para su exposición en el horario habitual del colegio.
II	Abril 18	▪ <u>Actividad experimental 2</u> <u>Comprendiendo la luz mediante rayos</u> 2.1 Interacción de rayos paralelos con una superficie transparente 2.2 Interacción de rayos divergentes con una superficie transparente 2.3 Ley de reflexión: Formación de imágenes con espejos planos.	Observar el comportamiento de la luz desde una comprensión geométrica. Construir desde las observaciones experimentales y las evidencias cuantitativas la ley de reflexión de la luz.	Tres clases (horario extraclase)
II	Abril 24	▪ <u>Actividad experimental 3</u>	Observar el comportamiento de la luz al	Tres clases (horario

Etapa	Fecha	Actividad	Propósito	Clases (Duración: 45')
		Ley de Snell de la refracción.	cambiar de medio. Reconocer la veracidad de la ley de Snell.	extraclase)
II	Abril 25	▪ Actividad experimental 4 Reflexión total interna. 4.1 Refracción en un medio menos denso. 4.2 Rayo transmitido que desaparece una mirada más cuantitativa.	Reconocer el significado de la reflexión total interna, el significado físico de concepto de ángulo crítico y el fundamento de unos de las aplicaciones tecnológicas más importantes de la Óptica como lo es la fibra óptica, mediante un análisis de un modelo experimental.	Tres clases (horario extraclase)
II	Abril 30	▪ Actividad experimental 5 Refracción, dispersión, reflexión interna total y el arcoíris. 5.1 Dispersión de la luz blanca con un prisma. 5.2 Dispersión de la luz láser con un prisma. 5.3 El arcoíris.	Observar el fenómeno de la dispersión de la luz, para profundizar en el comportamiento ondulatorio de la luz.	Tres clases (horario extraclase)
II	Abril 30	▪ Actividad experimental 6 Trucos mágicos 6.1 El tubo de ensayo que aparece. 6.2 La vela encendida debajo del agua. 6.3 De carbón a plata.	Recrear los fenómenos ópticos estudiados.	Tres clases (horario extraclase)
II	Mayo 2	▪ Actividad experimental 7: Formación de imágenes con lentes.	Reconocer las características de una imagen formada por una lente y vincular esta observación con muestro ojo y los instrumentos ópticos que han	Tres clases (horario extraclase)

Etapa	Fecha	Actividad	Propósito	Clases (Duración: 45')
			transformado el alcance de la realidad de las imágenes.	
II	Mayo 9	▪ <u>Actividad demostrativa:</u> Demostraciones experimentales de interferencia y polarización.	Reconocer las características ondulatorias de la luz y conceptualizar su naturaleza dual.	Tres clases (horario extraclase)
III	Mayo 31	▪ Visita al Parque Explora	Disfrutar este espacio educativo que ofrece la ciudad, desde una aproximación intencional a las experiencias interactivas. Facilitar la relación dialógica que valide la apropiación conceptual de las estudiantes en el estudio de la Óptica.	9:00 am-12: 00 m
IV	Junio 1	▪ Post-test	Evaluar la actividad experimental	Dos clases (Horario habitual)
III	Junio 4	▪ Exposición: naturaleza de la luz	Evaluar la construcción discursiva de los conceptos de la naturaleza de la luz desde diferentes áreas del conocimiento y a través de la construcción del afiche el poder de síntesis y de simbolización de la de su evolución conceptual en el estudio de la Óptica	Una clase (Horario habitual)
III	Junio 6	▪ Exposición: historia de la luz. ▪ Exposición: Antropología y la luz.	Valorar la evolución humana en su empeño de revelar la realidad sobre la naturaleza de la luz y como también la luz determinó la evolución y la construcción de un lenguaje de formas que dan cuenta de nuestro origen.	Una clase (Horario habitual)
III	Junio 7	▪ Exposición: La tecnología y la luz	Reconocer como óptica a permitido construir una tecnología al servicio de la ciencia, inmersa en la	Una clase (Horario habitual)

Etapa	Fecha	Actividad	Propósito	Clases (Duración: 45')
			realidad de las comunicaciones y los avances tecnológicos-científicos donde es difícil diferenciar sus fronteras y dominios.	
III	Junio 10	▪ Exposición: el ojo	Valorar el instrumento óptico más perfecto, nuestros ojos, con los que podemos vivir la experiencia del color y las imágenes.	Una clase (Horario habitual)
III	Junio 11	▪ Exposición: El Arte y la luz.	Disfrutar la belleza de la luz, las creaciones humanas alrededor de la experiencia de la visión.	Una clase (Horario habitual)
IV	Junio 11	▪ Encuesta de satisfacción.	Evaluación de la experiencia vivida en el grupo de estudio de la Óptica.	Una clase (Horario habitual

Tabla 4.1. Actividades realizadas en cada etapa de la propuesta educativa

4.5. Experiencias vividas en cada etapa de la metodología planeada

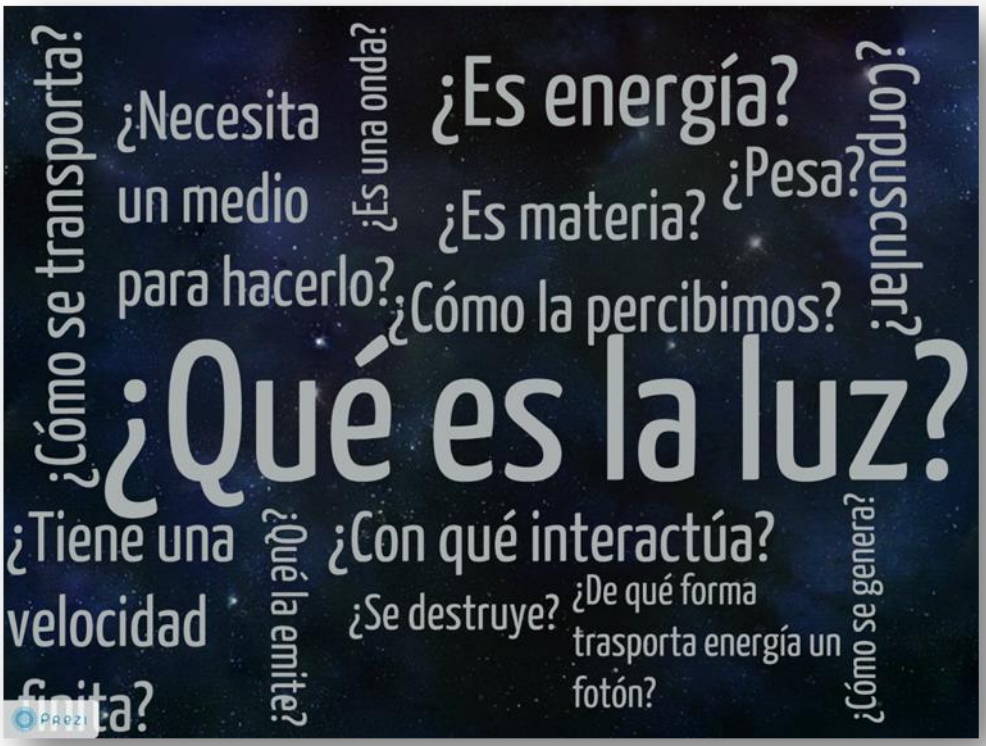


Ilustración 4.3. Preguntas

Fuente: Elaborado por las estudiantes del grupo de estudio de Óptica.

Este es un conjunto de relatos de las experiencias y hallazgos relevantes observados durante el desarrollo de las actividades realizadas con las estudiantes del grupo de estudio de la Óptica. Gracias a esto fue posible configurar una reflexión pedagógica sobre la enseñanza de la Óptica.

- Etapa I

Realización de una producción textual libre sobre la Luz. Esta actividad permitió encontrar elementos que ayudaron a identificar el estado y las características de los conocimientos previos, en unas condiciones de mayor libertad de expresión para las estudiantes; se han realizado una selección de

algunos fragmentos a los que se les ha clasificado teniendo en cuenta su dimensión simbólica teórica y pragmática. Es importante aclarar que las actividades de esta fase del trabajo no fueron realizadas con previo aviso y acuerdo con las estudiantes, esto les da un valor mayor a la estructura conceptual en la producción del texto y al resultado de post- test que será más adelante analizado con elementos cuantitativos y que su diseño lo permite, para ser un medio de conocimiento de los preconceptos que poseen las estudiantes.

- Preconceptos que expresan la historia y modelos de las teorías que explican la naturaleza de la luz.

    - *Estudiante 1: "Thomas Alba Edison fue el que con un rayo y un ingenio inimaginable nos dejó llevar la luz hasta nuestras casas, nuestros cuartos y tan simple como con solo apretar un botón"*

    - *Estudiante 2: "La luz tiene comportamiento de partícula y de onda. Está formada por fotones y se le asigna una longitud de onda y todas las características de las ondas su velocidad es de $3x10^8$ m/s se que a veces luz más luz puede dar luz, aunque otras veces oscuridad, ausencia de luz"*

- Ideas previas que dan cuenta de claridad en los fundamentos de la Óptica.

    - *Estudiante 1: "La luz es energía, son fotones inmensamente veloces".*

    - *Estudiante 2: "La luz que conocemos naturalmente en el mundo es la luz que el sol nos proporciona, esta es de color blanco y se proyecta en diferentes frecuencias de onda, la que podemos ver es*

la luz visible, también está la luz infrarroja y la luz ultravioleta entre otras".

- *Estudiante 3: "Al pasar la luz por un prisma esta se reflecta dando lugar a diferentes colores, estos colores son descubiertos por el científico Isaac Newton".*

- *Estudiante 4: "La luz viaja más rápido que el sonido y se puede propagar en el vacío, mientras que el sonido no".*

- *Estudiante 5: "La luz tiene características de onda y de partícula (fotón) de todo el aspecto electromagnético la luz visible es lo único que podemos ver, mientras que el resto de ondas como las microondas, las ondas radiales, los rayos T, los rayos X no pueden ser percibidos por el ojo humano, la luz es una onda electromagnética".*

- Vinculación de los conceptos de la Óptica con la naturaleza y la vida humana.

  - *Estudiante 1: "La luz es mucho más que solo luz, no solo nos permite ver, sino que es la misma que nos da vida y aire para respirar, es la que permite que conozcamos nuestro mundo y lo capturemos en imágenes, es la que nos permite imaginar, entretener, iluminar y oscurecer, es la que nunca para de asombrarnos con su comportamiento".*

  - *Estudiante 2: "La Luz es un factor propio de la naturaleza, gracias a esta los seres humanos hemos progresado en muchos aspectos, ha sido valorada y a la vez estudiada. Con la luz es posible identificar los diferentes objetos, distinguir los colores, ver*

todo el universo que nos rodea, ver las cosas claramente, nítidamente o ver borroso, poder leer, diferenciar tamaños, tonos, colores etc.".

- *Estudiante 3: "Para mí, el rayo más importante que tenemos en la naturaleza; es el rayo del sol, ya que esta nos da una idea de cuándo es de día y cuando es de noche, porque es el que muchas veces nos calienta, por su gran potencia, todos los días por la mañana. La luz es supremamente importante en nuestra supervivencia ya que la necesitamos para nuestro diario vivir".*

- *Estudiante 4: "Hay que tener mucho cuidado con ciertos rayos de luz ya que muchos son perjudiciales en la salud y generan muchas enfermedades y complicaciones".*

- Conocimientos previos que evocan la dimensión espiritual de la estudiante.

  - *Estudiante 1: "La luz es la viajera más rápida que atraviesa nuestro mundo y a su paso deja en nosotros un sentimiento inspirador y trascendente, seguro Dios dejo la luz como recuerdo de su paso por el mundo".*

  - *Estudiante 2: "Por otra parte, en el sentido subjetivo de la palabra, se dice que una persona es luz cuando actúa como guía, cuando se le reconoce por su felicidad y se le tiene como referente, el mismo Jesucristo dijo a sus discípulos: sean sal y luz del mundo".*

- Ideas previas que muestran creatividad y riqueza artística.

  - *Estudiante 1: "La luz como…Disipador de tinieblas, quebrantador de terrores, enemigo de la oscuridad, vida física, resplandor iridiscente, primera generación de la creación, sustentación del mundo, empleado de la tranquilidad, batidor de records, pro cultor del verde, realidad en pasta, paleta de colores, todo tipo de colores, implementador de desviaciones con frecuencia beneficiosa, temerario, inagotable, indudable, primeros lugares nunca antes vistos, número uno en las expediciones, asegurador del camino, vestidura de héroes, más veloz que un rayo, complejo científico tan maravilloso que es digno de estudio, realizador de sueños, punto de referencia, reconocedor del tiempo, originador del fuego, precursor de la paz, símbolo de la verdad, ajustado al cambio, maestro de la adaptación al medio, representante del bien, amigo del calor, ampliador del espacio, trotamundos, revelador de misterios, compañero fiel de científicos, la luz como es, fue y siempre será".*

  - *Estudiante 2: "La luz es la "creadora" de los objetos que observamos diariamente, es la única capaz de "descubrir" todas las maravillas que nuestro mundo esconde, la que nos permite ver los colores, rostros y creaciones".*

  - *Estudiante 3: "Es difícil escapar de ella, atraviesa ventanas, orificios y transferencias. Nosotros no descubrimos la luz, somos descubiertos por ella".*

- Ideas previas que relacionen los conceptos de la luz y los desarrollos tecnológicos.

    - *“Para muchos es un asunto complicado descifrar como funciona y como se comporta pero una vez se conoce se puede apreciar con gran admiración. Ha sido objeto de estudio de muchos que gracias a ellos hoy en día tenemos artefactos que nos hacen más fácil nuestras tareas. Como por ejemplo las lámparas, los lentes que corrigen enfermedades de los ojos, los telescopios y los microscopios, estos últimos pueden llegar a ser más complejos pero nos abren a otros mundos, más pequeños o más grandes”.*

- Ideas que evidencian errores conceptuales.

    - *“La luz puede manifestarse de muchas maneras por ejemplo en los laser, estos pueden ser muy útiles para los astrólogos en su proceso de encontrar estrellas”.*

    - *“La luz blanca está formada por tres colores de luz verde, azul y magenta, gracias a la combinación de estos colores de luz, se puede formar luz de muchos otros colores, excepto negro, y a que este se obtiene por la ausencia de luz, por ejemplo en las superficies que no pueden reflejar ninguna longitud de onda de la luz blanca”.*

Uno de los textos (elaborado por una estudiante destacada cuya elección profesional es el estudio de la Física) denota una integración de las dimensiones anteriormente expuestas:

Estudiante destacada:

LA LUZ

Hace un buen tiempo, cuando estaba muy pequeña, escuche alguien decir, que los colores no existen.

Encontré esta afirmación aterrorizadora y decidí para mí que los colores si existían y punto.

Cuando crecí un poco, aprendí a leer y mis padres compraron para mi hermana y para mí "El mundo de los niños", una enciclopedia llena de respuestas, en la cual descubrí que ¡los colores eran luz! (no entendía, claro está, que significaba aquello), pero el que la luz pudiera ser de colores era maravilloso.

Muchos años después vine a entender que significaba aquello de que los colores "no existían", que yo pudiera verlos y que la luz fuera de colores, pero en lugar de despejar las dudas que tenía de pequeña las hizo más complejas ¿Por qué sólo vemos un pedacito del espectro electromagnético? ¿Tiene la luz masa? ¿Cómo puede la luz calentar las cosas? ¿Cómo funciona un telescopio/microscopio? ¿Por qué algunas cosas brillan y otras no?

Y mil preguntas de niña pequeña persisten, algunas que creía entender vuelven a no tener sentido y otras que consideré sencillas se volvieron complejas, otras han encontrado ya su respuesta, pero nunca han dejado de surgir nuevas desquiciadoras y curiosas inquietudes respecto a la luz, su origen y composición.

No puedo decir que comprendo hoy la luz, pero puedo asegurar que el llegar a hacerlo me emociona profundamente.

Análisis

Después de realizar la lectura de estas producciones, de hacer análisis e interpretación de las mismas, se puede apreciar que fue una experiencia rica en su contenido, al reconocer los conocimientos previos de las estudiantes. En una dimensión integral, se pudieron identificar conceptos físicos generales que sirven de anclaje para la construcción de un conocimiento en Óptica con mayor evolución, sin dejar de desconocer la dimensión creativa, fantástica y trascendental, que están muy ligadas a la creación científica y hacen parte de la estructura conceptual de quien aprende. Esta actividad puede ser considerada como material valioso e interesante para un trabajo pedagógico de gran dimensión que aportaría una plataforma psicológica, esencial en el Aprendizaje Significativo. Lo que podría extraerse de estos discursos de las estudiantes es mucho más de lo que se logra en una primera clasificación y admiración por la profundidad simbólica del contenido; los elementos disciplinares que se tomaron para abordar los textos se dieron desde un saber específico. Es viable contemplar su juzgamiento desde un trabajo de mayor interdisciplinariedad.

A continuación se expresan los criterios que se tuvieron en cuenta para esta actividad de identificar los conceptos previos que poseen las estudiantes:

- Las estudiantes muestran un interés significativo por aprender y descubrir las leyes físicas que explican la naturaleza y los fenómenos de la luz.
- Hay una fuerte vinculación entre la concepción de la luz la posibilidad de la vida evolución y el orden en la naturaleza.

- Los textos poseen una fuerte expresión en el reconocimiento de la luz y la experiencia de visión y construcción de la realidad, el color, las formas, la belleza.
- Aparecen expresiones que relacionan la luz con lo trascendental lo sagrado.
- Los fenómenos ópticos que han sido mencionados en el ensayo son reflexión, refracción y la dispersión ligado al arco iris.
- Es muy significativo encontrar en los relatos la escasa relación entre la tecnología y la luz.
- No aparecen estructuras conceptuales que evidencien el conocimiento previo sobre la las teorías y modelos que explique la naturaleza de la luz.

Actividad del Pre-Test

Se realizó el pre - test, tomado del manual de ALOP (Anexo 3), aplicado al grupo de estudio de la Óptica y al grupo control. Sus resultados se presentan y analizan en comparación con el Post-test en el capítulo 5 “Análisis de resultados de la actividad experimental”.

- Etapa II

Iniciación de la actividad experimental:

- Bienvenida al grupo de estudio de la Óptica, diálogo cercano y entrega de tarjeta y detalle a cada participante del grupo, testimonios de las estudiantes sobre las expectativas ante la participación en el grupo.

- Inducción para el trabajo experimental, conformación de los grupos para el trabajo experimental, asignación de los roles de las estudiantes y la profesora acompañante.

- Orientación para la realización de las actividades, las normas de comportamiento en el laboratorio y de seguridad para el manejo de los láseres, a través de la lectura y socialización de la primera guía de trabajo el manejo del laser.

a) Preparación del

b) Bienvenida

c) Criterios de trabajo

Ilustración 4.4. Apertura de la propuesta educativa

- <u>Mil puntos de luz:</u>

Intensidad de la luz de una fuente puntual. En esta actividad experimental las estudiantes realizaron el estudio cualitativo y cuantitativo de la función de la intensidad de la luz de una fuente puntual en términos de la distancia a la fuente, a continuación se muestran ejemplos de las predicciones que algunos grupos expusieron:

Predicción del grupo 1

"*La intensidad de la luz en un punto es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente".*

Predicción del grupo 2

"La intensidad de la luz decrece a medida que el observador se aleja y aumenta al acercarse el observador".

Predicción del grupo 6

"*A mayor distancia de la fuente de luz, la luz deberá distribuirse en un área mayor por lo tanto será menor la intensidad de la luz que habrá en un espacio determinado si esta mas lejos de ésta".*

Ilustración 4.5. Predicciones

En esta experiencia las estudiantes realizaron una observación y medición, en la discusión plantearon modelos donde la fuente de luz estaba en el centro de una esfera y la distancia era el radio, asociaron la intensidad de la luz como la energía distribuida en la superficie de la esfera.

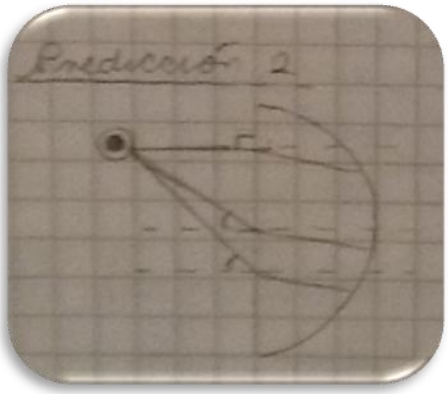
- <u>Rayos de luz divergentes y paralelos.- Rayos provenientes de una fuente lejana.</u>

En esta actividad las estudiantes alcanzaron a diferenciar como la luz se difunde desde una fuente puntual, reconocen el rayo de luz como un modelo que puede utilizarse para representar cómo se propaga la luz. Fue muy significativo el asombro de las estudiantes en la observación de la luz del láser en un medio saturado del fino de talco; según sus testimonios, se constituyó en una actividad de grata recordación. En esta sesión, luego de una motivación acerca del tema, se lograron fotografías de la mejor fuente de luz natural lejana, a partir de la observación intencional del cielo y de los rayos emitidos por la fuente, en las horas del atardecer.

Ilustración 4.6. Rayos de luz divergentes y paralelos – Rayos provenientes de una fuente lejana

- Comprendiendo la luz mediante rayos

En esta experiencia las estudiantes lograron la interpretación del concepto de rayos paralelos y rayos divergentes con una superficie transparente. Sus conclusiones fueron muy claras en el manejo del láser, las predicciones y conclusiones en la observación de la interacción de los medios tranparentes con la fuente puntual (divergente) presentaron mayor dificultad.



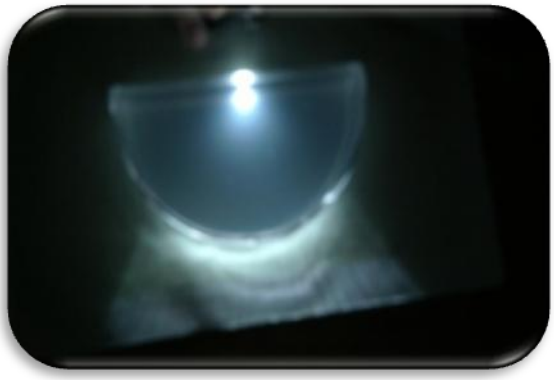


Ilustración 4.7. Comprendiendo la luz mediante rayos

- Ley de Reflexión y ley de Refracción

Las estudiantes durante estas experiencias mostraron un avance significativo en la formulación de las predicciones, en el desempeño experimental y en la construcción de las conclusiones, las cuales fueron enunciadas en un lenguaje matemático.

Los resultados cuantitativos permitieron enunciar la Ley de Reflexión, la Ley de Refracción (Ley de Snell) y encontrar los índices de refracción de algunos materiales como también darle sentido físico a esta contante.

En esta etapa del proceso se logró la concentración en el trabajo grupal, las estudiantes fueron gestoras de sus conclusiones, disminuyó su dependencia

y ya no pidieron la aprobación de la profesora con tanta intensidad, disfrutaron las observaciones, fueron creativas y propusieron ajustes y novedades en los modelos experimentales.

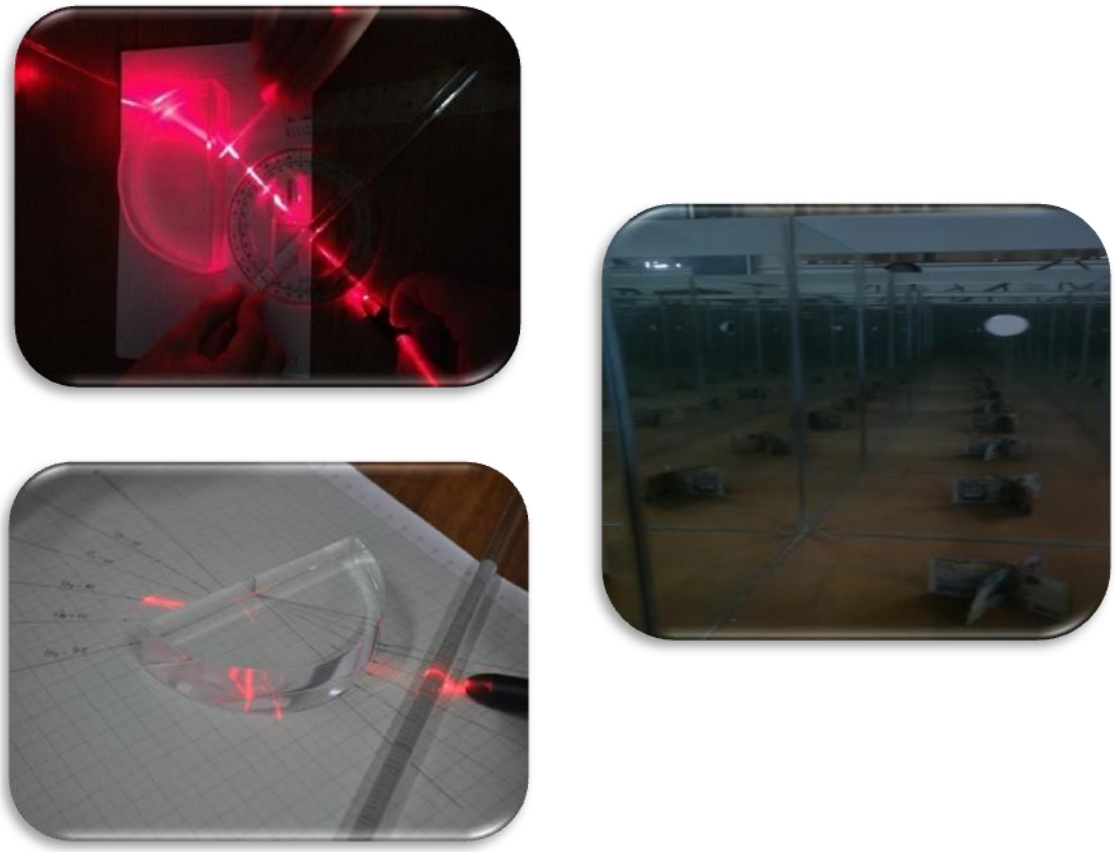


Ilustración 4.8. Ley de reflexión y ley de refracción

- <u>Reflexión total interna.</u>

En esta experiencia las estudiantes observaron la refracción en un medio menos denso, experimentalmente buscaron el rayo transmitido que desaparece y con una mirada más cuantitativa, observaron el fenómeno de la reflexión total interna, construyeron el concepto de ángulo crítico, determinaron su valor en distintos medios con porcentajes de error muy bajos.

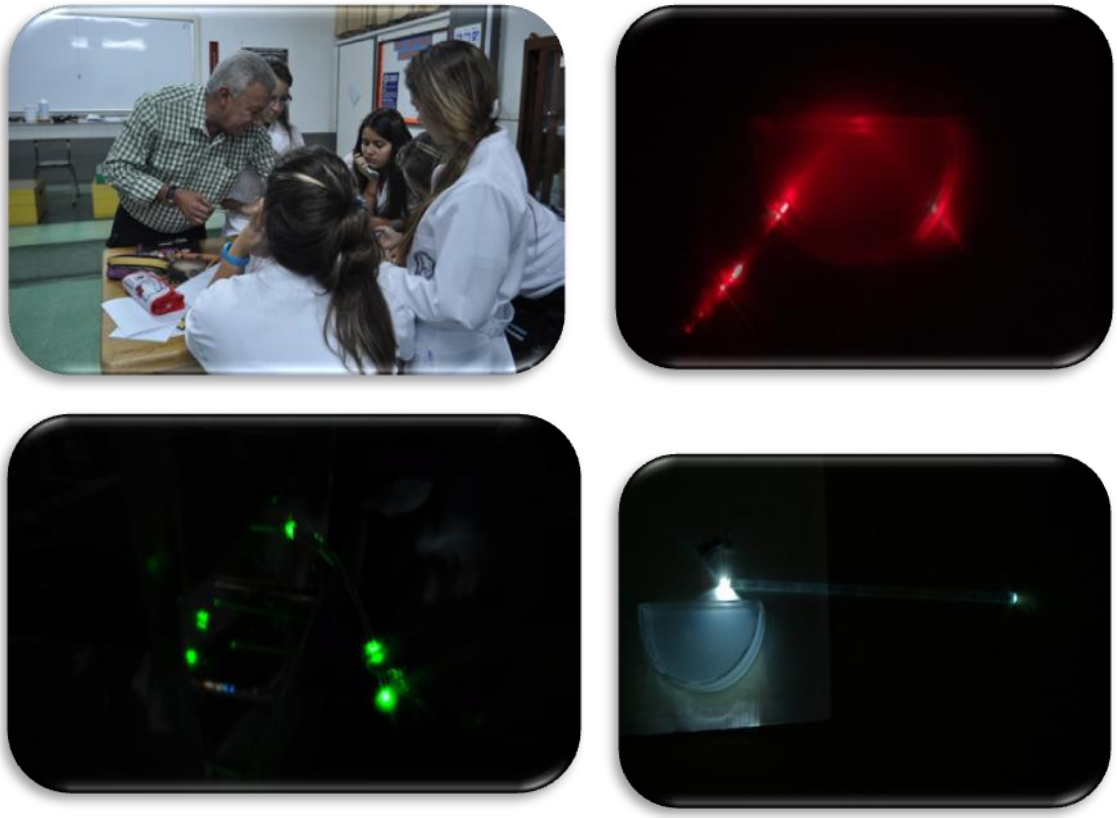


Ilustración 4.9. Reflexión total interna

- <u>Dispersión de la luz</u>

Las estudiantes observaron y compararon la dispersión de la luz blanca y dispersión de la luz láser con un prisma.

Relacionaron este fenómeno con el arcoíris, las discusiones en esta experiencia fueron más profundas, plantearon un vínculo muy importante entre el fenómeno y el modelo ondulatorio de la luz, la experiencia permitió establecer una clara relación entre la dispersión en el prisma y en el cilindro de vidrio y el fenómeno natural del arcoíris. Establecieron una correcta relación entre el orden

de aparición de los colores y características de la onda de luz visible como su frecuencia y su longitud.

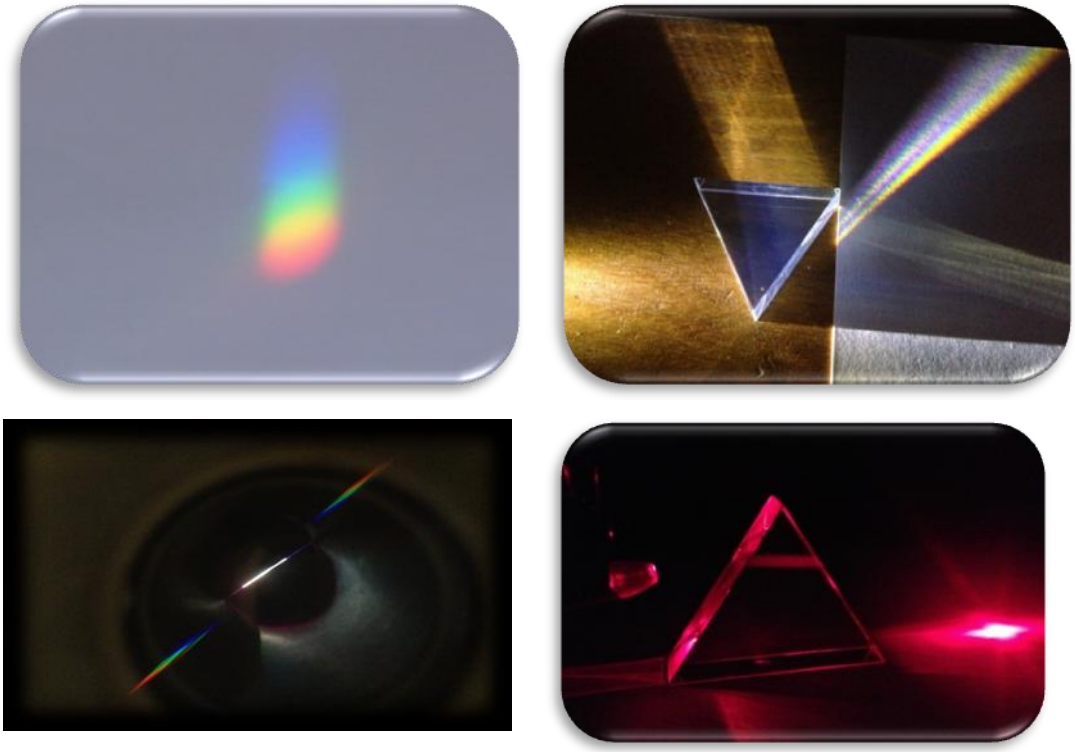


Ilustración 4.10. Dispersión de la luz

- <u>Trucos mágicos</u>

Las estudiantes disfrutaron de una experiencia de magia óptica, realizaron predicciones, los acertijos experimentales dieron origen a la búsqueda de soluciones para:

- El tubo de ensayo que aparece.
- La vela encendida debajo del agua.
- De carbón a plata.

Los conceptos de refracción, de reflexión y reflexión total interna, se pusieron a prueba en un ambiente lúdico, las estudiantes valoraron esta actividad y su fantasía surgió en cada propuesta de explicación, evocaron esos primeros años escolares donde el conocimiento fascinaba, en esta sesión las estudiantes realizaron reflexiones sobre la belleza del conocimiento físico. En esta sesión se dio el disfrute de todas las personas participantes, pues fue la recreación de los fenómenos ópticos.

"La magia es tan sólo una extensión de la física.
La fantasía son números.
Ése es el truco"
Carlos Ruiz Zafón

Ilustración 4.11. Trucos mágicos

- <u>Formación de imágenes con lentes</u>

La experiencia vivida con las lentes género en las estudiantes diversidad en las predicciones, la observación experimental permitió un espacio de confrontación; sin embargo, estos preconceptos con respecto a la formación de

imágenes fueron persistentes. Esto se evidenció en el desempeño en el post-test. La experimentación fue importante para la construcción de imágenes reales y las conclusiones fueron correctas. No obstante, en muchas estudiantes prevaleció el conocimiento previo.

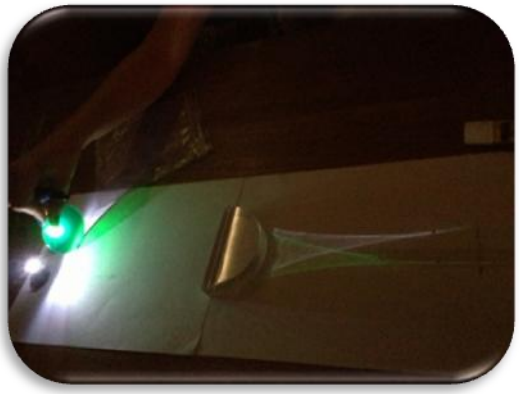


Ilustración 4.12. Formación de imágenes con lentes

- Etapa III

- Visita al Parque Explora

En esta salida pedagógica las estudiantes disfrutaron de un espacio educativo que ofrece la ciudad. Se logró propiciar un diálogo que validó la apropiación conceptual de las estudiantes en el estudio de la Óptica, En los montajes, simulaciones y atracciones del Parque Explora alrededor de los fenómenos ópticos, se vio gran disfrute por parte del grupo asistente.

Las estudiantes identificaron los principios de la óptica y la intencionalidad de cada montaje, preguntaron con pertinencia y sostuvieron diálogos con un lenguaje de elaboración conceptual con los jóvenes que las acompañaron en los recorridos.

Ilustración 4.13. Visita al Parque Explora

- Trabajo de investigación y exposición de las estudiantes

Esta actividad cerró el trabajo del grupo de estudio de la Óptica y fue una experiencia gratificante, las estudiantes en subgrupos de estudio realizaron una investigación que se constituyó en una búsqueda interdisciplinaria sobre el concepto de la luz en distintas áreas o dimensiones de las cultura humana.

Una vez se comprendió la intencionalidad del trabajo, se llevaron a cabo las actividades propias para preparar y ejecutar las exposiciones. Estas dieron cuenta de un contenido valioso que mostró una comprensión integral y flexible desde distintos escenarios, que fueron convergentes y aportaron elementos facilitadores de una construcción significativa desde el **mundo de la vida**,

fundamentales para la elaboración de un lenguaje con sentido, ligado a la historia, al proceso cambiante de las teorías de la naturaleza de la luz, a la relación antropológica y cultural que tiene el concepto de luz para la evolución del hombre, a los conceptos de la óptica que han dado origen a la revolución tecnológica y a esa dimensión humana que da cuenta de la trascendencia, lo que la luz es para la estética en todas las manifestaciones artísticas. Esta lectura de la cultura humana alrededor de la Óptica realizada por las estudiantes, aportó elementos claves y no lineales para una construcción de un lenguaje diverso, rico en complejidad y asumido por los nuevos paradigmas de la Física que exigen y jalonan nuevas concepciones de la enseñanza como lo plantea el trabajo de Cecilia Mendoza (2006), donde hace un análisis de los principios de la nueva racionalidad y resalta un principio que es la síntesis de la intención de esta actividad pedagógica y lo vivido en la puesta en escena por las estudiantes con sus trabajos, la posibilidad de exponer a las estudiantes a la construcción de culturas complejas de pensamiento científico:

> *Inter y transdisciplinariedad: Relaciones recíprocas de cooperación, interpenetración e intercambio. Fertilización cruzada de métodos y conocimientos sectoriales en pos de una integración ampliada del saber, hacia un todo nuevo y relativo, manteniendo los conocimientos de las partes. La interdisciplinariedad supone interacción o coordinación entre los conocimientos provenientes de las diversas disciplinas en relación con un objeto concreto. La transdisciplanariedad, por su parte, es una aproximación de saberes y métodos a sujetos-objetos-contextos proyectos engarzados en redes de complejidades en las que operan numerosas relaciones de transformación* (p. 18).

Como fruto de los momentos que rodearon la investigación y las exposiciones de las estudiantes, se diseñó en cada subgrupo un afiche temático que recogió aspectos esenciales de contenido y expresión gráfica y simbólica,

desde la mirada de ellas. Estos se constituirán en una herramienta de presentación sobre trabajo realizado por el grupo de estudio Anexo 3.

Ilustración 4.14. Trabajo de investigación y exposición

- Etapa IV

Actividad del Post – Test

Se aplicó nuevamente el test diseñado por ALOP tanto al grupo de estudio como al grupo control. Este ejercicio tuvo como objeto evaluar la apropiación conceptual generada desde la actividad experimental. Además, se buscó establecer una comparación cuantitativa de la evolución en los procesos vividos en ambos grupos. Los resultados y análisis de este test se abordan de manera especial en el siguiente capítulo.

Encuesta de satisfacción

Al finalizar todas las actividades contempladas en la propuesta educativa se llevó a cabo la encuesta a todas las alumnas participantes en el grupo de estudio, con el propósito de conocer el impacto que generó en ellas la

implementación de las actividades experimentales y de socialización, el desarrollo y descubrimiento de nuevas actitudes ante la construcción del conocimiento en el ámbito escolar, unidas a la potenciación del Espíritu Científico que cada una de las estudiantes dejó ver en la respuesta a las mediaciones que posibilitaron el encuentro, para construir y dinamizar procesos personales y dialógicos alrededor de un objeto de saber: la Luz. En el capítulo 5 se hace interpretación y análisis de las encuestas Anexo 2.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA PROPUESTA EDUCATIVA

"La luz palpa los frutos y palpa lo invisible…"

Octavio Paz

5.1. Resultados y análisis del pre-test y el post-test

La aplicación del pre-test y pos-test en los dos grupos de trabajo tuvo como objetivo evaluar la evolución conceptual de las estudiantes en el estudio de la Óptica. Para el análisis de la evaluación se tomaron treinta preguntas[1] que incluyeron los conceptos más estudiados en el proceso de investigación para los dos grupos; es importante aclarar que el post-test se aplicó en un horario extraclase, donde la totalidad de las estudiantes no estaba presente, se contó con la participación de 27 estudiantes del grupo de estudio y 37 del grupo control.

El siguiente análisis muestra la evolución alcanzada en el proceso de enseñanza en cada grupo y el progreso de las estudiantes que en su desempeño académico habían presentado dificultades en la asignatura de Física.

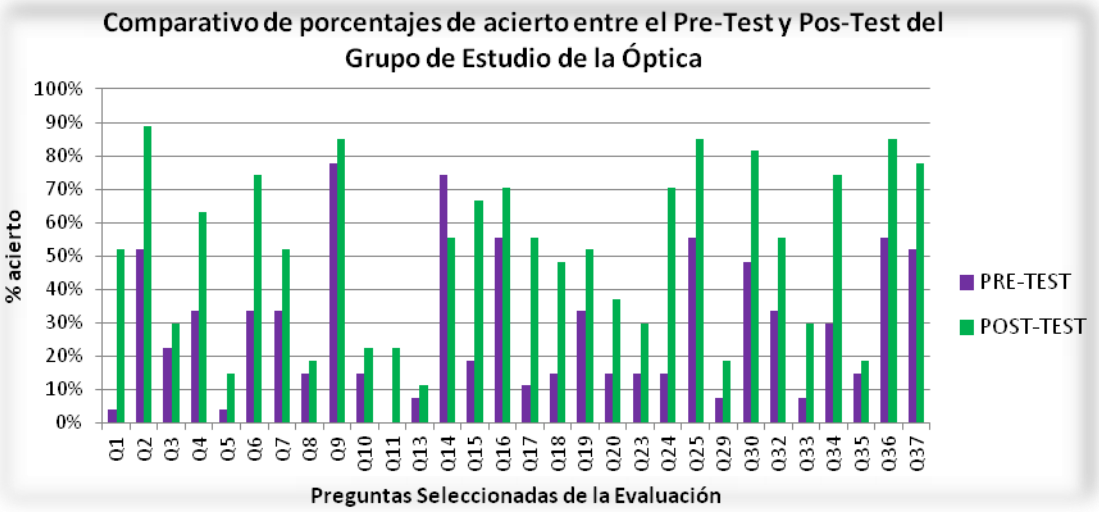
[1] Las preguntas conservan la numeración original del test tomado del Manual de Entrenamiento ALOP.

5.1.1. Resultados y análisis del Pre- test y el Post test para el grupo de estudio

PORCENTAJE DE RESPUESTAS CORRECTAS
GRUPO DE ESTUDIO ÓPTICA

TOTAL ESTUDIANTES-GRUPO		27	
TOTAL PREGUNTAS		30	
PREGUNTA/RESPUESTA	**PRE-TEST**	**POS-TEST**	**OBSERVACIÓN**
Q1/C	4%	52%	Mostró evolución en su desempeño
Q2/C	52%	89%	Mostró evolución en su desempeño
Q3/D	22%	30%	Mostró evolución en su desempeño
Q4/C	33%	63%	Mostró evolución en su desempeño
Q5/B	4%	15%	Mostró evolución en su desempeño
Q6/A	33%	74%	Mostró evolución en su desempeño
Q7/C	33%	52%	Mostró evolución en su desempeño
Q8/C	15%	19%	Mostró evolución en su desempeño
Q9/B	78%	85%	Mostró evolución en su desempeño
Q10/E	15%	22%	Mostró evolución en su desempeño
Q11/B	0%	22%	Mostró evolución en su desempeño
Q13/E	7%	11%	Mostró evolución en su desempeño
Q14/B	74%	56%	No mostró evolución en su desempeño
Q15/E	19%	67%	Mostró evolución en su desempeño
Q16/F	56%	70%	Mostró evolución en su desempeño
Q17/B	11%	56%	Mostró evolución en su desempeño
Q18/B	15%	48%	Mostró evolución en su desempeño
Q19/C	33%	52%	Mostró evolución en su desempeño
Q20/A	15%	37%	Mostró evolución en su desempeño
Q23/B	15%	30%	Mostró evolución en su desempeño
Q24/A	15%	70%	Mostró evolución en su desempeño
Q25/E	56%	85%	Mostró evolución en su desempeño
Q29/D	7%	19%	Mostró evolución en su desempeño
Q30/A	48%	81%	Mostró evolución en su desempeño
Q32/C	33%	56%	Mostró evolución en su desempeño
Q33/D	7%	30%	Mostró evolución en su desempeño
Q34/C	30%	74%	Mostró evolución en su desempeño
Q35/C	15%	19%	Mostró evolución en su desempeño
Q36/A	56%	85%	Mostró evolución en su desempeño
Q37/E	52%	78%	Mostró evolución en su desempeño
SUMA PORCENTAJES /TOTAL PREGUNTAS	**853/30= 28,43**	**1547/30= 51,57**	
GANANCIA %	**32,32**		

Tabla 5.1. Porcentaje de respuestas correctas - Grupo de estudio de la óptica



Gráfica 5.1. Comparativo de porcentajes de acierto entre el Pre-test y el Pos-test del Grupo de Estudio de la óptica

Análisis:

La tabla 5.1 muestra el porcentaje de respuestas correctas obtenidas en el pre-test y pos-test aplicados al grupo de estudio. De las 30 preguntas seleccionadas, en 29 se evidencia una evolución que demuestra el crecimiento de apropiación conceptual de las estudiantes una vez se ejecutaron las diferentes actividades experimentales. La gráfica 5.1 muestra el comparativo del porcentaje de aciertos entre el pre- test y el post-test en cada pregunta y se observa la evolución en el acierto en cada una.

Las preguntas que mejor evolución mostraron en la experiencia son las que a continuación se destacan como también los conceptos evaluados en ellas:

Pregunta 1 y 2: al aplicar el pre-test se muestra que las estudiantes contaban con unos fundamentos previos sobre el tema abordado por la pregunta 1, su resultado de acierto fue del 4%, una vez se aplica el post-test, la

apropiación conceptual da como resultado 52 % de acierto colectivo; en la pregunta 2 el proceso entre el pre-test y post-test arroja resultados del 52 y 89 % respectivamente. Ambas preguntas están relacionadas con la comprensión de la Ley de Reflexión en la observación de las imágenes en espejos planos, situaciones que son poco analizadas por las estudiantes en su experiencia cotidiana. Quienes obtuvieron aciertos, mostraron una evolución de la idea intuitiva de imagen que tenían desde su vivencia diaria; a través de observación de imágenes formadas por espejos planos evolucionaron los conceptos de: característica de imagen, inversión lateral y campo visual- posición del observador.

La pregunta 6 tuvo como resultado 33% de acierto en la primera parte, un 74 % al final. En ella se muestra la evolución en la interpretación conceptual de la refracción de la luz, desde un medio de menor densidad óptica a un medio de mayor densidad óptica en función del índice de refracción de cada medio.

Las preguntas 15, 17 y 24, cuyo tema correspondió a la comprensión del ojo humano en su modelación como instrumento óptico en relación con las lentes y su combinación para corregir enfermedades visuales comunes, denotó los siguientes resultados: para la 15, un 19 % en el primer momento de evaluación, y un 67 % en el segundo; en la 17, 11 y 56 % en su orden; en la 24, 15 y 70 % respectivamente. Cabe anotar que la evolución en la apropiación conceptual de las estudiantes evaluadas tiene un progreso significativo.

La pregunta 34 mostró una evolución del 30 al 74 %; se pudo evidenciar cómo las estudiantes que aciertan en esta pregunta logran una comprensión de la funcionalidad de una lente convergente al enfocar la luz. Si bien es alto el valor de evolución, la temática abordada desde este interrogante muestra que se hubiera podido obtener un porcentaje mayor, pues la experiencia vivida por

las estudiantes en el diseño experimental en el que participaron daba elementos para tener holgura en la respuesta de esta pregunta.

En todas las preguntas se dio un crecimiento en su porcentaje de aciertos, exceptuando la pregunta 14 que no mostró evolución, obtuvo un 74 % de aciertos en el pre-test y un 56 % en el post-test; esta pregunta hace referencia al análisis necesario para reconocer el poder de aumento de una lente en función de su apariencia -el grosor-, lo cual está relacionado con su distancia focal. Las estudiantes relacionaron las lentes más planas, de mayor radio y mayor foco con tener mayor aumento, es decir, como si la relación entre aumento y foco fuera una relación directa. Esto es un error conceptual, ya que esta es una relación inversa. Al analizar los resultados, se puede concluir que la actividad experimental no fue mediadora entre los conocimientos poseídos por las estudiantes y lo que conceptualmente se considera válido.

5.1.2. Resultados y análisis del Pre- test y el Pos test para el grupo control

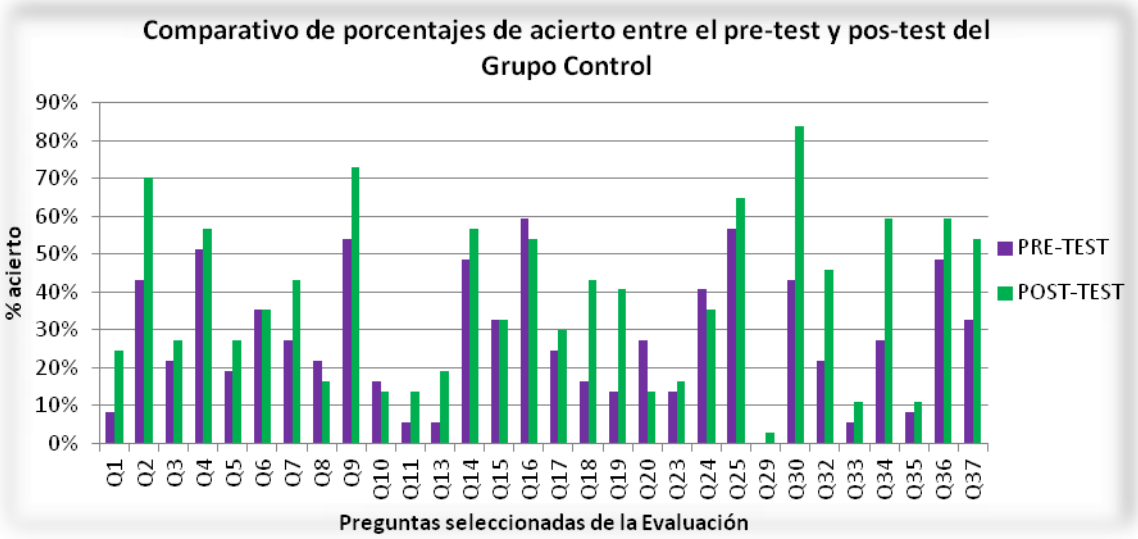
PORCENTAJE DE RESPUESTAS CORRECTAS
GRUPO CONTROL

TOTAL ESTUDIANTES-GRUPO		37	
TOTAL PREGUNTAS		30	
PREGUNTA/ RESPUESTA	**PRE-TEST**	**POS-TEST**	**OBSERVACIÓN**
Q1/C	8%	24%	Mostró evolución en su desempeño
Q2/C	43%	70%	Mostró evolución en su desempeño
Q3/D	22%	27%	Mostró evolución en su desempeño
Q4/C	51%	57%	Mostró evolución en su desempeño
Q5/B	19%	27%	Mostró evolución en su desempeño
Q6/A	**35%**	**35%**	**No mostró evolución en su desempeño**
Q7/C	27%	43%	Mostró evolución en su desempeño
Q8/C	**22%**	**16%**	**No mostró evolución en su desempeño**
Q9/B	54%	73%	Mostró evolución en su desempeño
Q10/E	**16%**	**14%**	**No mostró evolución en su desempeño**
Q11/B	5%	14%	Mostró evolución en su desempeño
Q13/E	5%	19%	Mostró evolución en su desempeño

Q14/B	49%	57%	Mostró evolución en su desempeño
Q15/E	**32%**	**32%**	**No mostró evolución en su desempeño**
Q16/F	**59%**	**54%**	**No mostró evolución en su desempeño**
Q17/B	24%	30%	Mostró evolución en su desempeño
Q18/B	16%	43%	Mostró evolución en su desempeño
Q19/C	14%	41%	Mostró evolución en su desempeño
Q20/A	**27%**	**14%**	**No mostró evolución en su desempeño**
Q23/B	14%	16%	Mostró evolución en su desempeño
Q24/A	**41%**	**35%**	**No mostró evolución en su desempeño**
Q25/E	57%	65%	Mostró evolución en su desempeño
Q29/D	0%	3%	Mostró evolución en su desempeño
Q30/A	43%	84%	Mostró evolución en su desempeño
Q32/C	22%	46%	Mostró evolución en su desempeño
Q33/D	5%	11%	Mostró evolución en su desempeño
Q34/C	27%	59%	Mostró evolución en su desempeño
Q35/C	8%	11%	Mostró evolución en su desempeño
Q36/A	49%	59%	Mostró evolución en su desempeño
Q37/E	32%	54%	Mostró evolución en su desempeño
SUMA PORCENTAJES /TOTAL PREGUNTAS	**826/30 = 27,53**	**1133/30= 37,77**	

GANANCIA %	**14,12**

Tabla 5.2. Porcentaje de respuestas correctas del grupo control



Gráfica 5.2. Comparativo de porcentajes de acierto entre el pre-test y pos-test del grupo control

Análisis:

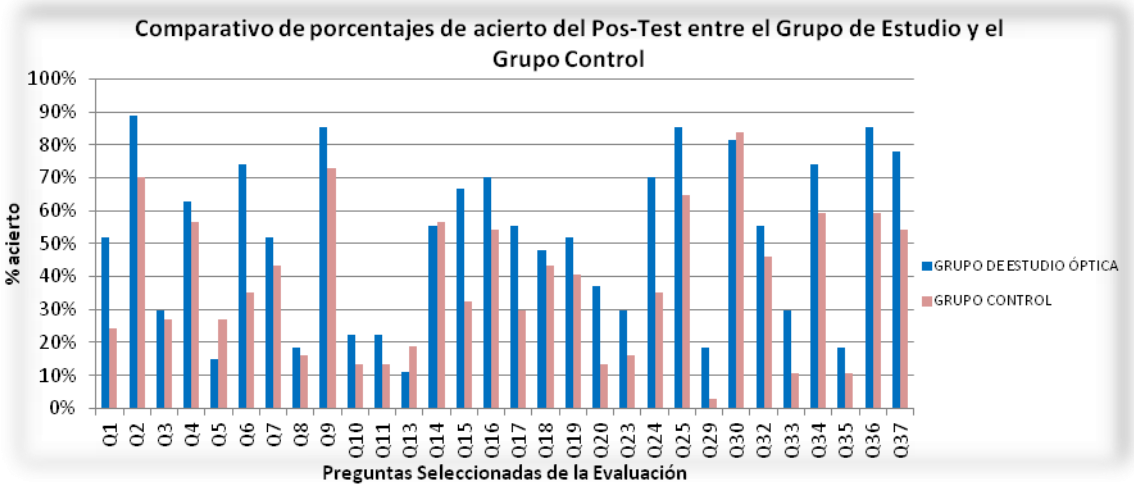
Los resultados del porcentaje de aciertos en cada pregunta en el pre- test y post test del grupo control se encuentran en la tabla 5.2 y en la gráfica 5.2. Se observa que de las 30 preguntas evaluadas, 24 presentaron un aumento en el porcentaje de aciertos.

A continuación se realiza un análisis del comportamiento más relevante en los resultados obtenidos en las respuestas de este grupo.

La pregunta 8 obtuvo un 22 % de aciertos en el pre-test y un 16 % en el post-test; la pregunta 10, un 16 % en el pre-test y un 14 % en el post-test. No hubo evolución en el proceso de aprendizaje institucional, estas preguntas estaban orientadas a la aplicación de los conceptos de reflexión, refracción y reflexión total interna.

La pregunta 15 obtuvo un 32 % de aciertos en el pre-test y un 32 % en el pos-test; la pregunta 16, 59 y 54 %; la pregunta 20, 27 y 14%; la pregunta 24, 41 y 35 %. Estas preguntas no mostraron evolución conceptual, están realizadas para verificar si hay una apropiación en la interpretación de la formación de imágenes con lentes y su aplicación en las correcciones ópticas de las enfermedades más comunes del ojo humano.

Es interesante resaltar que el progreso fue menor al comparar los resultados de este grupo con los obtenidos en el grupo de estudio, tal como se muestra en la grafica 5-3, exceptuando el resultado obtenido en las preguntas 13 y 14, las cuales tuvieron mejor evolución en el proceso, estas preguntas abordaron la clasificación de las lentes convergentes y divergentes y su enfoque geométrico, lo que podría explicarse como una de las fortalezas de la institución en el diseño y la orientación de la óptica geométrica.



Gráfica 5.3. Comparativo de porcentajes de acierto del pos-test entre el grupo de estudio y el grupo control

5.1.3. Cálculo de la ganancia normalizada para los grupos de estudio

El término de ganancia normalizada es recomendada por el Manual de entrenamiento ALOP para evaluar los resultados de la evaluación conceptual que se generó durante el proceso de investigación, definiendo como la ganancia normalizada la fracción de mejoramiento posible que ha obtenido el grupo (Sokoloff, 2006, p. 232)

$$g = \frac{(\text{promedioclasepos} - \text{test} - \text{promedioclasepre} - \text{test})}{(100 - \text{promedioclasepre} - \text{test})} * 100\ \%$$

Silvina Guidugli, en su trabajo de investigación utilizó la ganancia relativa y la recomienda para comparar el grado de logro de la estrategia educativa en distintas poblaciones, la ganancia relativa es una medida intensiva de la ganancia alcanzada y establece comparaciones entre propuestas educativas. Señala en su trabajo las categorías establecidas por Hake (1998), a quien se le debe este parámetro de análisis, para definir la calidad del resultado, así:

- Si $g < 0,3$ la ganancia relativa es baja, lo que significa que los resultados muestran un bajo nivel de mejoramiento en la propuesta implementada.

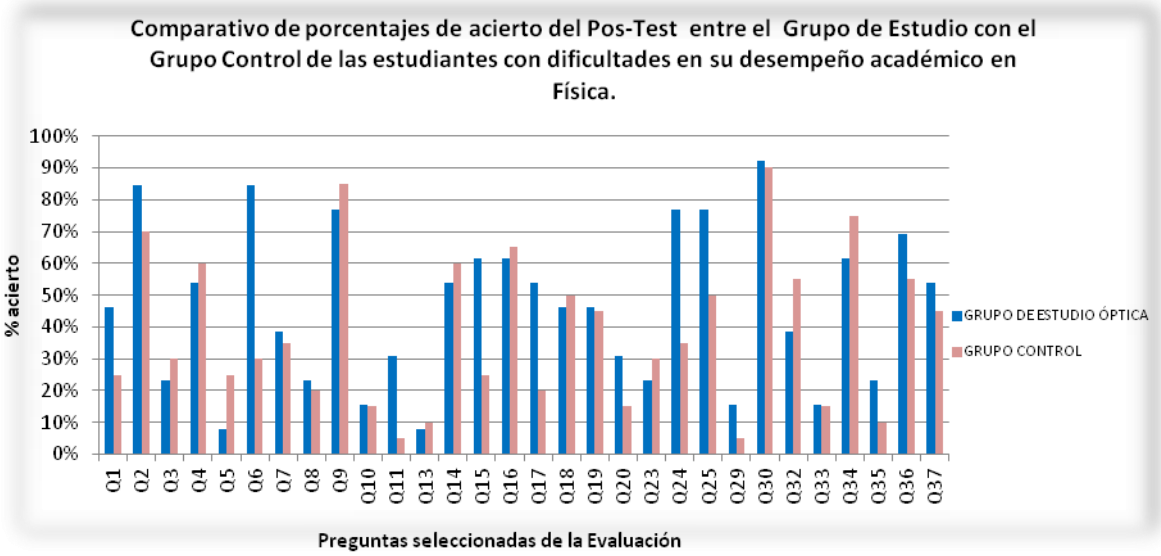
- Si el valor de la ganancia relativa está en el intervalo: $0,3 \leq g \leq 0,7$ significa que los resultados muestran un nivel medio de mejoramiento en la propuesta implementado.

- Si $g > 0,7$ la ganancia relativa es alta, lo que significa que los resultados muestran un alto nivel de mejoramiento en la propuesta implementada Guidugli, Fernández Gauna & Benegas, 2004, p. 465).

El valor de la ganancia relativa para el grupo de estudio de la Óptica obtuvo un valor de 0,32, el cual muestra que el proceso alcanzó un nivel medio de mejoramiento en la propuesta planteada en la propuesta educativa.

Para el grupo control hubo una ganancia relativa de 0,142. Este grupo se encuentra en un nivel bajo en su desempeño.

5.1.4. Resultados y análisis del pos-test para el grupo de estudiantes que han presentado dificultades en la asignatura de Física en el grupo de estudio y el grupo control



Gráfica 5.4. Comparativo de porcentajes de acierto del pos-test entre el grupo de estudio con el grupo control de las estudiantes con dificultades en su desempeño académico en física

En ambos grupos hubo participación de estudiantes que presentaban dificultades en la asignatura de Física. Al hacer un análisis de su desempeño a partir del test final, se pudo establecer que hubo una evolución en sus resultados. Se puede indicar que desde este tipo de propuestas se posibilita una apertura y acogida para aquellos estudiantes que sienten que su desempeño en la asignatura no refleja su gusto y dedicación en el estudio de la

misma. De esta gráfica se concluye que el subgrupo de estudiantes analizadas, tuvo mejor desempeño dentro de las actividades aplicadas según la propuesta respecto a las del grupo control.

La ganancia relativa para las estudiantes con dificultades en la asignatura dentro del grupo de estudio fue de 0,27; en el grupo control fue 0,14. El rango indica un nivel de desempeño bajo, sin embargo, se puede apreciar que tal desempeño es más significativo para el primer grupo, lo que corrobora que un espacio de aprendizaje significativo puede lograr que la Física sea una ciencia posible tanto para estudiantes destacados como aquellos a quienes les cuesta un poco más.

5.2. Encuesta de satisfacción

Al finalizar el proceso de investigación con las estudiantes se realizó una encuesta para evaluar la experiencia vivida por las participantes en el grupo de estudio durante la implementación de la propuesta de enseñanza de la Óptica, a continuación se muestran los resultados y su análisis.

1. ¿Cómo evalúas los equipos y materiales utilizados durante las prácticas experimentales?	**Muy adecuados**	**Adecuados**	**Poco adecuados**	**Inadecuados**	**Total Encuestados**
	28				28

Tabla 5.3. Valoración de materiales y equipos

Gráfica 5.5. Valoración de los equipos y materiales

¿Qué opinión tienes sobre los equipos y materiales?	Cantidad Estudiantes
Buenos/ excelente Calidad	8
Útiles/adecuados/ Cumplen su función	8
Inversión apropiada/Notoria dedicación/amor/ planeación/organización.	5
Bien diseñados y fáciles de manipular	1
Creativos permitieron hacer experimentación y lograr resultados	1
Aseados	1
Cantidad adecuada	1
Útiles/Sencillos para observar los fenómenos	2
NS/NR	1
Total Encuestados	**28**

Tabla 5.4. Opiniones sobre los equipos y materiales

Las opiniones de las estudiantes fueron agrupadas dentro de los anteriores criterios.

Análisis:

Las estudiantes durante todas las actividades valoraron la calidad de los equipos y materiales que se utilizaron en cada experiencia; que cada grupo siempre encontrara los materiales necesarios las motivaba a realizar las actividades. Es importante resaltar que estos equipos fueron construidos por fabricantes artesanos, quienes con su valiosa colaboración permitieron la utilización de equipos de buena calidad y de costos muy moderados; la profesora, con la orientación de colegas, los criterios establecidos por la propuesta experimental del Manual de Entrenamiento ALOP y el apoyo económico de la Institución, logró la consecución de los equipos.

Las opiniones que dieron las estudiantes acerca de los equipos y la disposición de montajes estuvieron relacionadas directamente con la calidad de la enseñanza y la intención didáctica de la profesora acompañante para que ellas aprendieran a partir del uso de modelos sencillos.

2. ¿Cómo calificas el diseño y contenido de las guías y fichas utilizadas en las actividades experimentales?	**Muy claras**	**Claras**	**Confusas**	**Muy Confusas**	**Total Encuestados**
	15	13	0	0	28

Tabla 5.5. Valoración del diseño y contenido de guías y fichas

Tabla 5.6. Valoración del diseño y contenido de guías y fichas

¿Qué opinión tienes sobre diseño y contenido de las guías y fichas utilizadas en las actividades?	**Cantidad Estudiantes**
Fáciles de entender y trabajar/concretas/precisas/buenas explicaciones de las actividades	8
Las preguntas propiciaban una discusión muy provechosa.	1
Tenían un orden claro y eran de mucha ayuda	1
Extensas	3
Algunas instrucciones requerían explicación/ faltó glosario	3
Contenían información clave para realizar las prácticas	3
Buen diseño	1
Valioso contenido	1
Faltó descripción paso a paso e imágenes aclaratorias	1
Al principio me parecieron un poco enredados, pero luego fue más claro	2
Fueron muy efectivas y cumplieron su objetivo durante la práctica	1
Muy claras, con mucho orden, permitían ser elaborados por el grupo, las fichas tenían frases que me permitieron también crecer como persona	1
Todo estuvo realmente preparado/se vio compromiso, excelencia y dedicación	1

Tabla 5.7. Opiniones sobre diseño y contenido de guías y fichas

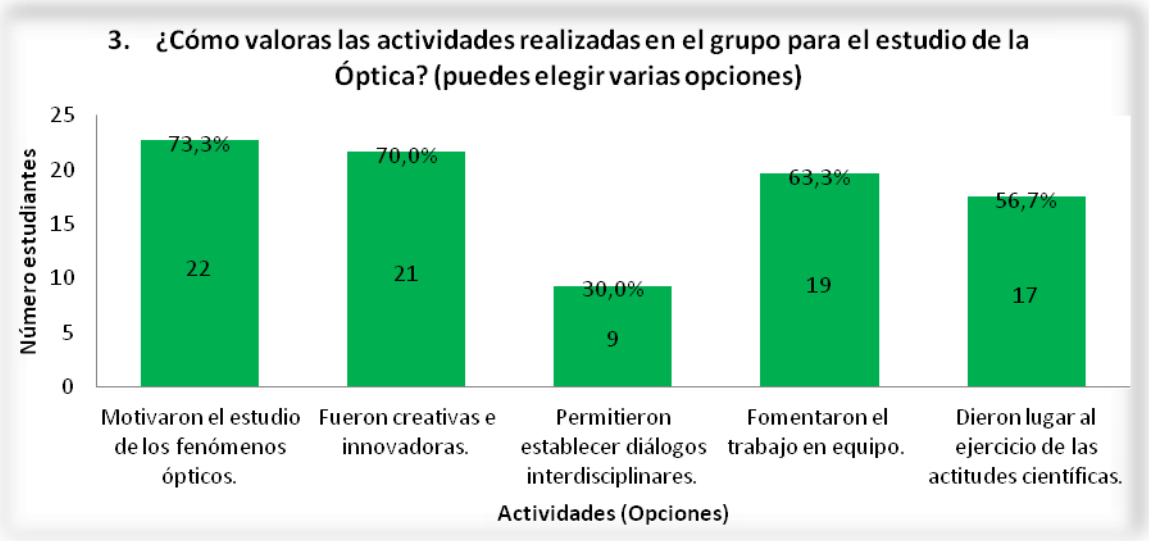
Las opiniones de las estudiantes fueron agrupadas dentro de los anteriores criterios.

Análisis

Dentro de las observaciones de las estudiantes se hace claro un proceso de independencia gradual en la manera de abordar las guías y fichas, toda vez que en el trabajo de cada una pudo observarse una apropiación de su contenido, al involucrarse con el vocabulario y términos propios, el respeto y la acogida de las pautas de trabajo. Se observó el desarrollo de actitudes científicas en el manejo de los equipos e instrumentos, en el seguimiento de instrucciones y en la manera como se desenvolvieron en diferentes momentos de las actividades experimentales y/o de socialización.

3. ¿Cómo valoras las actividades realizadas en el grupo para el estudio de la Óptica? (puedes elegir varias opciones)	**Número de estudiantes por opción**	**Porcentaje %**
Motivaron el estudio de los fenómenos ópticos.	22	73,3%
Fueron creativas e innovadoras.	21	70,0%
Permitieron establecer diálogos interdisciplinares.	9	30,0%
Fomentaron el trabajo en equipo.	19	63,3%
Dieron lugar al ejercicio de las actitudes científicas.	17	56,7%

Tabla 5.8. Valoración de las actividades realizadas



Gráfica 5.6. Valoración de las actividades realizadas

Otras valoraciones:
Aparte de esto, un amor por conocer más e ir más allá.
Nos permitieron experimentar y familiarizarnos con el laboratorio y sus equipos.
La profesora nos transmitió el amor por la materia.
Fueron entretenidos y fomentaron el interés por la Física.
Permiten apreciar la realidad y el uso diario de los fenómenos.
Ampliaron nuestros conocimientos físicos.
Cuando hicimos las predicciones y luego observamos y comparamos con los resultados pudimos darnos cuenta de que cada quien puede imaginar que puede pasar sin tener ningún tipo de miedo al equivocarse.
Fueron muy divertidas y hacen que entienda mejor el tema.
Permitieron conocer nuevas habilidades en las integrantes del grupo.
Me gustaron mucho.
Motivo mejorar en la academia.

Análisis

Se hace notoria la valoración positiva que las estudiantes le dieron a las actividades realizadas, no sólo desde la apropiación conceptual alrededor del área estudiada, también desde los aspectos relacionales consigo mismas y con las otras personas (pares, profesora acompañante, colaboradores). Es significativa la motivación del estudio de la asignatura una vez se llevaron a cabo todas las actividades.

4. ¿Tu participación en el grupo de estudio de la Óptica fue valorada por tu equipo de trabajo (profesora acompañante, compañeras)?	**Sí**	**No**	**Total Encuestados**
	28	0	28

Tabla 5.9. Valoración de tu participación en el grupo de estudio

Gráfica 5.7. Valoración de tu participación en el grupo de estudio

Análisis:

Desde esta pregunta se puede establecer nuevamente que el aspecto relacional fue fundamental en el desarrollo de las actividades por parte de las estudiantes. La dinámica de las actividades denotó apertura, creatividad y apropiación de la palabra en sus intervenciones. Hubo muchos momentos que dieron lugar a la experiencia de una comunidad académica.

5. ¿La metodología utilizada en las prácticas experimentales facilitó la apropiación de los conceptos relacionados con los fenómenos ópticos?	**Durante todas las actividades**	**En algunas actividades**	**En Pocas actividades**	**En ninguna actividad**	**Total Encuestados**
	24	4	0	0	28

Tabla 5.10. Valoración de la metodología utilizada en las prácticas

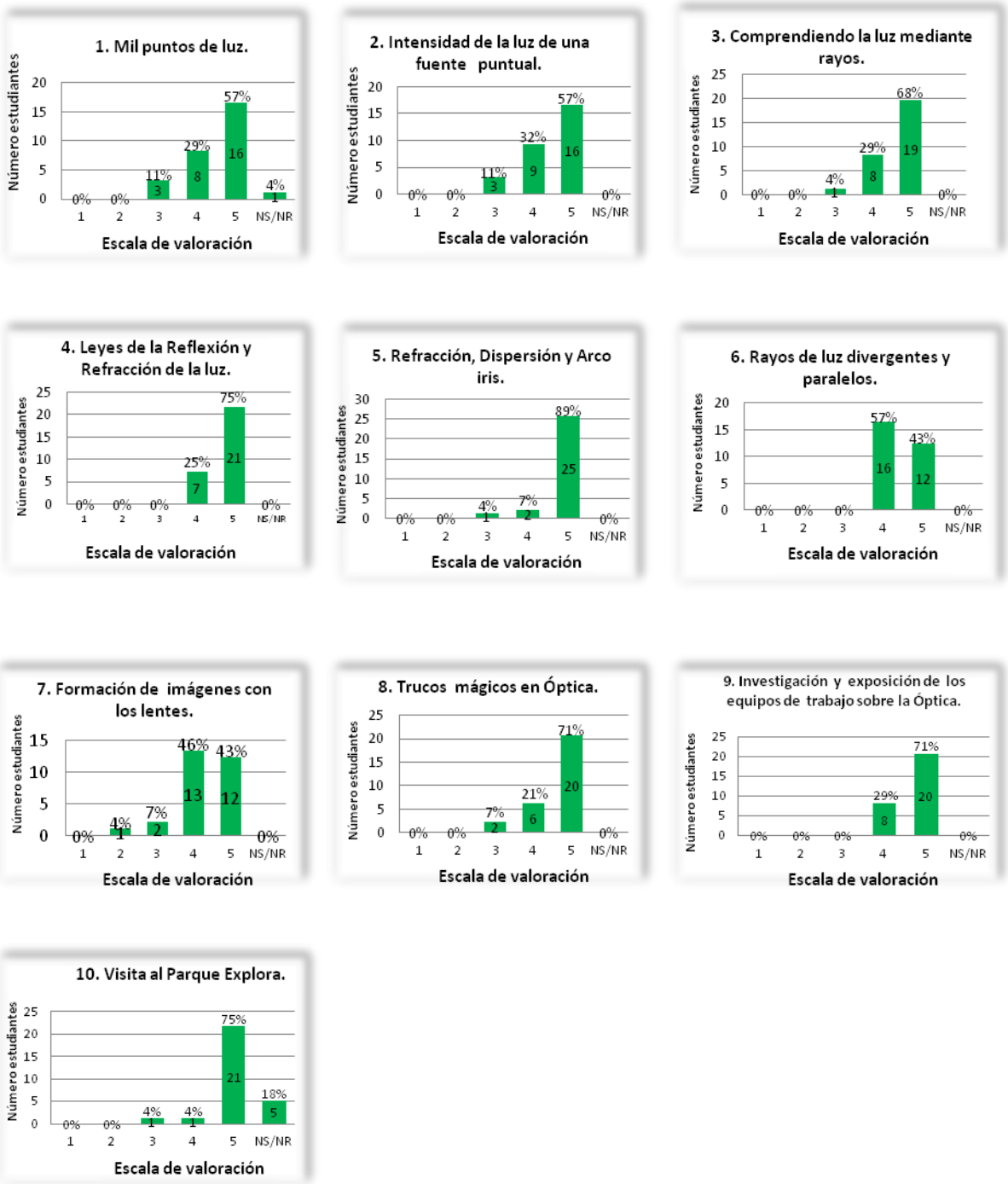
Gráfica 5.8. Valoración de la metodología utilizada en las prácticas

Análisis:

El resultado muestra cómo las niñas entendieron y valoraron los roles que se vivieron en la metodología experimental. Ellas fueron quienes construyeron su conocimiento. En esta medida, pudieron relacionarse con los fenómenos ópticos. Las diferentes prácticas fueron mediadoras para construir conceptos, leyes y modelos teóricos, todo logrado desde la investigación experimental; la dinámica de socialización permitió concluir, debatir y llegar a consensos de un saber aceptado como verdadero, con una gran posibilidad de no ser dogmático, rígido, sino en la línea de construcción del Espíritu Científico.

Valora tu aprendizaje con una escala de 0 a 5, en cada una las prácticas y actividades realizadas en el grupo de estudio de la Óptica.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**NS/ NR**	**Total Encuestados**
1. Mil puntos de luz.			3	8	16	1	28
2. Intensidad de la luz de una fuente puntual.			3	9	16		28
3. Comprendiendo la luz mediante rayos.			1	8	19		28
4. Leyes de la Reflexión y Refracción de la luz.				7	21		28
5. Refracción, Dispersión y Arco iris.			1	2	25		28
6. Rayos de luz divergentes y paralelos.				16	12		28
7. Formación de imágenes con las lentes.		1	2	13	12		28
8. Trucos mágicos en Óptica.			2	6	20		28
9. Investigación y exposición de los equipos de trabajo sobre la Óptica.				8	20		28
10. Visita al Parque Explora.			1	1	21	5	28

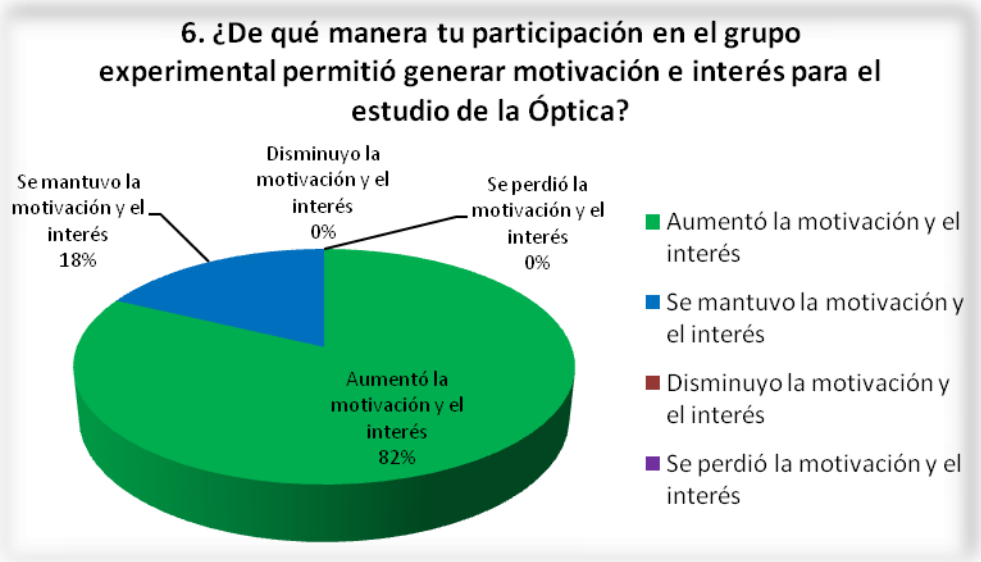
Tabla 5.11. Valoración del aprendizaje en cada práctica y actividad realizada



Gráfica 5.9. Valoración del aprendizaje en cada práctica y actividad realizada

6. ¿De qué manera tu participación en el grupo experimental permitió generar motivación e interés para el estudio de la Óptica?	**Aumentó la motivación y el interés**	**Se mantuvo la motivación y el interés**	**Disminuyó la motivación y el interés**	**Se perdió la motivación y el interés**	**Total encuestados**
	23	5	0	0	28

Tabla 5.12. Valoración de la participación en el grupo experimental



Gráfica 5.10. Valoración de la participación en el grupo experimental

Análisis:

El objetivo de la propuesta educativa sobre la enseñanza de la Óptica se cumplió en tanto la respuesta sobre si generó motivación e interés en las estudiantes fue significativa. Esto evidencia apertura en el grupo de estudio, un alto sentido de responsabilidad, calidad en su trabajo y en la presentación de las exposiciones y el diseño del afiche temático. Hubo valoración de cada actividad y de las personas que se vieron involucradas durante el tiempo de trabajo.

7. ¿La metodología desarrollada en el grupo de estudio de la Óptica te permitió una experiencia educativa de mayor disfrute de la Física?	**Sí**	**No**	**Total Encuestados**
	28	0	28

Tabla 5.13. Valoración de la metodología desarrollada

Gráfica 5.11. Valoración de la metodología desarrollada

Análisis:

Dentro de los resultados obtenidos cabe destacar la favorabilidad del ambiente que se generó dentro del grupo de estudio. La orientación y el apoyo conjunto, la valoración de los procesos casi simultánea con el desarrollo de las actividades, la relación entre la profesora acompañante y las estudiantes, hicieron posible que ellas vivieran la experiencia desde un vínculo libre de tensiones de poder del conocimiento y sí dentro de un compartir de saberes y de construcción.

8. Evalúa el papel de la profesora acompañante durante tu experiencia en el grupo de estudio sobre la Óptica.

Expresiones dadas por las estudiantes.

- Optimista, alegre, esmerada, dedicación y pasión por su labor. / Responsable. / Interesada y abierta, acompañamiento adecuado
- Su acompañamiento y actitud. / Siempre se mantuvo pendiente del progreso de las actividades.
- Nos permitió la libertad de aprender nosotras mismas, nos orientó por el camino adecuado
- Me pareció muy bueno porque Claudia era más una facilitadora que una profesora porque nos permitía a nosotras acceder al conocimiento y entender los fenómenos por medio de la experiencia. / Dio elementos durante las prácticas para comprender los fenómenos. / Ayudó mucho a entender nuevos conceptos. / Me parece que el papel de la profesora fue fundamental durante todo el proceso estuvo motivándonos y resolviendo las dudas que pudieran surgir
- Desarrolló un papel excelente porque nos motivó a experimentar por nosotros mismas e incentivo la experimentación
- Me encantó porque transmitió todo su conocimiento, su pasión, disciplina y dedicación
- Nos aclaraste al finalizar cada práctica lo que sucedía pero nos invitaste a retarnos a imaginar que suceder y eso me gusto mudo. / Me gustó la asesoría que nos dio y me gustó mucho la motivación que tenía. / Se vio el empeño, la dedicación y las ganas en cada uno de los encuentros y montajes
- Me encantó el amor, la entrega por lo que hace, permitió que la experiencia fuera muy buena porque pudimos interactuar más y conocer aspectos que muchas veces pasamos y por alto en las clases corrientes

Análisis:

Se cumplió el objetivo de que las estudiantes vivieran su rol desde la identificación del rol de la profesora acompañante. Hubo correspondencia adecuada.

9. Expresa lo que más disfrutaste de la experiencia de participar en el grupo de la Óptica:

- Disfruté aprender por qué se generan algunos fenómenos
- Resolver muchas preguntas que yo tenía y también aprender que solo podía hacerlo aquí
- El apreciar la manera como el rayo láser se veía me gustaron mucho las exposiciones ya que ampliamos el conocimiento.
- Poder manipular el material, predecir lo que iba a suceder y luego compararlo con lo que realmente sucedía.
- La experimentación.
- La visita al Parque Explora fue acompañada por la profesora y pudimos ampliar nuestro conocimiento
- Me pareció súper buena, aprendí a partir de las demostraciones
- Disfruté mucho mi grupo y las prácticas con el rayo láser y el talco
- Poder hacer predicciones y luego probar por medio de la experimentación
- La visita al Parque Explora, y que aprendí de manera experimental
- Lo que más disfrute fue la parte experimental, me gustó mucho poder comprobar cada uno de los fenómenos propuestos
- La experiencia de reflexión y refracción y también la dispersión de la luz
- Me pareció una experiencia que me va a ayudar mucho durante mi vida, fomenté muchos aspectos a nivel personal
- Los experimentos
- Me permitió comprobar experimentalmente lo que había aprendido además generó en mí muchas más dudas que estoy interesada en resolver
- Que es algo muy diferente a lo que siempre hacemos un modo diferente de aprender
- Que pude ver cosas muy sencillas y simples pero llenas de magia, cosas que nunca imaginé que disfrutaría tanto al verlas, por ejemplo la trayectoria del láser, la dispersión de la luz, etc.
- Me encantó cuando vimos la trayectoria del láser con el talco, fue muy bueno
- Las experiencias que me ayudaron a entender mejor los temas, el trabajo en equipo...
- Poder ver la Óptica y la Física de una forma tanta cercanía.
- El láser con el talco
- Poder ver cada uno de los experimentos y comprobar y observar la teoría
- Los trucos mágicos y el entender los fenómenos de la luz en la vida cotidiana
- Disfruté el poder ver los conceptos que aprendimos en los experimentos
- Disfruté mucho el hecho de poder interactuar con todo de darme la oportunidad de predecir de aprender a mi ritmo y comprenderlo, disfruté mucho con mi grupo de trabajo
- Poder experimentar
- La parte experimental me gusta y me sorprende mucho
- Todo, pero en particular ir al Parque Explora y recoger todo el conocimiento en actividades diferentes y dinámicas.

Análisis:

La experiencia concreta fue determinante al dar respuesta a esta pregunta: la manipulación de los equipos, el montaje de los mismos, la posibilidad de hacer predicciones y de formular teorías, el trabajo y la construcción del conocimiento dentro de una comunidad con carácter académico, la visión integral del concepto de luz, el abordaje interdisciplinario del área de la Óptica y, la vivencia de socialización en el Parque Explora.

10. ¿Qué aspectos o recomendaciones tienes para mejorar o fortalecer la dinámica de estudio y experimentación de un grupo de Óptica?
Que al inicio haya una introducción para la forma de trabajo durante las prácticas, es decir, un espacio en el que se explique mejor la temática que se debe seguir en los diferentes trabajos. / Antes de la experimentación haya una lectura previa para llegar directamente a lo que hay que hacer. / Me hubiera gustado más leer la teoría antes de experimentar. / Me pareció una muy buena oportunidad para aprender de manera diferente… también me gustaría que viéramos la teoría exacta después de cada experimentación en forma de conclusión. / Que las guías se entreguen una clase antes de la práctica para hacer las actividades y predicciones antes y que rinda más el tiempo en el laboratorio.
Reducir la "población" para que se optimice más el tiempo. / Que el grupo sea más reducido y que la selección de las integrantes no sea al azar sino con un ensayo.
Creo que podrían obtenerse mejores resultados si el tiempo fuera más. / Que las sesiones sean más largas para poder completar las guías. / Mejorar o alargar el tiempo para poder ver más. / Distribuir mejor las horas. / Me parece que algunas experiencias se pueden hacer con mayor agilidad para que el trabajo sea eficiente y fructífero en todos los encuentros. / Tratar que el tiempo rinda más ya que se torna complicado ajustar los horarios a tantas reuniones.
Que los encuentros no sean tan seguidos y optimizar más el tiempo, porque a veces se perdía mucho tiempo en la instalada. / Tener el tiempo mejor planeado para que no se extienda mucho ya que los horarios son muy pesados. / Que no se demoren tanto las prácticas. / Pienso que sería mejor si las prácticas hubieran sido por la mañana y no en

la tarde. / Me pareció una muy buena oportunidad para aprender de manera diferente pero siento que a veces es un poquito pesado el horario… / Todo me pareció muy bueno e innovador pero a veces los horarios se volvieron un poco pesados.
Pienso que en un próximo grupo de Óptica se debe fomentar y coordinar el trabajo en equipos. / De pronto a veces un trabajo más organizado o parejo en los grupos y entre ellos.
Mayor organización de las reuniones con el fin de que están sean más productivas y puedan rendir más. / Organizar un poco más los tiempos de reunión en el grupo de Óptica. / Más disciplina.
El ser más atenta en cada instrucción ya que era en forma de lectura y había que ser muy atenta.
Ninguno
Tener un mejor manejo del tiempo y las guías previamente para llegar de una vez a la experimentación
Todo me gustó mucho, lo único es que de pronto nos extendimos en las sesiones, pero todo fue muy bueno.
Que como nosotras hicimos, todas pudieran disfrutar los experimentos y hacerlos por sí mismas.

Análisis:

Las respuestas dadas por las estudiantes permiten hacer un análisis un poco más específico según lo expresado por ellas.

Respecto al primer grupo de respuestas se logra establecer que persiste en las estudiantes una preferencia y un hábito por la educación tradicional, donde prime el papel de ellas como receptoras de las teorías, sin que haya mayor compromiso de su análisis y donde el rol del profesor sea más protagónico, como el principal conocedor y poseedor del saber.

Es válida la apreciación de las estudiantes frente a los resultados que podrían obtenerse si hubiera un número más reducido de participantes. Es fundamental un número óptimo de estudiantes para la realización de prácticas experimentales que faciliten la metodología en forma más eficaz. El proceso de motivación y selección buscó que el grupo de estudio se formara de manera libre, sin la presión de tener ciertas condiciones para poder participar. De ahí que se diera un número significativo de integrantes en el grupo de estudio.

Dos maneras de evaluar el factor tiempo se dieron en la encuesta; mientras en la primera parte se habla de una mejor optimización del tiempo, en la segunda, se hace referencia a cómo se pudo afectar el trabajo por los horarios del día en que se llevaron a cabo las actividades. En el primer caso, puede determinarse que hay procesos personales en las estudiantes que no pueden verse en conjunto porque los intereses, las habilidades, las rutinas de cada una, entre otros factores, las hacen distintas al abordar y vivir jornadas de mayor exigencia cómo así lo presentaba la propuesta. Para el segundo caso, la mayoría de los encuentros fueron en jornadas extraclases, después de ocho horas de academia. Esto pudo incidir en la evolución conceptual alcanzada rendimiento de las estudiantes.

Frente a las observaciones sobre organización y disciplina, las estudiantes participantes han vivido procesos de clases donde las actividades teóricas y prácticas se dan en forma lineal, el ambiente es de escucha y controlado por el papel del profesor. En la propuesta educativa se dio un ambiente donde la capacidad de asombro, la defensa y el debate frente a posturas pudo haberse visto como un espacio de “bulla”, situación que se contrapone a lo expuesto anteriormente. En las actividades mediadas por aprendizajes significativos, esta situación se toma como parte del proceso natural de construcción social, en los que la actividad, el movimiento y el compartir con los otros, juegan un papel fundamental.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

En el proceso de la enseñanza de la Óptica es fundamental abordar distintas actividades metodológicas para la identificación de los conocimientos previos. Son una posibilidad para el docente en la medida en que puede acercarse a lo que el estudiante conoce sobre la naturaleza de la luz. Esto da elementos para diseñar ambientes que faciliten aprendizajes significativos. Desde la propuesta educativa el ejercicio de la producción textual libre por parte de las estudiantes, aportó elementos que son objeto de análisis e interpretación desde un trabajo interdisciplinario, es decir, que podría integrar otros campos de saber y desde el cual se enriquecería el rol del profesor para acompañar a sus estudiantes en el desarrollo de sus habilidades, en la construcción de actividades que faciliten estructuras desestabilizadoras y discursivas para que se dé la evolución conceptual.

Asumir las experiencias experimentales como procesos de investigación genera en los espacios escolares dinámicas que llevan al estudiante a establecer una relación dialógica y de gozo con el conocimiento. Anima actitudes científicas que van más allá de observar los fenómenos físicos, generando posibilidades de una reflexión sobre el conocimiento científico no estático, no repetitivo. El estudiante, teniendo como fundamento la base de su investigación, puede establecer posturas críticas ante la observación previa que puede ser apariencia de lo cotidiano, de lo inmediato. Desde esta propuesta se logró que en los diseños experimentales, las estudiantes lograran lecturas fenomenológicas de la luz y formalizadas en un lenguaje matemático, como fue el caso de la Ley de Reflexión y Refracción.

En el tratamiento de resultados después de la práctica de la enseñanza de la Óptica desde una visión pedagógica del Aprendizaje Significativo Crítico y en comparación con la enseñanza de la Óptica diseñada por la Institución, hubo una evolución en el grupo de estudio del 32, 32% de la ganancia normalizada; el grupo control obtuvo una ganancia normalizada del 14,12%. El grupo de estudio tuvo mayor evolución conceptual, visto desde el test propuesto por ALOP y avalado por la UNESCO como metodología adecuada para la enseñanza de la Óptica. Las actividades experimentales diseñadas para el primer grupo generaron en las participantes gusto, interés y motivación constante, capacidad de asombro, creatividad, espacios de discusión y concertación sobre el objeto de estudio. Cuando el estudiante se convierte en el gestor de su conocimiento se hace factible que haya apropiación conceptual, dinámica. Cuando el estudiante no vive ese proceso interno de búsqueda y da por sentado que el poseedor del saber es el profesor, su proceso cognitivo se da en forma temporal, sin la mayor apropiación que sí da el ejercicio vivencial.

La actividad de investigación y comunicación lograda por las estudiantes alrededor de dimensiones culturales, históricas, biológicas, antropológicas y tecnológicas, asociadas al concepto de la luz, permitió establecer una narrativa más integral y relacionada con el mundo de la vida; permitió la construcción de un discurso científico que da cuenta de la cultura humana alrededor de los fenómenos ópticos y no como un concepto aislado o exclusivo de la Física. Los espacios de socialización generaron ambientes en los que las estudiantes vivieron con gusto su papel de expositoras, se apropiaron de las teorías estudiadas, analizadas y vivenciadas a lo largo de las actividades experimentales.

6.2. Recomendaciones

Desde la experiencia vivida en esta propuesta educativa sobre la enseñanza de la Óptica fue muy valiosa la conformación de un grupo de estudio con el propósito de hacer investigación escolar. Crear estos espacios para realizar procesos de investigación alrededor de temas de interés en las instituciones educativas no es fácil, la organización de cada institución da una cierta rigidez que el profesor de ciencias debe superar al proponer y gestionar para lograr constituir comunidades escolares de investigación, para educar integralmente en ciencia. La invitación es una llamada a la conformación de estos grupos fuera del plan de estudios diseñado por cada institución, a la animación y fortalecimiento de estos grupos, para generar en los estudiantes actitudes y valores alrededor del trabajo científico.

Para la enseñanza de áreas tan densas como la Óptica es muy importante realizar un análisis de los lineamientos curriculares del Ministerio de Educación Nacional, Anexo 5, con la intención de construir un currículo que permita los conocimientos previos en las distintas etapas de la escuela: en preescolar, a través de experiencias concretas que desencadenen el encuentro con los fenómenos naturales asociados a la luz (esto tiene unas posibilidades fascinantes para el niño); continuar en la primaria donde hay riqueza en la apertura para la construcción de leyes como las de Reflexión y Refracción en el primer nivel de formación; se daría lugar a una formalización con rigurosidad científica del modelo onda partícula en el estudio integral de la naturaleza de la luz en el bachillerato. Esta recomendación propone estudiar a fondo la planeación de la física de la luz para que no se den saltos temporales en la construcción conceptual de la física de la Óptica en el grado undécimo y que no podrán ser mediados por la intervención del diseño de una planeación que tradicionalmente en nuestro país está dispuesta como ultima unidad de estudio en el grado.

En la ejecución de esta propuesta sobre la enseñanza de la Óptica fue central la realización de una etapa experimental, para ello se hizo necesaria la adquisición de unos equipos que permitieran realizar de las experiencias; en su búsqueda fue fundamental el apoyo de la Institución; en su diseño y construcción hubo valiosos aportes a la experiencia. La invitación constante desde la formación ofrecida por el grupo de profesores y monitores de la Maestría en la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional, para animar al profesor de ciencias en agudizar su creatividad y búsqueda en la implementación de actividades experimentales con equipos construidos por él mismo, con bajos costos y atravesados por un saber tecnológico y recursivo, puede disminuir la brecha entre investigación escolar y recursos económicos disponibles de la institución educativa, que en la gran mayoría de los colegios de nuestro país son una limitante práctica para el ejercicio de enseñanza-aprendizaje.

BIBLIOGRAFÍA

Arentsen Sauer, J. (1996). *Universos de luz*. Santiago de Chile: Cuatro Vientos.

Ausubel, D. (1983). *Teoría del aprendizaje significativo*. *Fascículos de CEIF*. Recuperado de http://delegacion233.bligoo.com.mx/media/users/20/1002571/files/240726/Aprendizaje_significativo.pdf

Belendez, A., Pascual, L. & Rosado, L. (1988). *La enseñanza de los modelos sobre la naturaleza de la luz*. Recuperado de http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/viewFile/51274/93019

Benegas, J. (2007). Tutoriales para física introductoria: una experiencia exitosa de aprendizaje activo de la física. *Lat. Am. J. Phys. Educ*, *1*(1), 32-38.

Cañas, A. J., Novak, J. D., & González, F. M. (2006). *La teoría del aprendizaje significativo*. Pamplona: s.n.

Carrascosa, J., Pérez, D. G., Vilches, A., & Valdez, P. (2008). El papel de la actividad experimental en la educación científica. *Cuaderno Brasileiro de Ensino de Física, 23*(2), 157-181.

Colombia. Ministerio de Educación Nacional –MEN-. (2004). *Estándares básicos de competencias en ciencias naturales*. Recuperado de http://www.eduteka.org/pdfdir/MENEstandaresCienciasNaturales2004.pdf

Díaz Barriga, F. & Hernández Rojas, G. (2010). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista*, 3a. ed. México: Mc Graw-Hill.

Finn, A. M. (2000). *Física*. México: Addison Wesley Logman.

Guerrero Bermúdez, J., Lasprilla Álvarez, M. del C., Plata Gómez, A., Meneses Fonseca, J. & Torres Moreno, Y. (2005). La óptica experimental. *Innovación y Ciencia, 12*(4), 76-81.

Guicciardini, N. (2007). En la flor de la creatividad. *Investigación y Ciencia*, (50), 16-32.

Guidugli, S., Fernández Gauna, C. & Benegas, J. (2004). Aprendizaje activo de la cinemática lineal y su representación gráfica en la escuela secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, *22*(3), 463-472.

Hecht, E. (2000). *Óptica*, 3a. ed. Madrid: Addisson Wesley Iberoamericana.

Hewitt, P. G. (1999). *Física conceptual*. México: Addison Wesley Logman.

Mauldin, H. J. (1991). *Luz, laser y óptica*. Madrid: Mc Graw-Hill.

Mendoza. C. (2006). Cambio de paradigmas en la ciencia: nuevos retos para la enseñanza. *Laurus, 12*(22), 11-25.

Meza, S., Lucero, I. & Aguirre, M. S. (2002). *Trabajos prácticos de física y aprendizaje significativo*. Recuperado de http://www.unne.edu.ar/Web/cyt /cyt/2002/09-Educacion/D-026.pdf

Moreira, M. A. & Greca, I. M. (2003). *Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo conceptual.* (Trad.) Change: critical analysis and proposals in the light of the meaningful learning theory. *Ciência & Educação*, *9*(2), 301-315.

Moreira, M. A. & Greca, I. M. (2003). *Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo*. Recuperado de http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v9n2/10.pdf

Moreira, M. A. (2005). Aprendizaje significativo crítico. *Indivisa: Boletín de estudios e investigación*, (6), 83-102.

Moreira, M. A. (2010). ¿Por qué conceptos? ¿Por qué aprendizaje significativo? ¿Por qué actividades colaborativas? ¿Por qué mapas conceptuales. *Qurriculum*, (*23)*, 9-23. Recuperado de http://revistaq.webs. ull.es/ANTERIORES/numero23/ moreira.pdf

Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2006). *Construyendo sobre nuevas ideas constructivistas y la herramienta Cmap Tools para crear un nuevo modelo para educación. Institute for Human and Machine Cognition.* Recuperado de http://eduteka.org/pdfdir/CmapToolsNuevoModeloEducacion.pdf

Palmero, M. L. R., Sahelices, C. C., & Moreira, M. A. (2011). Aprendizaje significativo y formación del profesorado. *Meaningful Learning Review, 1*(1), 58-83.

Perales Palacios, F. J. & Nievas, F. (2004). *Ideas previas en óptica geométrica: un estudio descriptivo*. *Enseñanza de las Ciencias*, *6*(1), 86-88. Recuperado de http://www.investigacionenla escuela.es/articulos/13/R13_6.pdf

Perales Palacios, F. J. (1994). Enseñanza de la óptica. *Revista Alambique 1*(5). Recuperado de http://www.grao.com/revistas/alambique/001-materiales-curriculares/ensenanza-de-la-optica

Rodríguez Palmero, M. L. (2004). *La teoría del aprendizaje significativo.* Recuperado de http://cmc.ihmc.us/papers/cmc2004-290.pdf

Rodríguez Palmero, M. L. R. (2011). La teoría del aprendizaje significativo: una revisión aplicable a la escuela actual. *Investigació i Innovació Educativa i Socioeducativa*, *3*(1), 29-50.

Rojas Sánchez, G. A. (2011). *La enseñanza de los fenómenos de óptica geométrica a estudiantes de undécimo grado desde la perspectiva del aprendizaje activo*. Recuperado de http://www.bdigital.unal.edu.co/5326/1/guillermoalfonsorojassanchez.2011.parte1.pdf

Serway, R. A. & Faughn, J. S. (2001). *Física*, 5a. ed. México: Pearson Education.

Sokoloff, D. R. (2006). *Aprendizaje activo de óptica y fotónica. Manual de entrenamiento*. Oregon: UNESCO.

Solís Villa, R. (1984). Ideas intuitivas y aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias, 2*(3), 83-89.

Vergara Marín, D. P. (2012). Estudio del impacto didáctico de la metodología "de aprendizaje activo" en la enseñanza de la óptica (Doctoral dissertation), Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Vergara Marín, D. P. (2012=. *Estudio del impacto didáctico de la metodología "aprendizaje activo" en la enseñanza de la óptica*. Recuperado de http://www.bdigital.unal.edu.co/6842/1/43087226.2012.pdf

Wilson, J. D., Buffa, A. J. & Lou, B. (2007). Física, 6a. ed. México: Pearson Education.

ANEXO 1. MATERIALES Y EQUIPOS

Equipos y materiales utilizados durante la realización de las actividades experimentales.

A continuación se muestra un listado de los equipos y materiales que fueron utilizados en las actividades experimentales.

Cant.	Descripción
1	Espejo (40 cm x 60 cm)
1	Hoja de acrílico 60 cm x 60 cm)
10	Tubos de ensayo
1	Martillo o bloque de madera
	Aceite vegetal
7	Velas
1	Mechero
1	Esfera metálica
1	Paño negro (80 cm x 100cm)
7	Peines
7	Lentes cilíndricas
1	Pecera de acrílico con agujeros laterales
7	Guías de madera (banco óptico)
5	Lentes convergentes (rango +4 D - + 8 D)
5	Lentes divergentes (rango -4 D - -8 D)
6	Breakers 500 ml
20	Fuentes puntuales
7	punteros láser
7	lámparas
7	Varillas de vidrio (0,5 mm de diámetro)
7	primas de acrílico
7	cilindros solido transparente
7	filtro verde
7	filtro amarillo
7	filtro transparentes
7	filtro rojo
7	filtro violeta
7	recipientes transparentes semicirculares (diámetro 12 cm y altura 3 cm)
7	cinta métrica
7	transportadores transparentes
7	reglas transparentes

7	goteros
	Alambre metálico delgado
10	botones de ropa
7	Diapositivas con flechas
	Estampillas
	Papel milimetrado
7	Pantallas blancas
	Colores
	Cinta aislante
	Talco
7	Esponjas para agitar el talco

ANEXO 2. ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

"No se ve bien sino con el corazón, lo esencial es invisible a los ojos".

Antoine de Saint-Exupéry

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

PARTICIPACIÓN EN EL GRUPO DE ESTUDIO DE LA ÓPTICA

NOMBRE: _____#____ 11°

FECHA: _____

1. ¿Cómo evalúas los equipos y materiales utilizados durante las prácticas experimentales?
   □ Muy adecuados □ Adecuados □ Poco adecuados □ Inadecuados

¿Qué opinión tienes sobre los equipos y materiales? _____

2. ¿Cómo calificas el diseño y contenido de las guías y fichas utilizadas en las actividades experimentales?
   □ Muy claras □ Claras □ Confusas □ Muy confusas

¿Qué opinión tienes sobre diseño y contenido de las guías y fichas utilizadas en las actividades?

_____

3. ¿Cómo valoras las actividades realizadas en el grupo para el estudio de la Óptica? (puedes elegir varias opciones)
   - □ Motivaron el estudio de los fenómenos ópticos.
   - □ Fueron creativas e innovadoras.
   - □ Permitieron establecer diálogos interdisciplinares.
   - □ Fomentaron el trabajo en equipo.
   - □ Dieron lugar al ejercicio de las actitudes científicas.

Otras valoraciones: _____

4. ¿Tu participación en el grupo de estudio de la óptica fue valorada por tu equipo de trabajo (profesora acompañante, compañeras)?
   - □ Sí □ No

5. ¿La metodología utilizada en las prácticas experimentales facilitó la apropiación de los conceptos relacionados con los fenómenos ópticos?
   - □ Durante todas las actividades □ En algunas actividades
   - □ En pocas actividades □ En ninguna actividad

Valora tu aprendizaje con una escala de 0 a 5, en cada una las prácticas y actividades realizadas en el grupo de estudio de la Óptica.

□ 1. Mil puntos de luz.	□ 6.Rayos de luz divergentes y paralelos.
□ 2. Intensidad de la luz de una fuente puntual.	□ 7.Formación de imágenes con los lentes.
□ 3.Comprendiendo la luz mediante rayos.	□ 8.Trucos mágicos en Óptica.
□ 4.Leyes de la Reflexión y Refracción de la luz.	□ 9.Investigación y exposición de los equipos de trabajo sobre la Óptica.
□ 5.Refracción, Dispersión y Arco iris.	□ 10.Visita al Parque Explora.

6. ¿De qué manera tu participación en el grupo experimental permitió generar motivación e interés para el estudio de la Óptica?
   - □ Aumentó la motivación y el interés □ Se mantuvo la motivación y el interés
   - □ Disminuyó la motivación y el interés □ Se perdió la motivación y el interés

7. ¿La metodología desarrollada en el grupo de estudio de la Óptica te permitió una experiencia educativa de mayor disfrute de la Física?
   □ Sí □ No

8. Evalúa el papel de la profesora acompañante durante tu experiencia en el grupo de estudio sobre la Óptica.
   _____
   _____

9. Expresa lo que más disfrutaste de la experiencia de participar en el grupo de la Óptica:
   _____
   _____

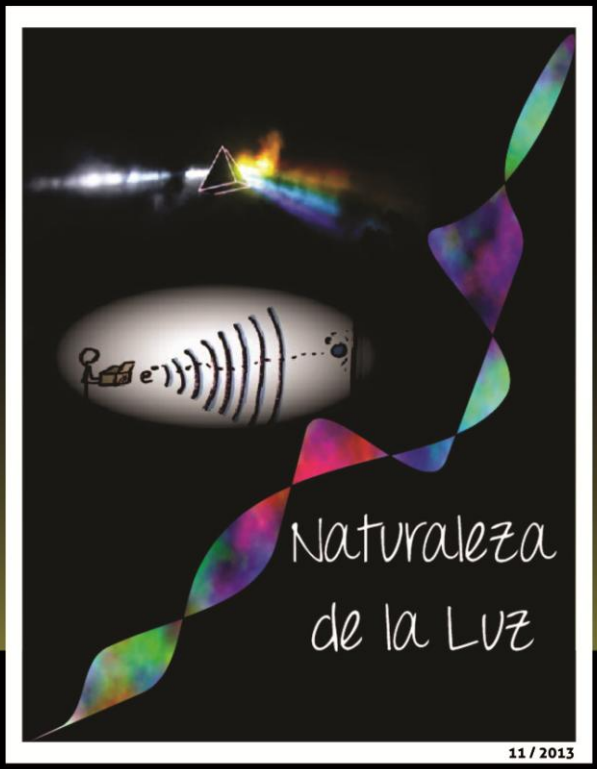
10. ¿Qué aspectos o recomendaciones tienes para mejorar o fortalecer la dinámica de estudio y experimentación de un grupo de Óptica?
   _____
   _____

MUCHAS GRACIAS POR TU VALIOSA COLABORACIÓN

ANEXO 3. AFICHES

óptica

grupo de estudio - 2013



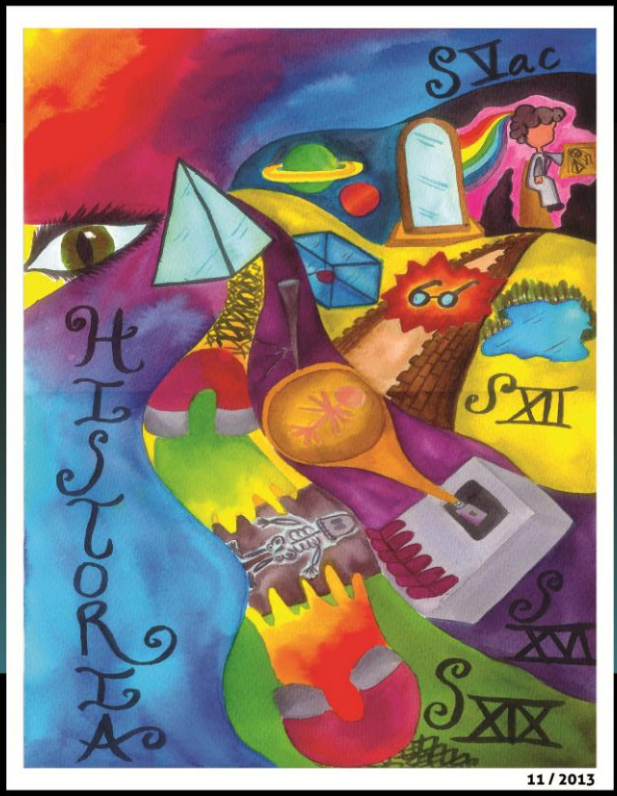
NATURALEZA
DE LA LUZ

La naturaleza de la luz es ciertamente fascinante este fenómeno físico, condición necesaria para la vida, nos es cotidiano, corriente, casi omnipresente y, aún así, tan asombroso como misterioso. Al acercarnos al estudio de la óptica y tratar, como muchos grandes de la ciencia lo han hecho antes, de comprender la luz, abrimos puertas que parecen conducirnos a Universos fantásticos y remotos, que como los diferentes experimentos continúan corroborando, resultan ser nada más y nada menos que la realidad física de la luz.

COMPAÑÍA DE MARÍA
Colegio la Enseñanza
Medellín

óptica

grupo de estudio - 2013



11 / 2013

HISTORIA

Antes, durante y después de la luz… está el infinito y es allí, precisamente donde, con su mística naturaleza puede encontrarse el ser con la más diáfana forma y el más nocturno ente. Pero al detenerse en ese transcurrir, tal vez se descubrieron, se descubren y se descubrirán las más irrebatibles y a su vez, mudables realidades.

COMPAÑÍA DE MARÍA
Colegio la Enseñanza
Medellín

óptica

grupo de estudio - 2013

LA INGENIERÍA Y LA ÓPTICA

COMPAÑÍA DE MARÍA
Colegio la Enseñanza
Medellín

óptica

grupo de estudio - 2013

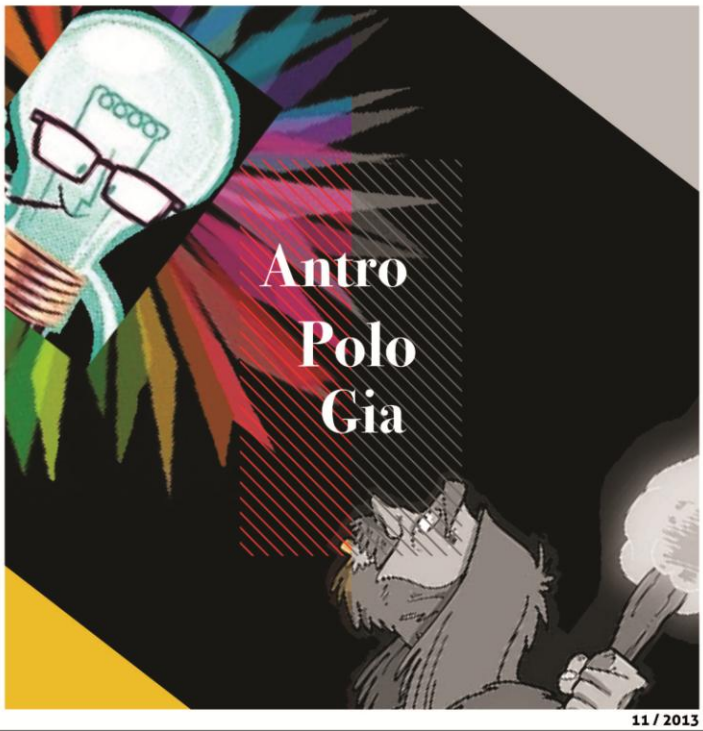
EL OJO

El ojo, la puerta al alma, aquella instancia reveladora de toda situación interior, no es más que un maravilloso órgano del cual no podríamos prescindir, un agente esencial en nuestras vidas. El ojo, acepta su grandeza y alardea de su maravillosa morfología, asombrándonos cada día con los fenómenos, luces, arcoíris, gamas infinitas de colores que este nos ayuda a apreciar. Es el ojo entonces, esa maravillosa perla que nunca se cansará de reiterar, que si hay algo que admirar en este mundo, eso es el maravilloso mundo de la óptica.

COMPAÑÍA DE MARÍA
Colegio la Enseñanza
Medellín

óptica

grupo de estudio - 2013



11 / 2013

ANTROPOLOGÍA

Al vivir esta experiencia llegamos a la conclusión de que no se puede concebir al ser humano sin la fuerza y vitalidad que le proporciona la luz. En todos los ámbitos, religioso, biológico, sicológico la luz es trascendencia, energía, divinidad. Fue interesante ver como la religión está tan ligada al concepto de luz y cómo éste varía según las necesidades que el ser humano busque satisfacer según el momento en el que se encuentre. También nos asombramos con el hecho de que el individuo relaciona la luz con la divinidad la cual la emite y hace posible que se haga cotidiana para él, viendo a la vez a la oscuridad como fuente del mal. Durante las prácticas pudimos ver a la luz de una manera más cercana y científica de la que anteriormente la veíamos. Logramos asombrarnos con algo tan necesario para nosotras pero que nunca habíamos tenido el espacio para analizarla y contemplarla.

COMPAÑÍA DE MARÍA
Colegio la Enseñanza
Medellín

óptica

grupo de estudio - 2013

11 / 2013

EL ARTE Y LA ÓPTICA

Las artes visuales se basan completamente en principios de óptica, desde la percepción de los diferentes colores, hasta los grandes trucos del cine. Gracias al estudio de la óptica, se pueden crear fotografías, imágenes en tres dimensiones e incluso imágenes en movimiento. La óptica es una herramienta que el arte ha utilizado a su favor, convirtiéndola en su gran aliada; así pues, arte y óptica, en el mundo actual, son dos conceptos que van de la mano.

COMPAÑÍA DE MARÍA
Colegio la Enseñanza
Medellín

ANEXO 4. PLAN DE ÓPTICA INSTITUCIONAL

COMPAÑÍA DE MARÍA

COLEGIO DE LA COMPAÑÍA DE MARIA

PLAN DE UNIDAD

FI-F-01 VER 05

ÁREA: Ciencias Naturales y Educación Ambiental ASIGNATURA: Física GRADO: Undécimo PROFESORA: Claudia González A.

NOMBRE DE LA UNIDAD: ÓPTICA PLAN No.5 AÑO: 2013

OBJETIVO(S) GENERAL(ES):

1. Reconocer las diferentes teorías sobre la naturaleza de la luz.
2. Determinar las leyes y principios que rigen la luz.
3. Identificar los fenómenos ondulatorios al comportamiento de la luz.
1. Valorar las aplicaciones tecnológicas de la óptica.

CONTENIDOS TEMÁTICOS	ACTIVIDADES - RECURSOS	INDICADORES DE DESEMPEÑO	COMPETENCIAS
1. Historia sobre las ideas de la luz. 2. Naturaleza de la luz. 3. El ojo 4. Fenómenos ondulatorios. 5. Fenómenos ópticos. -Reflexión de la luz. -Refracción de la luz. -Dispersión de la luz. 6. imágenes en espejos. 7. Lentes – Instrumentos ópticos. 8. Óptica física : - Interferencia. - Difracción - Polarización.	• Ficha de contenido. • Explicación de la profesora. • Taller de aplicación • Actividad de consulta • Construcción de una ficha de contenido • Exposición de las estudiantes • Puesta en común. • Taller de aplicaciones. • Practica experimental: -Óptica geométrica - Óptica física	• Sigue el proceso histórico del desarrollo de las teorías sobre la naturaleza de la luz. • Interpreta los fenómenos ópticos. • Encuentra gráficamente la imagen de un objeto situada frente a espejos y lentes. • Encuentra analíticamente las características de la imagen de un objeto situada frente espejos y lentes. • Interpreta los fenómenos ondulatorios de la luz. • Sigue el desarrollo histórico y tecnológico de los distintos instrumentos ópticos	• Comprender las raíces técnicas y sociales que dieron origen a las diferentes teorías sobre la luz y a su desarrollo encada uno de los momentos de la humanidad. • Generaliza las leyes de la óptica aplicando las leyes de la reflexión y la refracción. • Diseña el modelo ondulatorio sobre la luz a partir de los fenómenos que la satisfacen. • Valora la Óptica como una ciencia fundamental en el desarrollo de otras ciencias y en los avances de la comunicación

EVALUACIÓN FORMATIVA DE LA UNIDAD:

NOMBRE PROFESORA QUE EVALÚA: _____

FECHA DE FINALIZACIÓN DE LA UNIDAD: _____

NOMBRE PROFESORA QUE ELABORA EL PLAN DE UNIDAD CLAUDIA M. GONZALEZ A. FECHA: Abril 10 - 2013

ANEXO 5. ESTÁNDARES DE CIENCIAS NATURALES (CONCEPTOS DE ÓPTICA)

Primaria	**… me aproximo al conocimiento como científico a natural**	• Formulo preguntas sobre objetos, organismos y fenómenos de mi entorno y exploro posibles respuestas • Persisto en la búsqueda de respuestas a mis preguntas • Observo el mundo en el que vivo. • Formulo preguntas a partir de una observación o experiencia y escojo algunas de ellas para buscar posibles respuestas. • Propongo explicaciones provisionales para responder mis preguntas • Diseño y realizo experimentos modificando una sola variable para dar respuesta a preguntas
	…manejo conocimientos propios de las ciencias naturales	**Entorno vivo** • Establezco relaciones entre las funciones de los cinco sentidos • Represento los diversos sistemas de órganos del ser humano y explico su función. • Explico la dinámica de un ecosistema teniendo en cuenta las necesidades de energía y nutrientes de los seres vivos (cadena alimentaria)
		Entorno físico • Describo y clasifico objetos según características que percibo con los cinco sentidos. • Identifico y comparo fuentes de luz, calor y sonido y su efecto sobre diferentes seres vivos. • Clasifico luces según color, intensidad y fuente. • Propongo experiencias para comprobar la propagación de la luz y del sonido. • Registro el movimiento del Sol, la Luna y las estrellas en el cielo, en un periodo de tiempo • Describo los principales elementos del sistema solar y establezco relaciones de tamaño, movimiento y posición.
		Ciencia, tecnología y sociedad • Identifico objetos que emitan luz o sonido. • identifico aparatos que utilizamos hoy y que no se utilizaban en épocas pasadas. • Identifico y describo aparatos que generan energía luminosa, térmica y mecánica
	… desarrollo compromisos personales y sociales	• Escucho activamente a mis compañeros y compañeras y reconozco puntos de vista diferentes. • Valoro y utilizo el conocimiento de diversas personas de mi entorno • Cumplo mi función y respeto la de otras personas en el trabajo en grupo. • Escucho activamente a mis compañeros y compañeras, reconozco puntos de vista diferentes y los comparo con los míos. • Reconozco y acepto el escepticismo de mis compañeros y compañeras ante la información que presento. • Cumplo mi función cuando trabajo en grupo, respeto las funciones de otros y contribuyo a lograr productos comunes.

Bachillerato	**… me aproximo al conocimiento como científico a natural**	• Formulo preguntas específicas sobre una observación o experiencia y escojo una para indagar y encontrar posibles respuestas. • Formulo explicaciones posibles, con base en el conocimiento cotidiano, teorías y modelos científicos, para contestar preguntas. • Identifico condiciones que influyen en los resultados de un experimento y que pueden permanecer constantes o cambiar (variables). • Diseño y realizo experimentos y verifico el efecto de modificar diversas variables para dar respuesta a preguntas. • Establezco diferencias entre descripción, explicación y evidencia. • Utilizo las matemáticas como una herramienta para organizar, analizar y presentar datos • Analizo si la información que he obtenido es suficiente para contestar mis preguntas o sustentar mis explicaciones. • Saco conclusiones de los experimentos que realizo, aunque no obtenga los resultados esperados. • Comunico oralmente y por escrito el proceso de indagación y los resultados que obtengo, utilizando gráficas, tablas y ecuaciones aritméticas. • Relaciono mis conclusiones con las presentadas por otros autores y formulo nuevas preguntas. • Formulo preguntas específicas sobre una observación, sobre una experiencia o sobre las aplicaciones de teorías científicas. • Formulo hipótesis, con base en el conocimiento cotidiano, teorías y modelos científicos. • Identifico y verifico condiciones que influyen en los resultados de un experimento y que pueden permanecer constantes o cambiar (variables). • Utilizo las matemáticas como herramienta para modelar, analizar y presentar datos. • Persisto en la búsqueda de respuestas a mis preguntas. • Propongo y sustento respuestas a mis preguntas y las comparo con las de otras personas y con las de teorías científicas. • Identifico y uso adecuadamente el lenguaje propio de las ciencias. • Comunico el proceso de indagación y los resultados, utilizando gráficas, tablas, ecuaciones aritméticas y algebraicas. • Observo y formulo preguntas específicas sobre aplicaciones de teorías científicas. • Identifico variables que influyen en los resultados de un experimento. • Propongo modelos para predecir los resultados de mis experimentos y simulaciones. • Realizo mediciones con instrumentos y equipos adecuados. • Registro mis observaciones y resultados utilizando esquemas, gráficos y tablas. • Establezco diferencias entre descripción, explicación y evidencia. • Establezco diferencias entre modelos, teorías, leyes e hipótesis. • Utilizo las matemáticas para modelar, analizar y presentar datos y modelos en forma de ecuaciones, funciones y conversiones. • Establezco relaciones causales y multicausales entre los datos recopilados. • Relaciono la información recopilada con los datos de mis experimentos y simulaciones. • Interpreto los resultados teniendo en cuenta el orden de magnitud del error experimental.	
	…manejo conocimientos propios de las ciencias naturales	**Entorno vivo** • Comparo mecanismos de obtención de energía en los seres vivos. • Explico el origen del universo y de la vida a partir de varias teorías.	
		Entorno físico • Describo el desarrollo de modelos que explican la estructura de la materia. • Establezco relaciones entre frecuencia, amplitud, velocidad de propagación y longitud de onda en diversos tipos de ondas mecánicas. • Explico el principio de conservación de la energía en ondas que cambian de medio de propagación. • Reconozco y diferencio modelos para explicar la naturaleza y el comportamiento de la luz.	**Procesos físicos** • Establezco relaciones entre campo gravitacional y electrostático y entre campo eléctrico y magnético.

		Ciencia, tecnología y sociedad • Explico las aplicaciones de las ondas estacionarias en el desarrollo de instrumentos musicales. • Identifico aplicaciones de los diferentes modelos de la luz. • Indago sobre avances tecnológicos en comunicaciones y explico sus implicaciones para la sociedad.
	...desarrollo compromisos personales y sociales.	• Escucho activamente a mis compañeros y compañeras, reconozco otros puntos de vista, los comparo con los míos y puedo modificar lo que pienso ante argumentos más sólidos. • Reconozco y acepto el escepticismo de mis compañeros y compañeras ante la información que presento. • Reconozco los aportes de conocimientos diferentes al científico. • Reconozco que los modelos de la ciencia cambian con el tiempo y que varios pueden ser válidos simultáneamente • Me informo para participar en debates sobre temas de interés general en ciencias (MEN, 2004, http://www.eduteka.org/pdfdir/MENEstandaresCiencias Naturales2004.pdf)

ANEXO 6. VIDEO MOMENTOS DE LA EXPERIENCIA VIVIDA

Para ver el video clic sobre la foto o sobre el link.

https://www.youtube.com/watch?v=4GtAhs_OB88