

Diseño de una secuencia didáctica focalizada en la competencia científica de modelización teórica mediante la construcción del modelo de rayos de la propagación de la luz

Christian Andrés Zapata Saavedra



Universidad del Valle

Instituto de Educación y Pedagogía

Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental

Cali (Valle del cauca) 2016

Diseño de una secuencia didáctica focalizada en la competencia científica de modelización teórica mediante la construcción del modelo de rayos de la propagación de la luz

Trabajo de grado presentado por:

Christian Andrés Zapata Saavedra

Director:

PhD. Carlos Julio Uribe Gartner



Universidad del Valle

Instituto de Educación y Pedagogía

Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental

Cali (Valle del cauca) 2016

Dedicatoria.

A Dios

Por haberme permitido culminar este ciclo de mi vida en el que crecí fructíferamente como persona y como profesional.

A mi madre *Emilse Saavedra*

Por brindarme su apoyo incondicional en todo momento e inculcarme valores desde temprana edad que me condujeron al cumplimiento de esta y muchas otras metas más, gracias por estar siempre ahí creyendo en mí y en mis capacidades.

A mi padre *Alirio Zapata*

Por brindarme su apoyo y sus sabios consejos que siempre me han hecho tomar posturas reflexivas con respecto al rumbo que le debo dar a mi vida y de igual forma por motivarme a formarme en la bella profesión docente.

A *Luis Carlos Hernández*

Por creer siempre en mí y tener siempre una voz de aliento en momentos críticos, y motivarme siempre para culminar con éxito mi carrera.

Este trabajo de grado fue realizable gracias a ustedes los quiero y aprecio mucho.

Agradecimientos.

A Carlos Uribe Gartner

Por la sabia orientación de mi trabajo de grado, por su paciencia, tiempo, disposición y por aportarme no solamente en mi crecimiento profesional sino también como persona.

A Ericka Vargas

Por su bella amistad y por concederme su tiempo y sus clases de física para la aplicación de las actividades de la presente investigación, gracias por tu disposición y por brindarme un espacio con los estudiantes de grado decimo.

A María del Socorro Saavedra

Por creer en mí y resaltar siempre mis capacidades, por sus enseñanzas no solamente a nivel académico si no también personal, gracias por apoyarme en aquellos momentos en que muy pocas personas lo hicieron.

A mis amigos, compañeros y profesores

Por su amistad, apoyo y sabiduría brindada durante toda la carrera.

Tabla de contenido.

	Pág.
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
2. ANTECEDENTES.....	8
2.1. Antecedentes con respecto a la propagación de la luz en la enseñanza de las ciencias.....	8
2.2. Antecedentes con respecto al desarrollo del pensamiento mediante la aceleración cognitiva en las ciencias naturales.....	17
3. JUSTIFICACIÓN.....	23
4. MARCO TEÓRICO.....	25
4.1. Aportes desde la didáctica de las ciencias para el diseño de una Secuencia didáctica.....	25
4.1.1. Planificación de la enseñanza.....	25
4.2. Pensamiento formal y el esquema de modelización teórica.....	29
4.3. Programa pensar con la ciencia.....	32
4.3.1. Utilidad y desarrollo del programa.....	32
4.3.2. Población a la que se dirige y elementos clave que lo conforman.....	33
4.3.3. Descripción de los materiales escritos del programa.....	34
4.3.4. A cerca de la teoría que sustenta el programa y el modelo y el modelo pedagógico que utiliza.....	34
4.3.4.1. Piaget y Vygotsky desde una visión general en el programa.....	34
4.3.5. Modelo pedagógico.....	39
4.3.5.1. Pilares de la aceleración cognitiva.....	40
4.4. Lección 13: proyección de sombras (descripción general).....	40

4.5. Modelo de rayos de la propagación de la luz.....	41
5. OBJETIVOS.....	46
5.1. Objetivo general.....	46
5.2. Objetivos específicos.....	46
6. METODOLOGÍA.....	47
6.1. Metodología de diseño.....	47
6.2. Preconcepciones.....	49
6.3. Diseño de actividades para la intervención y materiales.....	49
6.4. Pilotaje de actividades.....	54
6.5. Análisis de las hojas de trabajo recogidas en cada intervención.....	55
7. RESULTADOS Y ANALISIS.....	58
7.1. Resultados de las actividades de contextualización y preparación que Apuntan hacia el desarrollo de la competencia científica de modelización teórica....	58
7.1.1. Actividad 1: Explorando la luz y su presencia en la vida.....	58
7.1.2. Actividad 2: ¡experimentemos para observar la trayectoria de la luz!.....	64
7.1.3. Actividad 3: Las sombras.....	69
7.1.4. Actividad 4: Proyección de sombras (desde una perspectiva de la proporcionalidad) Adaptada del programa “pensar con la ciencia”.....	74
7.1.5. Con respecto al desarrollo y desempeño de las actividades en grupo.....	80
7.2. Resultados de las actividades de construcción del modelo de rayos de la Propagación de la luz en línea recta.....	82
7.2.1. Actividad 5: ¡Deduciendo el modelo de rayos!.....	82
7.2.2. Actividad adicional de razonamiento: ¡jugando con la posición de los Aros a partir de los rayos de luz!.....	88
8. CONCLUSIONES.....	100
9. REFERENCIAS BIBLOGRAFICAS.....	104
10. ANEXOS.....	108

Resumen

Este trabajo presenta el diseño y aplicación de una secuencia didáctica en la cual se integran la teoría psicogenética y sociocultural desde los principios que establece el programa de desarrollo de competencias científicas “pensar con la ciencia”; ello con el fin de que los estudiantes de grado décimo de una institución de Santiago de Cali puedan elevar su nivel de pensamiento, es decir propiciar la transición de un pensamiento concreto a un pensamiento formal.

La secuencia de actividades no solamente se diseña teniendo en cuenta los principios del programa sino también la adaptación de una de sus actividades para su posterior inclusión en la secuencia, ya que dicha actividad, la cual trata la proporcionalidad de sombras constituye un puente para el desarrollo de la competencia científica de modelización teórica o en su defecto un puente para la aproximación a esta, por el nivel de desafío cognitivo que exige y por su relación directa con el modelo de rayos de la propagación de la luz en línea recta.

Con respecto a lo que se obtuvo se puede afirmar que el enfoque sociocultural promovido Vygotski para el aprendizaje mediante la interacción con sus pares y docentes, resultante de discusiones y plenarias acerca de nociones básicas relacionadas con la propagación de la luz a través de prácticas experimentales y de situaciones planteadas en la hojas de trabajo, es una buena forma de propiciar el desarrollo cognitivo al igual que las situaciones de conflicto cognitivo propuestas por Piaget; ello permitió que varios de los grupos durante la fase de actividades de contextualización y preparación se ubicaran en los niveles de pensamiento concreto avanzado y transicional (concreto avanzado/formal temprano). De igual forma en las actividades de construcción y aplicación algunos educandos pudieron situarse en niveles aún más altos de pensamiento pudiendo desarrollar así la competencia científica que se pretendía y de igual manera llegar a un modelo teórico (modelo de rayos de la propagación de la luz).

Con respecto a lo anterior se espera que este estudio anime a los profesores de ciencias a incluir en su ejercicio docente el diseño y uso de este tipo de materiales escritos que tengan en cuenta tanto el desarrollo conceptual como el desarrollo cognitivo.

Palabras clave: Desarrollo cognitivo, modelo de rayos de la propagación de la luz, pensamiento formal, modelización teórica, secuencia didáctica.

Introducción

En el contexto actual la enseñanza de las ciencias y en particular de la física sigue acarreando múltiples dificultades pese a que los maestros cimentan su praxis en la transferencia de contenidos conceptuales dejando de lado el desarrollo cognitivo de los estudiantes; es decir el maestro no vislumbra la integración entre lo conceptual y lo cognitivo, cuando se supone según algunas normativas educativas que mediante la educación el individuo debe desarrollar habilidades que le permitan ser útil en la sociedad; pero lo que llama la atención es que las actuales propuestas educativas siguen apuntando hacia una educación objetivista en la que la manera de presentar los contenidos no potencia el desarrollo de habilidades de pensamiento.

El desarrollo cognitivo representa un gran aporte en la educación en ciencias, ya que permite reconocer las aptitudes y limitaciones de los niños con respecto a su edad y de acuerdo a ello diseñar estrategias didácticas para la enseñanza de los contenidos haciendo así más óptimo el proceso de aprendizaje.

En relación con lo anterior, no todos los estudiantes desarrollan las habilidades o esquemas de pensamiento de manera espontánea e individual, por lo que es pertinente que el profesor (a) genere de alguna forma las condiciones para que aquellas habilidades puedan ser desarrolladas a la par con las nociones o conceptos científicos, en otras palabras es necesario que el docente promueva una aceleración cognitiva con el objetivo de que los estudiantes aprendan ciencias desarrollando habilidades como por ejemplo la modelización teórica, la cual es una de las más complicadas de desarrollar e importante en la enseñanza de las ciencias ya que esta permite a los estudiantes la construcción de explicaciones argumentadas y coherentes acerca de un fenómeno.

En este sentido, la presente investigación presenta los resultados de un estudio relacionado con el diseño de una secuencia didáctica que promueve la construcción del modelo de rayos de la propagación de la luz en línea recta y a su vez propicia el desarrollo del pensamiento formal bajo el esquema de modelización teórica, estableciendo algunas orientaciones que permita al docente actuar solo como un guía o acompañante en el proceso que mediante la teoría psicológica que sustenta el estudio plantee situaciones problemas, conflictos cognitivos, prácticas experimentales, diálogos y debates que promuevan gradualmente el desarrollo de un pensamiento formal.

En cuanto a la organización del trabajo se estructuró de la siguiente forma: en el primer apartado correspondiente al planteamiento del problema se formula una pregunta investigativa antecedida de algunas causas evidencias con respecto la enseñanza de las ciencias que dan origen a aquella problemática. En el segundo apartado o capítulo se realiza una revisión bibliográfica exhaustiva con el objeto de investigar cuales han sido los trabajos que se han venido llevando a cabo en la enseñanza de las ciencias que involucran la propagación de la luz en línea recta como tema central, y de igual forma se indaga también acerca de investigaciones sobre el desarrollo del pensamiento mediante la aceleración cognoscitiva en las ciencias naturales. En el capítulo 3 se detalla la justificación en la cual se puntualiza acerca de la importancia de que el profesor de ciencias incluya en su mediación el desarrollo de las habilidades de pensamiento, adicional ello se destaca la razón por la cual el diseño se realiza bajo los principios del programa de desarrollo de competencias científicas “pensar con la ciencia”.

En el capítulo 4 se encuentra el marco teórico, en el cual se hace una recopilación de los elementos teóricos fundamentales para abordar el problema de investigación, aquellos elementos necesarios son: los aportes tomados desde la didáctica de las ciencias para el diseño de una secuencia didáctica, ya que es imprescindible que un docente conozca los principios básicos para construir de manera idónea actividades que fomenten el aprendizaje y el desarrollo de habilidades. De igual forma se hace una descripción general del programa “pensar con la ciencia” ya que su conocimiento a fondo es primordial teniendo en cuenta que este trabajo se basa en sus fundamentos; se destaca entonces aspectos relacionados con su utilidad, a quienes esta dirigido, los materiales escritos, y sobre todo la teoría psicológica bajo la cual se enmarca, destacando los aportes de Jean Piaget y Lev Vygotski y como entran a hacer parte fundamental en el modelo pedagógico que propone el programa. Posteriormente se encuentra teoría acerca de del modelo de rayos de la propagación de la luz, ya que así como se debe manejar para esta investigación de cierta forma el conocimiento pedagógico y psicológico también se debe dominar una conocimiento básico acerca del fenómeno físico en cuestión.

Luego en el apartado 5, se detallan los propósitos tanto general como específicos que rigen y direccionan la investigación; en el capítulo 6 se describe la metodología, puntualizando específicamente sobre la metodología de diseño que es el tipo de metodología mediante la cual

se lleva a cabo este estudio, y de igual forma el proceso investigativo propuesto para abordar el problema de investigación y lograr los elementos teóricos orientadores para el desarrollo de la competencia científica de modelización teórica mediante el abordaje de la propagación de la luz en línea recta.

En el capítulo 7 se muestra y analizan los resultados obtenidos haciendo énfasis detallado en las actividades de interacción social que fueron de contextualización y preparación, y de las actividades individuales de construcción del modelo de rayos, destacando el nivel de desarrollo de pensamiento que alcanzaron los educandos tanto en grupo como individualmente, de igual manera se detalla quienes lograron desarrollar el esquema o competencia de modelización teórica. En el capítulo 8 se encuentran las conclusiones obtenidas las cuales responden al problema de investigación y a los objetivos establecidos; seguidamente se presentan todas las referencias bibliográficas de la literatura que fundamentó este estudio investigativo y finalmente los anexos donde se encuentra el diseño de la secuencia de actividades y de los programas guías para el docente (los anexos se adjuntan en un CD aparte).

1. Planteamiento Del Problema.

A lo largo de la historia, la educación en ciencias ha ido tomando fuerza, y con eso la praxis del maestro se ha convertido en uno de sus objetos de estudio, que comprende en gran medida el análisis del cómo enseña y las formas en que los estudiantes aprenden; por lo que se han venido estudiando diversos problemas en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias experimentales que constituyen obstáculos al no permitir que haya construcción del conocimiento y por el contrario este se presente como lecciones que los estudiantes deben aceptar y memorizar. Esto ha dotado la enseñanza de las ciencias de cierto tradicionalismo, pasando a un segundo plano la importancia del desarrollo cognitivo de los estudiantes y por ende no se potencia el desarrollo de habilidades propias del pensamiento formal en los educandos mediante el aprendizaje de los fenómenos.

Con respecto a lo anterior, se han venido desarrollando proyectos, también llamados programas que destacan la importancia de vincular contenidos conceptuales con el desarrollo de las habilidades de pensamiento y vienen acompañados de un enfoque de intervención dentro del contexto escolar. En Colombia se han desarrollado algunos proyectos con este interés, dentro de ellos el programa “Pensar con la Ciencia” este resulta de la adaptación de los proyectos británicos Thinking Science (pensando con la ciencia) y CASE (aceleración cognitiva en la educación en ciencias)¹. Pensar con la Ciencia tiene como propósito desarrollar competencias científicas (conocidas como esquemas de pensamiento desde la teoría piagetiana) en los estudiantes partiendo de experiencias en su mayoría experimentales en las clases de ciencias; en este caso específico se trabajará con la lección 13 del programa que trata experimentalmente la proyección de sombras utilizando la competencia científica de proporcionalidad, propia del pensamiento formal; la cual se adapta y se le realizan algunos cambios para situarla en el contexto de la secuencia didáctica.

En esta investigación se hace énfasis en la construcción del fenómeno de la propagación de la luz en línea recta en el aula, con el fin de desarrollar esquema de modelización teórica propio de un pensamiento formal avanzado; y llegar así a un modelo teórico del fenómeno.

¹ Cognitive Acceleration thought Science Education (CASE-Aceleración cognitiva mediante la educación en ciencias) Es un método de enseñanza innovador elaborado a partir de la investigación sobre el desarrollo cognitivo basado principalmente en la obra de Piaget, y en las teorías de aprendizaje de Vigotsky.

Así pues, en relación con lo descrito, esta propuesta se formula para estudiantes de grado 10, teniendo en cuenta el requerimiento de un nivel de pensamiento superior al que se maneja en grados anteriores. En este mismo orden de ideas, la preocupación de este trabajo consiste en que se de en el estudiante un desarrollo cognitivo y alcanzar también el aprendizaje de un fenómeno, y para ello se necesita un pensamiento avanzado, que se desarrolla al razonar sobre problemas; en relación con esto a esto a Piaget le interesaba el cómo se transforman las estructuras mentales desde el nacimiento del individuo hasta su madurez (adolescencia), y analizar cómo piensa en los problemas y en las soluciones (Richmond, 1970). Esto conllevó a que pensar que el desarrollo cognitivo involucra cambios en la capacidad del niño para razonar.

La historia del desarrollo de los niños, es un proceso mediante fases que implican una complejidad creciente de las formas de pensamiento y de las estructuras cognitivas que las sustentan, las cuales inician en el nacimiento con respuestas sensoriales sencillas, y termina en la adolescencia en una forma madura de funcionamiento en que la memoria de las actividades previamente dominadas guía al adolescente en el acercamiento a las metas y a la solución de problemas, y también a la deducción de premisas explicativas. (Piaget, 1982)

Hoy día la sociedad demanda en todos los campos, personas con habilidades de pensamiento, de tal manera que al enfrentarse a la realidad social en todos sus ámbitos, tengan suficientes herramientas para competir con otros individuos (Hung, 2013); lo que pone en desventaja a quien no las posee. Con respecto a lo anterior es importante tener en cuenta que no todos los niños logran desarrollar el pensamiento formal para pensar en forma abstracta y reflexiva, ya que muchos se quedan o tardan en llegar al estadio de las operaciones formales; dicha situación en la educación pocas veces se convierte en preocupación para los maestros, por lo que es pertinente que se empiecen a generar propuestas en la enseñanza de las ciencias en las cuales los esquemas de pensamiento formal tomen cierta relevancia. Teniendo en cuenta lo anterior, debe constituir una preocupación la intervención por parte del profesor de ciencias naturales, de manera que su enseñanza potencie el desarrollo de habilidades de pensamiento formal y así facilitar el aprendizaje y no caer en la enseñanza convencional positivista, es decir se debe estimular en los estudiantes una aceleración cognitiva desde la educación científica, contribuyendo esto a mejorar su rendimiento, por lo cual se coincide con (Adey & Shayer, 2002) cuando mencionan que “alrededor del 80% de la población escolar tiene un rendimiento

académico inferior a su potencial pero mediante una apropiada intervención todos pueden funcionar en los niveles de rendimiento que pueden estar restringidos al 20% superior”. (p.1)

En ocasiones algunos docentes no promueven el trabajo grupal con sus estudiantes, inhibiendo de cierta forma que se pueda dar en su totalidad la aceleración cognitiva ya que según algunos planteamientos de Vigotsky, el conocimiento es un proceso de interacción entre el sujeto, el medio (social y cultural), y el aprendizaje; sobre estos principios se da el aprendizaje en los individuos desde corta edad, en las relaciones que establece con sus padres, con sus pares y con el maestro como un guía o en su defecto como un mediador. (Bonilla & González, 2008)

Por otra parte, llama bastante la atención que pocos sean las propuestas de enseñanza en física que dentro de sus preocupaciones no solamente este el enseñar un fenómeno físico desde su parte conceptual, sino también el desarrollo cognitivo de los estudiantes. El fenómeno de las sombras (tratado en la lección 13 del programa pensar con la ciencia) constituye un buen puente para entender el fenómeno de la propagación de la luz en línea recta, y suplir algunas de las dificultades de aprendizaje que se han presentado para este. Algunas de ellas según (Driver, Guesne, & Tiberghien, 1999) son: se identifica la luz con su fuente y con sus efectos. No se identifica como una entidad en el espacio; en raras ocasiones se tiene entendimiento de que la luz se mueve en el espacio; no se percibe la necesidad de conservación de la luz, aunque no interactúe con un medio material; la presencia de la luz está ligada a un efecto perceptible, cuando no es lo suficientemente perceptible ya no existe. De igual forma (Gagliardi, Giordano, & Recchi, 2006) plantean que se imagina el espacio “luminoso” como un conjunto de zonas contiguas iluminadas y no se relaciona dicho espacio (lleno de luz “invisible”) con el modelo discreto de luz como conjunto de rayos; es difícil imaginar la propagación de la luz como un proceso de emisión continua de radiación desde una fuente. Por todo lo anterior el interrogante que rige esta propuesta es: **¿Cómo diseñar una secuencia de actividades, dentro del marco del programa pensar con la ciencia, para propiciar el desarrollo cognitivo de los estudiantes de grado décimo y a la vez la construcción del modelo de rayos de la propagación de la luz?**

2. Antecedentes.

Se describen trabajos relacionados con la propagación de la luz que promueven la enseñanza de este tópico desde otras formas diferentes a la tradicional con el fin de que su aprendizaje por parte de los alumnos adquiriera significado. De igual manera también se puntualiza acerca de experiencias en la enseñanza de las ciencias en las que el desarrollo de las habilidades de pensamiento formal (esquemas de pensamiento) constituye un eje central.

2.1. Antecedentes con respecto a la propagación de la luz en la enseñanza de las ciencias.

En continuidad con lo anterior, para iniciar es necesario indagar la existencia de trabajos que destaquen como punto importante las preconcepciones que los estudiantes poseen acerca del fenómeno en cuestión, como elemento clave a tener en cuenta por el maestro para realizar una intervención adecuada, ya que este le permite saber de dónde partir; por ello se consideró importante conocer el trabajo de (Langley & Ronen 1997), el cual formó parte de un proyecto de investigación acerca de la enseñanza y aprendizaje de la óptica geométrica en cinco escuelas secundarias de Israel con 139 estudiantes de décimo grado con edades entre 11 y 15 años, esto se realizó previo a comenzar un curso de óptica geométrica con un especial énfasis en la propagación de la luz y los patrones visuales.

El estudio tuvo una duración de dos años y el enfoque de investigación usado fue un cuestionario a gran escala con su respectivo análisis, se realizó una intervención en la enseñanza, que estuvo fundamentada en el uso de diagramas, la representación como una herramienta descriptiva y explicativa, así como también el dominio de la resolución de problemas. De igual manera se utilizaron materiales como la simulación por ordenador, y tareas no tradicionales impresas; es necesario realizar la salvedad de que estas últimas se refieren específicamente a hacer un énfasis fuerte para el formalismo (desde como lo establece la ciencia) de trazados de rayos implementando esto como una herramienta de mejora de las competencias del estudiantes, de manera que estos establecieran una relación entre el formalismo y sus interacciones con fenómenos que están ligados con la propagación de la luz.

El principal objetivo del estudio en cuestión fue conocer las concepciones y representaciones de la propagación de la luz y otros fenómenos ligados a esta como la formación de imágenes y la visión, con principal atención a la identificación de precursores causantes de obstáculos epistemológicos al momento de la enseñanza.

La premisa que engloba la problemática en esta investigación es que los problemas que los estudiantes poseen antes, durante y después de la enseñanza con respecto a la representación de los fenómenos ópticos tiene su origen en el conocimiento fragmentado adquirido de su medio. Los problemas tienen cierta persistencia, ya que los factores que conducen a la fragmentación no suelen orientarse hacia su corrección, es decir no se abordan y no se remedian.

Así pues la metodología que se implementó consistió primeramente en indagar en los alumnos si tenían algún aprendizaje en cualquier fenómeno relacionado con la óptica. Con respecto a esto el conocimiento de la óptica para esta investigación se abordó mediante los siguientes componentes propuestos: Sistemas ópticos (configuraciones de fuentes de luz, espejos, prismas y lentes); Propagación de la Luz (propagación rectilínea, la absorción, la reflexión y la refracción); patrones de iluminación (sombras e imágenes) y la importancia de la visión en la detección de la luz y por ende el seguimiento de trayectorias de propagación de la luz; teniendo en cuenta entonces los anteriores fenómenos se realizaron las siguientes preguntas de investigación:

1. Propagación de la luz: A. ¿qué modelos tiene los estudiantes para la distribución de la luz de objetos luminosos? B. ¿por qué los estudiantes simbolizan la propagación de la luz realizando representaciones que indican direccionalidad?
2. Visión: ¿Qué modelos tienen los estudiantes para ver objetos luminosos y no luminosos?
3. Fenómenos ópticos: A. los estudiantes asocian la propagación de la luz con fenómenos ópticos? B. En qué medida pueden los estudiantes crear una representación gráfica de los fenómenos ópticos ligada con la propagación de la luz? C. ¿el contexto de la visión afecta la representación que los estudiantes hacen de los fenómenos ópticos?

Para el abordaje de las anteriores preguntas se diseñó un cuestionario de nueve preguntas, en la mayoría de ítems se solicitó dibujar un diagrama que describiera y explicara un fenómeno. Cada grupo de preguntas presentó varios contextos para la propagación de la luz.

Las conclusiones que de dicho estudio resultaron fueron:

Existe una familiaridad con los sistemas ópticos, propagación de la luz y los patrones de iluminación; pero no obstante con esto, un modelo formal para la óptica geométrica no

evoluciona a través del tiempo por el refinamiento de preconcepciones, para que ello suceda es conveniente que el docente intervenga.

En cuanto a los gráficos contruidos, al representar, y explicar los fenómenos ópticos muestran algunas de las características formales del trazado de rayos.

Con respecto a la visión, los estudiantes no asocian la vista con la luz incidente sobre sus ojos. Debe diseñarse experiencias que combinen una fuerte sensación de la luz incidente con una percepción clara de un patrón visual.

Existiendo ya en la literatura experiencias que tratan las preconcepciones de los estudiantes con respecto a la propagación de la luz y otros fenómenos ópticos se han venido generando propuestas que pretenden darle un giro diferente a la forma tradicional con que son enseñados en la escuela.

En conexión con lo anterior, el trabajo de (Márquez, 2014) trata una propuesta de enseñanza y aprendizaje de la óptica para niños de quinto y sexto grado de básica en una institución educativa de Medellín, Colombia; en la que mediante el uso de la actividad experimental se abordaron de manera general algunos fenómenos de la óptica, incluida la propagación de la luz.

La principal intencionalidad del estudio fue la enseñanza de conceptos físicos propios de la óptica geométrica desde la perspectiva del aprendizaje significativo.

Teniendo en cuenta la anterior intencionalidad se formuló la siguiente pregunta problema: ¿Cómo se puede propiciar un aprendizaje significativo en los estudiantes de quinto grado de básica primaria y sexto grado de básica secundaria a partir del diseño de un conjunto de actividades experimentales para la enseñanza de la física desde el tema de la óptica geométrica?

Así pues, teniendo en cuenta la ocurrencia en la vida cotidiana de la propagación de la luz y otros fenómenos de la óptica, este estudio se sustentó en la importancia de traer esa ocurrencia en la cotidianidad al aula de clase mediante el uso los trabajos prácticos, argumentando el autor de este estudio que dichos trabajos son fundamentales, motivadores, ayudan a comprender la teoría que tan abstracta se torna en algunas ocasiones y no conforme con eso desarrollan también el razonamiento.

El camino que se trazó para poder llegar al cumplimiento del objetivo fue el diseño y posterior implementación de varios experimentos utilizando lentes, espejos, fuentes de luz y software para la enseñanza de la óptica.

Se utilizó una estrategia metodológica que tuvo como referente de apoyo la teoría del aprendizaje significativo de David Ausubel. Adicional a ello, se diseñó un formato de guía general que sirvió como base para la preparación de las guías de cada experimento.

Detallando un poco más este estudio, se realizó un diagnóstico entre estudiantes a partir de un test con preguntas abiertas con el propósito de indagar acerca del tema y sobre sus concepciones previas. Específicamente para el abordaje de la propagación de la luz se propuso un experimento que permitió observar el viaje de la luz en línea recta, utilizando un láser que atraviesa un medio que lo hace visible; inicialmente se hizo un exploratorio en el que los estudiantes pudieron interactuar con láser, y apuntar a diferentes partes como la pared y el techo observando su haz de luz, con una hoja de papel se les pidió que intentaran mostrar la trayectoria del rayo, esto con el objetivo de que discutieran la cuestión de ¿Por qué no vemos el rayo en el aire mientras que en la hoja si se puede observar?.

En la segunda fase se depositaron en una caja de vidrio, y se tapó con el objetivo de que el humo se concentrara y no se saliera; se hizo pasar el rayo de laser a través de la caja para observar su trayectoria, en torno a la observación de esto se generó una discusión acerca de lo percibido. El experimento también se realizó con polvo de tiza (sacudiendo borradores y haciendo pasar el rayo a través del polvo).

Al final del estudio se pudo concluir que el experimento es un intermediario en la enseñanza y no un fin en sí mismo, las actividades experimentales permiten acercar a los estudiantes a la aplicación de los fenómenos y algunos instrumentos de la óptica, como por ejemplo la propagación de la luz, a los avances tecnológicos en los que actualmente la óptica tiene protagonismo y por ende se exige ciudadanos competentes en ello.

Un estudio similar lo realizó (Serrano, 2013) con estudiantes de básica secundaria de grado noveno, de un Colegio de Bogotá, con edades que oscilaban entre los 14-17 años. Se aplicó una propuesta que consistió en el diseño y desarrollo de una investigación en el aula sobre la enseñanza del comportamiento de la luz que comprendió los conceptos de partícula y onda con

el fundamento pedagógico de la metodología de aprendizaje por investigación orientada (MACIO); mediante esta metodología se pretendió plantear situaciones problemáticas a los estudiantes dado que estas contribuyen a reforzar y aclarar los principios que se aprenden, exigiéndoles poner constantemente sus conocimientos a prueba y en práctica. MACIO dentro de su enfoque investigativo le otorga un papel importante a las prácticas experimentales, justificándolo desde el desarrollo de destrezas básicas y herramientas, en este caso de la física experimental y del análisis de datos. El enunciado que resume el problema de investigación que se abordó es el siguiente: El comportamiento de la luz: La pertinencia del Diseño y evaluación de estrategias de enseñanza basada en el aprendizaje como investigación orientada.

De acuerdo a lo anterior el estudio consistió en desarrollar una secuencia de enseñanza que permita abordar las nociones de luz que subyacen a la óptica geométrica y a la óptica ondulatoria haciendo uso de la metodología por investigación orientada.

Se abordaron fenómenos concernientes a la óptica geométrica como la propagación de la luz en línea recta (modelo de rayos). La reflexión de la luz, la refracción, la teoría ondulatoria, entre otros. Con respecto a cada tema se crearon unos indicadores, a tener en cuenta en el diseño de la secuencia de actividades, en el caso de la propagación de la luz en línea recta que trató el modelo de rayos el indicador propuesto fue: caracterizar la noción de rayo como fundamento de la óptica geométrica, dando explicación a la interacción de la luz con la materia, mediante situaciones problemáticas abiertas justificándose la pertinencia de estas desde el MACIO.

En continuidad con todo lo anterior se diseñaron múltiples actividades, de las cuales se hace mención de una específicamente, que tiene cierta relevancia para los intereses de este trabajo de grado. La primera actividad diseñada fue la de propagación de la luz cuyo propósito fue la construcción de la noción de rayo de luz en la óptica geométrica, la experiencia fue dividida en dos etapas, que se abordaron mediante un cuestionario de preguntas abiertas. En la primera parte se indaga un poco acerca de lo que saben los educandos sobre la luz (que es, como se propaga); posterior a ello se trabajó con el láser, los estudiantes hicieron incidir el rayo de luz en la pared con la finalidad de analizar cuestiones concernientes al análisis del cómo se podría evidenciar la trayectoria de la luz, para ello se utilizó el talco. En la segunda etapa se propició en los estudiantes reflexión acerca de fuentes de luz diferentes al laser, haciendo énfasis en el sol por medio de una situación en la que se hizo analogía entre los rayos del láser y los rayos del sol,

con el fin de que se entendiera que los rayos de luz a diario están presentes en la cotidianidad pero no siempre son perceptibles a los sentidos.

Con base a todo lo anterior, se llegó a la conclusión de que la explicación de rayo a la que pudieron llegar los estudiantes, fue vital para lograr un posterior entendimiento y comprensión de otros fenómenos como la reflexión y la refracción de la luz.

Así mismo, respecto al MACIO se concluye que es pertinente que se diseñen propuestas donde se utilice este tipo de metodología, ya que esta le da un gran valor a la planificación, la planeación y el diseño de herramientas didácticas, para relacionar los principios conceptuales de la óptica (en este caso particular) con los principios didácticos del modelo.

En este mismo orden de ideas, el uso de prototipos en la enseñanza de las ciencias, ha venido siendo otro tema puesto a consideración por diversos autores como un recurso con gran valor para la construcción de conocimientos, y actualmente se pueden encontrar trabajos de investigación que dentro de sus preocupaciones se encuentra la construcción de prototipos, para uso didáctico en ciencias como la física, concordando con esto (Pérez & Falcón 2009), llevaron a cabo un trabajo con estudiantes universitarios y posteriormente se extendió a estudiantes de básica secundaria; en dicho estudio se elaboró y presentó un conjunto de prototipos experimentales orientados al aprendizaje de la óptica, los cuales fueron contruidos con materiales de bajo costo y fácil adquisición, validados por expertos y probados en el aula para su valoración; esto vislumbrando como problema el poco empleo de prototipos experimentales en las clases de ciencias como medio didáctico para que los estudiantes comprendan y expliquen los fenómenos, esto causado por la partición existente entre la teoría y la práctica.

Los prototipos experimentales tienen un papel fundamental, ya que facilitan la interpretación de cómo opera determinado principio para explicar el fenómeno observado, también permite a los estudiantes advertir que las teorías deben basarse en respuestas proporcionadas por la naturaleza a preguntas surgidas de manera adecuada por medio de los experimentos.

En coherencia con lo anterior, se planteó entonces una didáctica constructivista del aprendizaje de la óptica, basándose en algunos fundamentos del modelo didáctico por descubrimiento, se mostraron una veintena de experimentos de óptica; los prototipos abarcaron los temas sobre naturaleza y propagación de la luz, lentes, instrumentos ópticos, percepción del

color, entre otros. El diseño y construcción de los prototipos se llevó a cabo en 3 etapas: I) Diseño y manual del prototipo; II) Validación del manual; y III) Empleo y determinación de su efectividad en el aula. Los prototipos que fueron validados por el docente con ayuda de los estudiantes, se consideró que constituyeron un gran aporte como recurso didáctico de enseñanza para las cohortes venideras.

En base a lo anterior y puntualizando un poco más acerca del modelo de rayos de la luz (la propagación de la luz), uno de los prototipos construidos dentro del marco de este trabajo fue la cámara oscura empleando una caja de cartón, este mini proyecto se realizó dentro de la asignatura didáctica de la física y la química como trabajo práctico de la unidad denominada: ¿Cómo construir el conocimiento investigando? el prototipo fue construido y validado con estudiantes de una institución educativa, es decir los docentes en formación llevaron a cabo el proyecto del prototipo con estudiantes de secundaria; el propósito específico de dicha actividad radicó en ilustrar la propagación en línea recta de la luz en un medio homogéneo.

Luego de la construcción del prototipo, se pasó a realizar una actividad que fue trabajada en clase y tuvo una parte de trabajo independiente que los educandos realizaron en casa.

En la primera parte de la actividad se trabajó observación de objetos luminosos con ayuda de la cámara oscura, la segunda parte consistía en lo mismo, con la única diferencia que se pedía cambiar el material de la pantalla (papel seda), por papel fotográfico y realizar una descripción de lo que se evidenciaba y las diferencias en la observación con un material y con el otro.

La observación de una vela con la cámara oscura y posterior ilustración de lo observado mediante un diagrama de rayos fue otra de las actividades que llevaron a cabo los alumnos; también hubo otra actividad destinada a la observación de la formación de imagen de distintos objetos luminosos y de igual forma los educandos ilustraron lo observado mediante un diagrama de rayos.

Adicional a lo anterior en la parte final de la actividad respondieron unas preguntas de análisis con respecto a las situaciones antes descritas, por medio de lo cual se generó una discusión acerca de la vivencia experimental entre los profesores que dirigieron esta actividad (estudiantes universitarios de docencia) y los educandos. Finalmente los estudiantes, según

consideraciones sobre el prototipo, respondieron el cuestionario de validación de este y de validación de su manual.

Por otra parte, de manera general se concluyó que para implementar una propuesta didáctica basada en la enseñanza por descubrimiento y/o recursos experimentales es necesario una guía de instrucción de apoyo al docente y al alumno para que no se cree una brecha entre el episteme cognitivo de los aprendizajes programados y la vivencia experimental de fenómenos como la propagación de la luz; también se concluye que un prototipo junto con su manual de uso constituye un recurso didáctico eficaz para el aprendizaje de la óptica, ya sea como demostración en el aula o como complemento de las actividades experimentales.

Existen trabajos de investigación similares desarrollados en niveles de escolaridad más inferiores en los cuales también mediante la implementación de prácticas experimentales como mediador didáctico, se ha podido llevar a cabo experiencias en la enseñanza de la óptica en las cuales se ha tratado la propagación de la luz en línea recta, ejemplo de ello es la investigación realizado por (Garofa Paula et al., 2011); desarrollada por un grupo de seis maestras con niños de tres a cinco años de edad, en diferentes aulas del segundo ciclo de educación infantil: 1º, 2º y 3º durante un año en diferentes centro públicos educativos de la comunidad de Rioja, España.

Los objetivos que tuvo el proyecto con los infantes fueron diferenciar luz de oscuridad; identificar y diferenciar diversas fuentes de luz natural y artificial; observar la trayectoria de la luz, conocer la composición de un rayo: modelo de rayos y descubrir el origen de las sombras.

Las autoras de este trabajo ven su necesidad y pertinencia pese a la poca formación en ciencias que en la actualidad se da a los niños de educación infantil, ante una sociedad que demanda ciudadanos competentes en cuestiones científico-tecnológicas, argumentando que la formación científica debe empezar desde edades muy tempranas. Para este caso particular se escogió óptica ya que en la actualidad la sociedad está inmersa en grandes avances tecnológicos y científicos que hacen parte de la normal cotidianidad.

De acuerdo a lo anterior, la forma en cómo se llevó a cabo el estudio, se basó en experiencias, actividades y juegos, mediante el modelo pedagógico constructivista, por lo que los alumnos desempeñaron un papel de protagonistas que construyen su aprendizaje mediante

interacción con el mundo que les rodea; para ello se propusieron situaciones experimentales de observación, exploración y manipulación que conllevan a un aprendizaje significativo.

El punto de compatibilidad de este proyecto de investigación con el trabajo de grado en cuestión se encuentra en el apartado dedicado a la propagación de la luz en línea recta, en donde se desarrolló una actividad en la cual con antelación se indagó a los infantes acerca del camino que creen que sigue la luz.

La actividad consistió en apuntar con un láser hacia el suelo por parte del docente, con el objetivo de que los niños pudiesen identificar el camino que siguió la luz para llegar a ese punto, lo cual inicialmente no fue posible por parte de ellos; con la ayuda de polvo de tiza al sacudir enérgicamente dos almohadillas los niños pudieron evidenciar la dirección que siguió la luz para llegar al suelo. En otra experiencia se dejó pasar el rayo láser por un vaso de cristal con agua, nuevamente no fue observable el camino que seguía la luz, por lo que se vertieron algunas gotas de leche al agua contenida en el vaso, esto dotó de cierta coloración blancuzca el agua y los niños pudieron identificar la trayectoria de la luz.

De manera similar, con los fundamentos adquiridos en la actividad de la trayectoria de la luz, se realizó una actividad que abordó el origen de sombras y su definición como ausencia de luz, la actividad fue realizada al aire libre y en el salón, en un día soleado, y giró en torno a preguntas como: ¿Qué son esas manchas negras que vemos? ¿por qué hay sombras en unas zonas del salón y en otras no?, etc. Dichos interrogantes fueron abordados con actividades de lectura de cuentos, juegos en donde observaban y jugaban con su sombra, y juegos en donde dibujaron las sombras de sus compañeros en el suelo con tiza. Al final de la actividad los infantes comprendieron que debe existir una fuente de luz para que haya sombra y un objeto opaco.

De acuerdo a todo lo anterior, se concluyó que es importante suscitar en los niños que cursan su etapa de educación infantil las preguntas como estrategia eficaz de aprendizaje; al igual que se debe promover el pensamiento y el desarrollo de destrezas mediante estrategias didácticas como el juego, el cuento, entre otras que contribuyen a un fácil entendimiento del mundo a través de modelos.

2.2. Antecedentes con respecto al desarrollo del pensamiento mediante la aceleración cognitiva en las ciencias naturales.

Teniendo en cuenta que la preocupación del presente trabajo de grado no radica solo en la enseñanza de la propagación de la luz de tal manera que los estudiantes puedan llegar al modelo de rayos, sino también en el desarrollo de una competencias científica (esquema de pensamiento), propia del pensamiento formal, es necesario entonces la revisión de trabajos en la enseñanza de las ciencias que muestren preocupación por el desarrollo cognitivo.

Con respecto a lo anterior, un trabajo muy influyente a cerca del desarrollo del pensamiento a nivel internacional en la educación fue el realizado por (Adey, 1999), en el que se trabajó con 10 colegios de Inglaterra, con estudiantes cuyas edades oscilaban entre los once y los catorce años, de los grados 7º y 8º ; dicho trabajo se tituló Cognitive Acceleration Through Science Education (CASE – Aceleración cognitiva mediante la educación científica); el cual se definió como un método de enseñanza innovador, creado a partir de la investigación sobre del desarrollo cognitivo fundamentado principalmente en la obra de Piaget y en los principios elementales de las teorías de Vygotsky. Con dicho programa para la aceleración cognitiva se pretende mejorar el proceso de pensamiento de los niños acelerando el progreso de la adquisición de habilidades de pensamiento superior o lo que Piaget denominó operaciones formales.

Los orígenes del programa se remontan a los años 70 en el Chelesea College de Londres, el cual indicaba que varios de los conceptos incluidos en los currículos de ciencias en reino unido exigían más de lo que la capacidad intelectual de los alumnos podía verdaderamente brindar. No obstante con esto, en estados unidos el problema se evidenció al constatarse de que muchos estudiantes universitarios de primer año tenían un conocimiento pobre de conceptos científicos fundamentales, los cuales se suponía que habían tenido que ser aprendidos en el currículo de enseñanza secundaria.

Concordando con lo anterior el objetivo que se proyectó con el programa fue aumentar la capacidad de los alumnos para entender los conceptos científicos, dado que las ciencias representan un área de gran complejidad para la mayoría de los alumnos.

Ante el panorama descrito anteriormente, el equipo del Chelsea College, dirigido por el profesor Michael Shayer adoptó un enfoque científico acerca del problema de la dificultad de aprendizaje de las ciencias. Por un lado era necesario una descripción acertada del perfil intelectual de los escolares y por otro una forma de medir y describir el nivel de dificultad de los conceptos científicos.

En consecuencia con ello, la teoría del desarrollo cognitivo elaborada proporcionó el tipo de descripción que se necesitaba inspirándose para ello en las descripciones sobre los tipos de pensamiento en los diferentes estadios, 1. Se desarrolló un instrumento para someter a análisis los materiales curriculares en función de las exigencias cognitivas que en ellos se planteaban. 2. se elaboraron pruebas de desarrollo cognitivo usándolas en una encuesta (pretest) a gran escala para establecer los niveles de pensamiento de los niños en la población escolar de Inglaterra y Gales y poder comparar diferencias entre el inicio y el final. El programa se aplicó mediante 20 actividades que remplazaron a las actividades convencionales de ciencias naturales una vez cada dos semanas; CASE cubrió algunos objetivos del currículo y al desarrollar algunas habilidades de pensamiento los estudiantes entendieron el material curricular.

El programa se aplicó durante dos años, y al finalizar este lapso de tiempo se realizaron en todas las clases posttest de desarrollo cognitivo al igual que un test de rendimiento en ciencias; luego de los buenos resultados evidenciados en el aumento del rendimiento académico, muchos colegios decidieron apostar por el desarrollo cognitivo de sus estudiantes, tanto así que se creó también un programa de formación para docentes en la metodología CASE, donde se les dotó de algunas estrategias que les dieron herramientas para estimular el desarrollo cognitivo de los educandos.

Los resultados a largo plazo de Case se fueron recopilando de diferentes pruebas realizadas como la GSE (General Certificate of Secondary Education — Certificado General de Enseñanza Secundaria), la KSNCT (KeyStage National Curriculum Test - Prueba del Currículo Nacional de una etapa clave), entre otras que se aplican en diferentes niveles de escolaridad en Reino Unido, mediante las cuales se observó que los estudiantes que participaron en la intervención CASE tuvieron un desempeño más alto que los que no fueron intervenidos con el programa.

Finalmente, se llegó a la conclusión de que: para un nivel cognitivo inicial, la intervención CASE, produce en los estudiantes un incremento del rendimiento académico, que el que se obtiene en colegios que no lo utilizan y que el efecto obtenido en su nivel de razonamiento es aplicable más allá de los contextos científicos, en que se desarrolla el programa de intervención cognitiva.

Así mismo también se concluyó que la aceleración cognitiva mediante la educación científica constituye un enfoque para aumentar a largo plazo la cognición de los adolescentes; se habla de largo plazo por los 2 años de intervención en el currículo requeridos, por lo que la adopción de CASE en los colegios es un proceso lento.

Otro estudio muy relacionado con la presente investigación lo realizaron (Uribe, Quintero, & Rodríguez 2005); en dos colegios privados de Cali, Colombia con estudiantes de edades que oscilan entre los once y los trece años de edad, en los cuales se llevaron a cabo dos intervenciones que se clasificaron según dos dimensiones: su fundamentación y grado de estructuración: fue necesario tener en cuenta que las intervenciones diseñadas a partir de la psicología deben distinguirse de las abstraídas de la práctica educativa siendo las primeras de base teórica y las segundas de base práctica. De igual manera la segunda dimensión consideró el grado de especificación de los desafíos cognitivos que promueven el desarrollo; los cuales se especificaron en el diseño de la intervención (intervenciones estructuradas), así como también los educandos tuvieron autonomía para fijarlos (no estructuradas).

Basado en lo anterior, las intervenciones analizadas fueron: a) una no estructurada de base práctica, del tipo “proyecto estudiantil colaborativo” (caso de densidad de la madera). B) una estructurada y de base psicológica según el enfoque CASE (caso de luces y sombras).

Así pues, el interrogante que caracterizó el problema de investigación fue: ¿pueden diseñarse actividades de aula que induzcan sistemática y predeciblemente “procesos de subir nivel”?

Consecuentemente con ello se plantearon unos interrogantes orientadores para la investigación:

¿Existen evidencias de procesos metacognitivos del tipo “subir nivel” en las producciones de los alumnos?

¿Cómo se comparan ambas intervenciones, según criterios relativos a la eficacia y eficiencia en la promoción del desarrollo cognitivo?

En conexión con esto, uno de los objetivos que se proyectó en el desarrollo de este estudio fue comparar desde un enfoque cualitativo un proceso de intervención en el desarrollo cognitivo estructurado con otro no estructurado en el contexto de la asignatura de ciencias naturales; en coherencia con esto el otro objetivo que rigió este trabajo fue el de efectuar una clarificación teórica en la idea de metacognición como herramienta de análisis para apreciar la eficacia de las intervenciones.

La forma en cómo se dio marcha a la realización de este trabajo consistió inicialmente en seleccionar los apuntes de las salidas de campo hechas por los alumnos, apuntes de las intervenciones, grabaciones de audio que evidenciaran la interacción de profesor y estudiantes; la fuente principal de información fueron los contextos donde se desempeñaron dos de los docentes integrantes del proyecto, la intervención a), fue de investigación - acción; en la intervención b), se confrontaron dos fuentes: 1. Respuestas escritas en las hojas de trabajo. 2. Transcripción de grabaciones de los diálogos entre profesores y educandos.

Hablando más específicamente de los casos particulares con los que se abordó cada una de las intervenciones, en el caso de la densidad de la madera se partió de la generación de interrogantes significativos por parte de los estudiantes como resultado de un recorrido por áreas verdes del colegio, todo ello plasmado en bitácoras por cada equipo. En cuanto al caso de luces y sombras, la base teórica de intervención fue el análisis de las estructuras de razonamiento características del pensamiento formal; esta actividad estuvo dirigida a estudiantes en transición entre el pensamiento concreto y el formal; y el medio para lograrlo fue la experimentación dirigida, para lo que el papel del educador radicó en estimular el desarrollo de las habilidades, mediante el trabajo colaborativo, mas no enseñar contenidos.

De esta manera al finalizar el estudio, se concluyó que la educación en ciencias posee una potencialidad para desarrollar competencias intelectuales; es necesario entonces direccionar la educación científica no solo hacia la enseñanza de contenidos disciplinares, si no también hacia procesos de intervención que promuevan en los educandos el pensamiento de alto orden.

Se llegó también a la premisa de que en las actividades de luz y sombra fueron identificables habilidades metacognitivas en el discurso de los estudiantes, por lo que en cuanto la eficacia cognitiva para promover el desarrollo y la eficacia en el proceso de intervención, las propuestas de tipo cerrado (es decir que tienen todo un diseño con intencionalidades específicas hacia el desarrollo cognitivo) son más eficaces, ya que son las que mejor potencian la aceleración cognitiva.

Los estudios antes mencionados donde se ha tratado la propagación de la luz como tema central o como subtema aportan en gran medida a la presente investigación tanto en los aspectos teóricos y metodológicos, ya que en primera instancia destacan la riqueza de realizar propuestas en las que una de las preocupaciones sea las preconcepciones que poseen los estudiantes sobre la luz y la manera de identificarlas antes de la enseñanza, para que estas no persistan como dificultades en la etapa postenseñanza mediante su correcto abordaje para erradicarlas y de esta manera se pueda dar un proceso promisorio de enseñanza y aprendizaje.

En consonancia con lo anterior, este tipo de propuestas invitan a que dichas preconcepciones de la luz, adquiridas de la cotidianidad, que en muchas veces se convierten en concepciones erróneas, se confronten con los conocimientos científicos mediante un proceso de acomodación a las estructuras cognitivas de los educandos y es ahí donde este tipo de experiencias entran a tener relevancia en el “cómo llevar a cabo ese proceso de acomodación mediante la didáctica de las ciencias”

Otro aporte importante por parte de estas experiencias es la importancia del trabajo experimental en la enseñanza de la física como estrategia didáctica para la construcción de conocimiento, esto cobra bastante relevancia en este trabajo, ya que aquí las prácticas experimentales juegan un papel importante como mediador didáctico.

Los trabajos antes destacados resaltan la importancia y la relación existente entre la propagación de la luz con otros fenómenos ópticos, como la visión, la reflexión la refracción y la formación de sombra, siendo esto un gran aporte también ya que en la investigación en cuestión el fenómeno de formación de sombra es fundamental.

Los estudios revisados brindan elementos teóricos disciplinares en relación a la enseñanza del fenómeno, que aportan al marco teórico de la presente propuesta. Se hace necesario también

que dentro de marco teórico de la investigación en cuestión figuren elementos de la didáctica de las ciencias aportados por las experiencias expuestas ya que permiten idear una metodología didáctica propicia para dar cumplimiento a los objetivos.

Por otra parte también es un buen aporte los trabajos citados referentes a la aceleración cognitiva, ya que ponen en evidencia la importancia de promover el pensamiento formal en la educación en ciencias para facilitar el aprendizaje de contenidos científicos; pudiéndose tomar de ellos aspectos importantes para este trabajo, entre ellos toda la teoría psicológica donde los planteamientos de Jean Piaget y Lev Vygotsky son parte fundamental.

3. Justificación.

Ante una educación en ciencias que hoy día se caracteriza por la enseñanza de contenidos curriculares, más que por el desarrollo de habilidades de pensamiento, es pertinente pensar en nuevas formas de enseñanza que guarden un equilibrio entre desarrollo cognitivo y la enseñanza de fenómenos. Pese esto es necesario que el maestro de ciencias naturales conozca las teorías del pensamiento que sustentan la relevancia de tener en cuenta los estadios del desarrollo y las habilidades cognitivas que desarrolla el niño (a) en cada uno de ellos.

No obstante con lo anterior, un profesor debe conocer la amplia relación que hay entre desarrollo y aprendizaje, ya que este último no se da de manera espontánea sin el desarrollo de algunos esquemas de pensamiento; para lo cual se concuerda con (Pedroso, 2004) cuando asegura que: “es inútil el aprendizaje cuando todavía no hay madurez. El aprendizaje forzado sin un desarrollo adecuado parece el gusto del banano cuando es indigestamente digerido, pues esta verde y pegajoso”. (p.22)

La educación actual en su mayoría diseña unos currículos muy rígidos en los que le deja a los libros en gran medida la responsabilidad de la enseñanza, y estos textos usualmente enfatizan en contenido disciplinar y adicional a esto los profesores se deben ceñir a ellos porque así lo demanda la normatividad institucional.

Por eso a una de las cosas que invita esta propuesta es a idear dentro de la misma asignatura ya sea química, física o biología, actividades adicionales a las enfocadas al aprendizaje de contenidos disciplinares específicos, a las encaminadas a estimular el desarrollo del pensamiento formal.

Así pues, no siempre los estudiantes pueden llegar a hipotetizar y deducir las explicaciones de los fenómenos (en otras palabras a modelos teóricos), por lo que el docente opta por dictar contenidos y no construirlos; y de manera abrupta pasar a otro tema sin detenerse a reflexionar sobre: que pudo haber causado que sus estudiantes no pudieran llegar a modelizar teóricamente el fenómeno tratado; o si realmente poseían las habilidades cognitivas para ello, o si su mediación estaba contribuyendo al desarrollo de estas; pese a lo anterior por eso se hace importante de cierta forma este trabajo ya que incita al maestro a repensar su praxis de tal

manera que genere en sus estudiantes la necesidad de razonar sobre sus destrezas para resolver los problemas.

Partiendo de lo anterior se coincide con (Uribe & Solarte, 2016) . Cuando aseguran que “una mediación exitosa en el desarrollo cognitivo debe enfocar la atención de los alumnos en sus razonamientos, sobre las estrategias seguidas para resolver el problema, y no tanto sobre los contenidos”. (p. 57)

Por otra parte esta propuesta se decidió llevar a cabo mediante la adaptación de una de las lecciones del programa pensar con la ciencia, que constituye un trampolín para que los educandos se aproximen al desarrollo del esquema de modelización y adicional a esto permite el estudio de un fenómeno de la física, que está muy presente en la cotidianidad, pero que pasa desapercibido sin dársele importancia en la enseñanza de las ciencias, ya que existe una tendencia a creer que es difícil problematizar y estudiar la luz por su naturaleza no tangible.

Desde esta perspectiva se hace necesario que se promueva en el campo de la educación en ciencias propuestas de enseñanza donde se integren la psicología cognitiva, las disciplinas científicas, y la didáctica.

4. Marco Teórico.

Teniendo en cuenta que en el presente trabajo de investigación se propone el diseño de una secuencia de actividades, es importante destacar de manera general desde la perspectiva de la didáctica de las ciencias naturales la importancia que cobra el diseño de secuencias de actividades por parte del profesor para orientar su praxis en el proceso de enseñanza y aprendizaje, y de igual forma también es importante puntualizar acerca de algunos elementos conceptuales acerca de la propagación de la luz en línea recta.

4.1. Aportes desde la Didáctica de las Ciencias para el Diseño de una Secuencia Didáctica.

En este apartado se recogen algunas consideraciones que se toman muy en cuenta para el diseño de la secuencia de actividades, ya que aunque el fin no es diseñar toda una unidad didáctica, se toman en cuenta algunos aspectos importantes desde lo que plantean (Valcárcel & Sánchez, 1993), para el diseño de unidades didácticas, de lo cual se extraen elementos importantes que sirven para la construcción de la secuencia.

4.1.1. Planificación de la enseñanza.

La planificación de una lección está determinada por varios factores (tipo de contenidos, número de estudiantes, experiencias previas de los estudiantes), se establece relación entre ellos con tres referencias que todo profesor de ciencias naturales posee: su formación en ciencias, su formación didáctica y su modelo educativo.

Cinco son las tareas que se incluyen en el modelo propuesto por los autores del respectivo documento de apoyo: análisis científico, análisis didáctico, objetivos, estrategias didácticas y evaluación.

El análisis científico debe encabezar el proceso analítico ya que el profesor es el mediador del conocimiento entre las ciencias y el estudiante; y no obstante con ello los problemas de aprendizaje están condicionados por la especificidad del contenido de enseñanza. Si se tiene en cuenta según algunas teorías, que el aprendizaje implica un cambio conceptual, los aprendizajes de los estudiantes se deben direccionar hacia las relaciones y significados existentes entre conceptos y en pro a ellos diseñar estrategias didácticas y evaluación; de igual forma deben guiar indagaciones de experiencias previas y sus respectivas implicaciones.

La organización de contenidos, es uno de los objetivos del análisis científico y debe concretarse en un esquema conceptual. Es el docente quien considera que contenidos proporcionan un esquema conceptual científico acerca del objeto de estudio en forma de entramado conceptual.

Se inicia entonces eligiendo los contenidos científicos, considerando en ellos de entrada algunos aspectos que le permitan al estudiante explorar e identificar (¿qué es?, ¿qué ocurre?), interpretar y generar explicaciones (¿por qué es así?, ¿por qué ocurre de este modo?) y aplicación (¿para qué sirve ese conocimiento?) del objeto de estudio.

Con respecto a lo anterior, el esquema conceptual de los contenidos científicos puede hacerse explícito mediante mapas conceptuales, teniendo en cuenta que estos resaltan conceptos y sus relaciones entre ellos.

Los contenidos procedimentales deben estar ceñidos al entramado conceptual, de tal manera que pierdan su carácter anecdótico.

Así pues, es útil construir los procedimientos de acuerdo a las cuatro preguntas propuestas por Gowin y Novak (1998, citados por Sánchez y Valcárcel, 1993), para el análisis de las tareas de enseñanza.

1. ¿Cuál es el conocimiento al que se pretende llegar con los procedimientos que se seleccionen? (afirmaciones de conocimiento)
2. ¿A qué preguntas o problemas da respuesta aquel conocimiento? (preguntas determinantes)
3. ¿Qué conceptos están implícitos en dichas preguntas y debe conocer el estudiante para encontrarle significado al estudio del hecho seleccionado? (conceptos claves importantes).
4. ¿Qué procedimientos se necesitan para responder a los interrogantes determinantes y llegar a las afirmaciones de conocimiento que deseamos que aprendan nuestros educandos?

En cuanto a los contenidos actitudinales estos resultaran al desarrollarse los conceptuales y los procedimentales ya que a partir de estos surgen normas y valores.

Ahora bien, con respecto al **Análisis didáctico**, es de suma importancia brindar especial atención a la capacidad cognitiva de los estudiantes, ya que es un factor determinante de lo que estos son capaces de hacer y de aprender. Se debe considerar los conocimientos previos sobre el tema y el nivel de desarrollo operatorio de los educandos en relación con las habilidades de pensamiento requeridas para comprender ciencias; los conocimientos previos deben indagarse a partir del esquema conceptual (conceptos y sus relaciones entre ellos).

La información que se logre obtener acerca de las exigencias cognitivas de los contenidos permitirá valorar la pertinencia de abordarlos desde otras formas más comprensibles para que su aprendizaje sea alcanzable.

Después del análisis científico y el análisis didáctico la siguiente tarea corresponde a la **selección de objetivos**, en este punto el docente debe hacer una reflexión profunda acerca de los aprendizajes que desea favorecer en sus educandos y concretarlos en unas metas, teniendo en cuenta también el nivel educativo y los objetivos de área, y deben estar encaminados hacia los contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales) presentes en el esquema conceptual que rige la unidad didáctica.

En continuidad con las tareas de planificación, es necesario definir también las **estrategias didácticas**, es necesario distinguir dentro de la estrategia didáctica de un profesor sus planteamientos metodológicos y la secuencia de enseñanza; los primeros informan acerca del papel del profesor y los alumnos en el proceso de enseñanza y aprendizaje, y están determinados por teorías y creencias personales del profesor sobre la naturaleza de la ciencia y sobre la naturaleza del proceso de enseñanza y aprendizaje.

Es importante definir la secuencia de enseñanza para concretar cómo se van a llevar al aula los planteamientos metodológicos, para ellos se deben seguir 5 fases:

Fase de iniciación: se debe contextualizar la nueva unidad en relación con otros conocimientos, organizar el contenido, motivar al alumno; y conocer las ideas previas de los alumnos.

Fase de información: se introducen nuevos conocimientos de orden conceptual, procedimental y actitudinal, con el objetivo de que haya intercambio de ideas previas por

parte de estudiantes y así mismo llevarlos a situaciones de conflicto cognitivo, para generar o introducir nuevas ideas.

Fase de aplicación: Se resuelven situaciones problemáticas de orden teórico – práctico; y se amplían conocimientos introducidos. Es pertinente que las nuevas ideas adquiridas se utilicen en diversas situaciones.

Fase de conclusión: se hace un resumen de las principales ideas, y se repasa el contenido con el objetivo de revisar si hubo un cambio en las ideas, y de analizar si realmente se siguió un proceso de enseñanza-aprendizaje.

Es importante tener presente que al diseñar una secuencia de enseñanza se distribuya el contenido de acuerdo al esquema conceptual de la unidad didáctica, es decir tener presente cual será el camino seguido.

En cuanto a materiales de aprendizaje, se deben articular a la estrategia didáctica cuatro materiales clave:

El programa guía: describe a manera general la secuencia de enseñanza y las actividades que la componen. Este puede elaborarse para uso del profesor o también para los educandos.

Las hojas de trabajo: amplían contenido de las actividades y proporcionan indicaciones para su desarrollo (objeto de la actividad, materiales requeridos, procedimiento y preguntas).

El cuaderno del estudiante: se utiliza con el propósito de personalizar el proceso de enseñanza-aprendizaje y describir como ha sido la construcción de conocimiento por parte del alumno durante el desarrollo de la unidad didáctica.

La última tarea consiste en la **selección de estrategias de evaluación**, esta debe considerarse desde una perspectiva formativa; para ello debe utilizarse como un medio que proporcione información tanto para corregir dificultades de aprendizaje en los estudiantes como también para que el educador mejore su praxis. Desde la planificación de las actividades se deben tomar decisiones acerca de ¿qué evaluar?, ¿cómo evaluar? y ¿en qué momento evaluar?.

En cuanto a los aprendizajes de los educandos, desde una perspectiva formativa de la evaluación, se deben concebir como contenidos de esta: a) el conocimiento e ideas previas. b) progresos en la construcción de conocimiento y cambio conceptual que llevan a cabo los estudiantes. C) Los conocimientos científicos adquiridos. Debe centrarse la atención en la valoración de las actividades seleccionadas y los materiales de aprendizaje, ya que en dichas actividades y materiales se concreta lo que el profesor piensa llevar a cabo en el aula, sirviendo entonces su valoración para examinar y modificar aspectos concernientes al diseño.

Por otra parte, el diseño de instrumentos para la recogida de información es la última decisión que se toma con respecto a las tareas de planificación, se pueden diseñar instrumentos puntuales como pruebas escritas, protocolos de observación para describir el progreso de los alumnos, o las mismas hojas de trabajo.

En consecuencia con lo anterior es de vital importancia tener claro qué tipo de pensamiento se pretende propiciar en los educandos mediante el desarrollo de las actividades propuestas. La competencia científica (modelización), que para el caso particular de este trabajo se pretende desarrollar en los educandos hace parte del pensamiento formal, por lo que es imprescindible que el docente se familiarice con este tipo de pensamiento y sus generalidades.

4.2. El Pensamiento Formal y el Esquema de Modelización Teórica.

El pensamiento formal es aquel que se caracteriza por ser un pensamiento hipotético-deductivo que le permite al individuo llegar a deducciones partiendo de hipótesis expresadas de forma verbal, que son por consiguiente las más idóneas para establecer contacto e interpretar la realidad objetiva (Barba, Cuenca, & Gómez, 2007). Este tipo de pensamiento constituye el último nivel o estadio del desarrollo cognitivo. En la adolescencia se da por medio del desarrollo de unos esquemas operatorios formales (los cuales se mencionarán en otro apartado del presente trabajo) que lo caracterizan; esto ocurre entre los 11 y los 12 años; los estudiantes disponen entonces en esta etapa de un pensamiento organizado y medianamente cercano al de un científico ingenuo.

Es importante que se tenga en cuenta que antes del desarrollo del pensamiento formal existe otro tipo de pensamiento en el cual no se ahondará aquí pero que es importante nombrarlo, siendo este el pensamiento concreto; dicho pensamiento posee al igual que el formal esquemas o habilidades de pensamiento que lo caracterizan, dichas habilidades al pasar al pensamiento formal sufren una especie de transformación para convertirse en esquemas formales que implican una manera más abstracta de pensar, por lo que se coincide con Piaget (1991) cuando menciona que “en el pensamiento formal las operaciones lógicas empiezan a ser traspuestas del plano de la manipulación concreta al de las ideas expresadas en cualquier tipo de lenguaje (el lenguaje de las palabras o el de los símbolos matemáticos, etc)” (p. 85).

El desarrollo de este tipo de pensamiento en los escolares posee grandes beneficios que promueven el aprendizaje, ya que el adolescente que razona formalmente, formulará hipótesis, planeará situaciones experienciales para explorarlas y comprobarlas y por último logrará la identificación del único factor de causa, prescindiendo de todos los demás a partir de deducciones formales, es decir, ajenas al contenido o conceptos concretos presentes en el problema. (Pozo & Carretero, 1987).

En consonancia con lo anterior las características generales del pensamiento formal según los dos autores antes mencionados son:

1. Es un pensamiento cualitativamente diferente al pensamiento operatorio concreto, e igual en estructura y funcionalidad al pensamiento del adulto.
2. Se desarrolla y se alcanza de manera “espontánea” en todos los adolescentes.
3. Permite acceder simultáneamente a los distintos esquemas operacionales formales.
4. No se apoya en los objetos o situaciones directamente percibidos sino en representaciones proposicionales o verbales de dichos objetos; por lo que atiende la estructura formal de las relaciones entre los objetos presentes y no al contenido.

El pensamiento formal comprende una serie de esquemas de pensamiento (denominados competencias científicas para efectos de este trabajo), que se desarrollan en los estudiantes ya sea de manera autónoma por sus vivencias cotidianas e interacciones sociales o en su contexto escolar por la intervención de los profesores con el objeto de propiciar una o varias de estas competencias científicas en los educandos, el esquema o competencia científica de modelización

teórica es uno de los últimos que el adolescente desarrolla en el pensamiento formal, y este adquiere un interés especial en este trabajo.

Teniendo en cuenta que los estudiantes pueden llegar a una explicación mediante la construcción de un modelo teórico, es pertinente que se afiancen conocimientos acerca de lo que es la explicación en el marco de las ciencias experimentales.

Son muchas las acepciones existentes acerca del significado del término “explicación” en un estudio realizado por Eder (2002 citado por Eder & Adúriz, 2008), se recogen algunas apreciaciones de las personas del común en pro a definir lo que es la explicación: 1. Dar a comprender algo a otros. 2. Precisar, aclarar, clarificar u ordenar. 3. Narrar o justificar hechos que han sucedido. 4. Relacionar causa con sus efectos.

Por su parte la Real Academia de la Lengua Española (ASALE, s. f.) ; Adopta tres significados con respecto a este término:

1. Declaración o exposición de cualquier materia o doctrina o texto con palabras.
2. Satisfacción que se da a una persona o colectividad declarando que las palabras o actos que puede tomar ofensa carecieron de intención de agravio.
3. Manifestación o revelación de la causa o motivo de algo.

En continuidad con lo anterior y dirigiendo la atención un poco a lo que concierne a las ciencias naturales, habitualmente la explicación se sitúa en un razonamiento de tipo deductivo. A dicho modelo de explicación de corte positivista-lógico, se le conoce como nomológico deductivo, ya que en este la explicación es formalizada como un raciocinio de tipo deductivo, entre cuyas premisas aparecen enunciados que adoptan forma de ley científica. Desde la perspectiva de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias la explicación es útil para clarificar, deducir y entender conceptos, procedimientos eventos, ideas, tipos de problemas que favorecen la comprensión. (Eder & Adúriz, 2008).

Por otra parte, como se mencionaba anteriormente la construcción de premisas explicativas en las ciencias naturales son potenciadas por un **modelo teórico**.

En la cotidianidad el término “modelo” tiende a generar confusión por su variabilidad en su significado; generalmente se usa para referirse a un ideal o a un ejemplo a seguir. Pero en el

ámbito científico este término adquiere un significado diferente relacionado con esto Uribe & Solarte (2016) afirman que un modelo “es una representación o sustituto de un sistema complejo que puede ser mental, computacional o material” (p.102).

Existe otro significado en el ámbito científico de modelo un poco más específico que el anterior para el cual el término cambia a “**modelo teórico**”, este modelo es el que existe únicamente de quien lo utiliza para hacer predicciones, comprender, explicar y dar cuenta de cierto fenómeno (Uribe & Solarte, 2016, p. 102).

En este orden de ideas, la construcción de un modelo teórico en la edificación de explicaciones cercanas a la ciencia requiere de un pensamiento formal, en el que se integran la mayoría de competencias científicas.

Teniendo en cuenta lo anterior, el programa mediante el cual se desarrolla este trabajo de investigación, promueve el desarrollo del pensamiento formal mediante la educación en ciencias naturales desarrollando una serie de competencias científicas propias de este tipo de pensamiento, por lo que es necesario conocerlo a fondo.

4.3. Programa Pensar con la Ciencia.

El programa pensar con la ciencia hace parte del material de trabajo de un proyecto financiado por Colciencias, llamado Aceleración Cognoscitiva Mediante la educación en ciencias en el contexto local; llevado a cabo en la ciudad de Cali, Colombia.

Como ya se ha mencionado en apartes anteriores, esta investigación se propone en el marco de este proyecto, por lo que es fundamental conocer un poco acerca de sus generalidades y planteamientos teóricos que lo cimentan.

En concordancia con lo anterior se detalla entonces a continuación el programa en mención propuesto y llevado a cabo por (Uribe, 2005):

4.3.1. Utilidad y Desarrollo del Programa.

El programa pensar con la ciencia es una propuesta para la educación en ciencias, en donde el eje central es el desarrollo cognitivo de los estudiantes de edad escolar; está basado en los modelos psicogenéticos y sociocultural. Este tiene como propósito principal desarrollar

competencias científicas y lógicas en los estudiantes a partir de experiencias prácticas en las ciencias naturales.

Mediante la implementación de “pensar con la ciencia” se puede producir un cambio significativo y muy positivo en el rendimiento académico; para esto es preciso un nivel de pensamiento formal en los estudiantes. Algunos análisis psicológicos del currículo de ciencias naturales, como por ejemplo el realizado dentro del programa: Aceleración Cognitiva Mediante la educación científica (CASE), liderado por (Adey, 1999), muestran que su comprensión requieren este nivel de pensamiento. Ello ha motivado investigaciones cuyo fin es que el docente adquiera capacidades de promover niveles más superiores de pensamiento, es decir de intervenir en el desarrollo cognitivo.

El programa consta de 30 actividades en las que se proponen desafíos para resolver problemas prácticos donde se aplican las competencias: control de variables, clasificación, razones y proporciones, proporcionalidad inversa. La gran mayoría de actividades proponen que los alumnos realicen su trabajo en grupos, llevando a cabo experimentos o sometiendo datos a análisis, mientras que el maestro ayuda a provocar y sostener una discusión en un alto nivel de desafío intelectual pese al manejo que este posee de la teoría psicológica que subyace en el programa.

4.3.2. Población a la que se Dirige y Elementos clave que lo Conforman.

En principio “pensar con la ciencia” va dirigido a estudiantes de básica secundaria de séptimo u octavo grado; etapa del crecimiento donde los estudiantes pueden ser estimulados cognitivamente para lograr rápidamente un desarrollo mental que los pondrá en capacidad de enfrentarse a situaciones con cierto grado de dificultad propias de las ciencias experimentales.

El programa consta de los siguientes elementos que permiten su puesta en marcha:

- a. **Metodología Didáctica.** Esta permite llevar a cabo actividades experimentales y otro tipo de actividades donde los alumnos deben resolver problemas por su propia cuenta.
- b. **Grupo de materiales didácticos Escritos.** están divididos en dos tipos:
 1. Materiales que orientan al docente para preparación de la clase. Donde se le explica lo que se pretende lograr, tiempo sugerido para cada actividad y respuestas de ejercicios planteados para los educandos.

2. Guías para los estudiantes, que hacen las veces de material de trabajo en el que estos responden preguntas y atienden a situaciones problema que se les plantea.

4.3.3. Descripción de los materiales escritos del programa.

Cada unidad del programa contiene información de interés para los educadores y están divididas en los siguientes elementos:

Introducción: se da una descripción somera del objetivo de la unidad.

Equipo Necesario: listado de materiales requeridos para cada unidad. Cuando es necesario se incluyen algunas indicaciones.

Plan de Clase: es una guía para los profesores, pero esta no constituye una camisa de fuerza ya que su fin es únicamente servir de ayuda para preparar clase, es pertinente ir personalizando este plan después de cada sesión, destacando dificultades encontradas, realizando ajustes a aspectos importantes con respecto a las unidades, etc. Esto permite al profesor ir adquiriendo habilidades como facilitador de la clase en cuanto a desarrollo cognitivo se refiere.

Hojas de Trabajo: son diseñadas para que los estudiantes plasmen sus respuestas después de una discusión reflexiva, principalmente cuando es necesario el trabajo en grupo.

4.3.4. Acerca de la Teoría que sustenta el Programa y el Modelo Pedagógico que Utiliza.

El programa fue diseñado tomando como referente un modelo reconocido sobre el desarrollo mental en el cual han influido dos psicólogos muy reconocidos, Jean Piaget y Lev Vygotsky, es importante que el maestro (a) comprenda un poco acerca de los planteamientos de estos dos autores y vislumbren su pertinencia para el programa.

4.3.4.1. Piaget y Vygotsky desde Una visión General en el Programa.

Antes de entrar a conocer un poco sobre las teorías de estos dos estudiosos de la psicología cognitiva es importante clarificar un poco sobre aquello del “desarrollo cognitivo”. El desarrollo cognitivo es un conjunto de cambios que se producen en el pensamiento a lo largo de la vida, especialmente durante el periodo de desarrollo en la infancia y en la adolescencia, mediante este hay un aumento de conocimientos y habilidades para percibir, pensar, y

comprender. Piaget es un gran exponente con su teoría acerca de las habilidades desarrolladas en cada estadio del desarrollo del pensamiento.

Jean Piaget a lo largo de su carrera encontró que la inteligencia se desarrolla de manera discontinua (pero no mediante cambios inmediatos), poniendo en evidencia cambios cualitativos; el último de ellos aparece entre las edades de 11 a 16 años, pasando desde la inteligencia concreta de la segunda infancia, hasta el “pensamiento formal”. El pensamiento concreto o inteligencia concreta le permite al infante organizar y manipular símbolos mentales que constituyen representaciones de los objetos observados y situaciones cotidianas; mientras que el pensamiento formal le capacita para ir más allá de simplemente representar la realidad inmediata y la información que puede percibir, hasta poder comprender aquello que podría ser pero que no es de hecho; es decir el pensamiento hace la transición de lo real a lo posible.

Algo importante a destacar es que a Piaget no le interesaba tanto lo que el niño conoce si no como piensa en los problemas y en las soluciones; convencido de que el desarrollo cognitivo conlleva a cambios en la capacidad del infante para razonar acerca de su mundo circundante. Por otra parte mientras en la inteligencia concreta se maneja un número limitado de variables, el pensamiento formal puede manejar situaciones en donde se involucran muchas variables y por lo tanto permite construir explicaciones a partir de hipótesis para los sucesos.

A continuación se realiza una descripción breve sobre los esquemas de pensamiento propuestos por Piaget (que constituyen en el programa las competencias científicas a desarrollar en los educandos):

Control de Variables: Un buen diseño experimental supone cambiar una variable al mismo tiempo mientras las otras se mantienen en el mismo valor con el objetivo de poder identificar la relación causa-efecto por eliminación. En su forma más compleja, el control de variables también trata las ideas de muestreo y probabilidad. Las primeras cinco unidades del programa están destinadas a esta competencia.

Clasificación: Esta competencia científica está basada inicialmente en el pensamiento concreto para clasificar objetos en categorías según una propiedad fácilmente identificable a la vista, pero requiere de pensamiento formal apreciar que todo sistema de clasificación es artificial y que su creación depende de la construcción de criterios de clasificación. También

mediante el pensamiento formal se llega a comprender que la clasificación involucra inclusión y exclusión de conjuntos y es parte de una jerarquía.

Razones y Proporcionalidad: las razones básicamente describen relaciones entre dos variables en forma de constantes multiplicativas. La ecuación que describe funcionalmente estas relaciones es $y=mx$. A medida que y aumenta, así lo hace x de modo que m sea constante. La proporcionalidad requiere la comparación entre dos razones; el pensamiento proporcional requiere del manejo de por lo menos 4 variables independientes.

Proporcionalidad Inversa y Equilibrio: implica los conceptos de razones y proporcionalidad, en este caso la fórmula matemática es $yx = m$; a medida que la variable Y crece la variable X debe decrecer proporcionalmente de modo que m sea constante.

En el nivel concreto esta comprensión es cualitativa, ya que un niño puede apreciar que si un bloque de plastilina se aplasta sigue conteniendo la misma cantidad de plastilina, ya que la pérdida en altura se compensó con el aumento en anchura. La expresión matemática de las proporciones requiere de pensamiento formal.

Probabilidad : La probabilidad es un método mediante el cual se obtiene el número de ocurrencias de un acontecimiento determinado realizando experimentos aleatorios, de los que se conocen todos los resultados posibles. Realizar predicciones de tendencias en situaciones donde está presente el azar y la causalidad, requiere del entendimiento del concepto de probabilidad.

Con respecto a lo anterior, la toma de muestras juega un papel muy importante, ya que es la forma de asegurar una “prueba bien diseñada” cuando hay variables aleatorias (cuando las variables son deterministas en las que no interviene el azar, basta el control de variables).

Uso de Modelos Formales para Explicar y predecir: Un modelo es una representación de algo cuyo comportamiento se quiere explicar. Es decir, algo que “hace las veces” de ese algo, sujeto o entidad. Los científicos están familiarizados con la formulación de hipótesis utilizando modelos que construyen de la realidad. Los modelos se usan para explicar y predecir fenómenos, representándose en ellos de cierta forma la realidad.

Al usar modelos abstractos, el pensador entra en un “micromundo” en el que puede relacionar una acción sobre una parte de ese mundo con los efectos y repercusiones sobre otras partes del mundo. Ello requiere por tanto la capacidad de manipular mentalmente sistemas dinámicos.

En relación con lo anterior, a lo largo de la historia varios han sido los estudiosos de la teoría de Piaget que han llevado a cabo múltiples investigaciones basándose en ellas, tal es el caso de (Shayer & Adey, 1981) los cuales intentaron ir un poco más allá y establecer unas categorías aún más detalladas para clasificar las fases de desarrollo cognitivo de los niños a medida que crecen; estos dos autores plantean que en secundaria se encuentra el pensamiento concreto y el pensamiento formal y al mismo tiempo estos pueden dividirse en las subescalas de concreto temprano, concreto avanzado, formal temprano y formal avanzado:

1. Preoperacional: El niño hace uso de símbolos y palabras para pensar. Los problemas son solucionados de forma intuitiva, interioriza como verdadero aquello que perciben sus sentidos. El pensamiento se limita por la rigidez, la centralización, la irreversibilidad, el razonamiento estático y el egocentrismo.

2A. Pensamiento concreto temprano: Es la organización de la realidad mediante las operaciones de seriación, clasificación y conservación. En este nivel solo se establece comparaciones sencillas y elementales; no se estructuran aun las nociones científicas. Las explicaciones intuitivas siguen presentes, dificultad para concretar y relacionar ideas con respecto a fenómenos y objetos observados del mundo real.

2B. Pensamiento concreto Avanzado: La clasificación sigue siendo un modo dominante de categorizar la realidad pero las clases están menos ligadas a una propiedad simple y pueden ser parcialmente ordenadas; se describen relaciones y también se pueden describir las categorías, mas no se construye como tal una explicación formal, adicional a lo anterior en este nivel ya es posible encontrar correspondencia entre dos variables y establecer relaciones lineales entre ellas. Se utiliza con facilidad la noción de reversibilidad; se utiliza la compensación para explicar una conservación donde solo una variable es independiente.

Puede hacer inferencias partiendo de datos que implican una relación constante con números enteros pequeños.

2B / 3A. Transicional: Es el paso hacia la etapa de operaciones formales; se empieza a dotar de fundamento a las explicaciones sin ser este correcto todas las veces, y no se reducen solo a lo descriptivo, empieza a notarse un razonamiento mínimo para deducir relaciones de proporcionalidad. Los alumnos a este nivel ya empiezan a dar indicios de abstracción de información de tablas de datos pero aun sin un razonamiento profundo.

3A. Pensamiento formal Temprano: Es la interpretación indirecta de la realidad por comparación deductiva a partir de un postulado de un sistema con sus propias reglas. En este nivel, el educando por lo general necesita orientación para deducir cómo se comporta un sistema con varias variables. Las deducciones en esta etapa de pensamiento se caracterizan por ser de tipo cualitativo y generalmente inconscientes, es decir sin comprender totalmente lo que está pasando.

3B. Pensamiento Formal Avanzado: Puede deducir activamente un modelo explicativo de manera consciente o ampliar un modelo que se le esté dando, y comparar con modelos alternativos contruidos desde su intuición e interacción con lo cotidiano. Se presenta un razonamiento proporcional más avanzado (se pueden relacionar dos variables independientes entre sí) por lo que el educando puede formular deducciones cuantitativas del modelo y reflexionar sobre las relaciones entre las variables.

Por otra parte, el trabajo **de Lev Vygotsky** proporciona un modelo que se aproxima a la forma de cómo abordar en la enseñanza situaciones que propicien el desarrollo de habilidades propias del pensamiento formal del cual habla la teoría Piagetiana.

Vygotsky estudió la interacción entre personas que aprenden juntas y destacó la importancia de un mediador en el aprendizaje, es decir alguien que estimula dicho aprendizaje haciendo que los estudiantes expresen sus pensamientos en voz alta y se de una relación biunívoca, por medio de la cual se modifiquen ideas de manera recíproca entre los estudiantes.

Esto se da también en las conversaciones que sostienen los alumnos, ya que mediante el dialogo construyen conocimiento acerca de los contenidos al trabajar en equipo. Esto es de suma importancia en el diseño y puesta en marcha del programa, porque implica aprendizaje colaborativo como componente clave del modelo pedagógico del programa (el cual se describirá en apartes posteriores a este).

Vygotsky utiliza el termino Zona de desarrollo próximo (ZPD), para describir la distancia entre el desempeño de un niño determinado por su capacidad de resolver problemas por su cuenta y el nivel de desarrollo potencial determinado por su capacidad de resolverlos con la ayuda de un adulto o en colaboración con compañeros más aventajados para ello.

Dentro de sus planteamientos también habla acerca de la transferencia, como la capacidad de transferir conocimientos a diferentes contextos.

Transferencia Cercana: implica tener la capacidad de usar conocimientos traídos desde atrás, experiencias (por ejemplo diseño de un experimento para controlar variables en el periodo de oscilación de un péndulo), y por ende utilizar los conocimientos adquiridos aquí para otra experiencia como por ejemplo el efecto de un fertilizante sobre el crecimiento de una planta, es decir no se limita a un único contexto para el control de variables.

Transferencia Lejana: Se habla de transferencia lejana si el alumno luego de haber obtenido un aprendizaje sobre el control de variables demostrara mejoría en su pensamiento proporcional. Si este tipo de transferencia se produce, habría razones muy fuertes para suponer que las competencias cognitivas del alumno habrían mejorado en general.

Pasando ahora a otro componente importante del programa como lo es el modelo pedagógico, es importante conocer acerca del rol del docente en el programa y la manera como este se desempeña para promover el desarrollo de habilidades de pensamiento formal

4.3.5. Modelo Pedagógico.

En este programa el rol del profesor consiste en un facilitador que propicia la interacción entre los alumnos y les plantea desafíos cognitivos, esto apoyándose en los planteamientos de Vygotsky. El docente requiere de habilidades sofisticadas de escuchar a los educandos sin emitir juicios negativos, comprendiendo el meollo de las dificultades y respondiendo a ellas con preguntas para que los mismos estudiantes se esfuercen por analizar, reflexionar y finalmente resolver el problema, mas no darles la solución; de igual forma se requiere de habilidades para dirigir la dinámica de grupo, de manera que evoque discusiones y debates entre los alumnos.

El modelo pedagógico del programa se basa en los pilares de la aceleración cognitiva y en la mediación del profesor.

4.3.5.1. *Pilares de la Aceleración Cognitiva.*

Preparación Concreta: es la primera de las etapas abordadas, basta para ello el manejo solo de pensamiento concreto, que los alumnos ya manejan, su propósito es familiarizar al estudiante con el quipo experimental y con el contexto de la situación problemática.

Conflicto Cognitivo: se plantean preguntas que no pueden resolverse con respuestas inmediatas y concretas, pero si afrontarlas en un trabajo grupal luego de la preparación concreta; esto los obliga de cierta forma a ubicar su pensamiento en un nivel más alto. Este es un elemento crucial en cualquier momento del desarrollo cognitivo y del aprendizaje de contenidos. Cuando un alumno percibe evidencias que no se acomodan a sus concepciones previas, se ve forzado a realizar una reestructuración en su manera de pensar, para acomodar en sus estructuras cognitivas la nueva evidencia.

Construcción: una de las metas del programa es poner a los alumnos en situaciones que les fuerzan a construir las competencias; esto se logra de forma más eficaz cuando es un proceso de construcción social; según los planteamientos de Vygotsky, la comprensión aparece primero en el contexto sociocultural que los aprendices comparten e interactúan; hablar sobre ideas nuevas, explorarlas discutiéndolas grupalmente, etc., ayuda a la construcción de conocimiento individual.

Metacognición: es la facultad de tomar conciencia de sus propias conductas cognitivas (por ejemplo de sus estrategias para resolver problemas) y articularlas con su propio lenguaje. Reflexionar mentalmente y en voz alta son los medios principales para desarrollar esta conciencia.

En continuidad con lo antes mencionado, es de vital importancia no solamente conocer la teoría cognitiva y el modelo pedagógico del programa si no también la unidad del programa que es parte fundamental en el trabajo en cuestión, ya que entra a ser el elemento más importante de enseñanza y aprendizaje en el momento en que se articule con la secuencia de actividades propuesta desde este trabajo.

4.4. **Lección 13: Proyección de Sombras (Descripción General).**

Esta unidad contiene actividades de refuerzo para el desarrollo de las ideas de razón y proporcionalidad.

Se presenta la actividad de proyección de sombras que trata la noción de proporcionalidad (comparar dos razones). Esta actividad tiene como fin que el educando encuentre la relación entre el diámetro de un anillo y la distancia anillo-fuente para obtener una única sombra con múltiples anillos sobre una pantalla fija. Esta actividad pone de manifiesto la relación de compensación existente entre variables que se puede enunciar de la siguiente forma: “al ubicar dos anillos de diferente diámetro entre una fuente de luz y una pantalla fija, podemos hacer que sus sombras coincidan situándolos de tal manera que el anillo de menos diámetro este más próximo a la fuente y el de mayor diámetro esté más alejado de la fuente de luz”.

Esta actividad conlleva a que el estudiante construya una regla que cuantifique la relación que se le presenta (proporcionalidad directa), la cual le permitirá realizar predicciones.

Adicional a lo anterior, es pertinente destacar que la secuencia de actividades se articula específicamente a la actividad de proyección de sombras, dicha secuencia se compone de actividades concernientes a algunos aspectos sobre la luz; la actividad (proyección de sombras), se toma del programa y se adapta mediante algunos cambios para articularla con la secuencia de actividades con el propósito de que los alumnos lleguen a un modelo explicativo.

En ese mismo orden de ideas es relevante conocer entonces algunos fundamentos teóricos de la física que sustentan el modelo de rayos al cual se pretende que los educandos lleguen.

4.5. Modelo de Rayos de la Propagación de la Luz.

La luz es una forma de energía que emiten los cuerpos luminosos y que se percibe mediante el sentido de la vista; es un evento físico presente en la cotidianidad y en muchos fenómenos de la naturaleza, la primera teoría aceptada acerca de la luz hacia el siglo XVIII, fue la teoría corpuscular postulada por Isaac Newton, la cual supone que la luz está conformada por partículas materiales a las cuales denominó corpúsculos, que se emiten desde cuerpos luminosos en forma de rayos a gran velocidad siguiendo una trayectoria recta (Serrano, 2013).

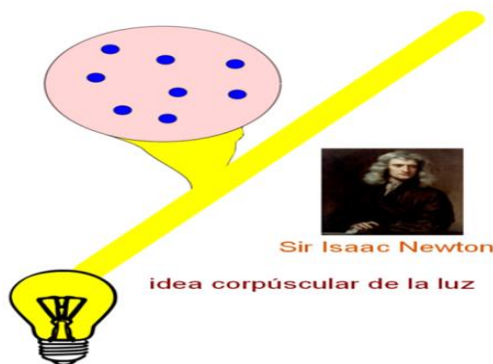


Fig 1. Ilustración de un modelo aproximado a la propagación de la luz en línea recta con respecto a lo propuesto por Newton. Se muestra un bombillo como fuente de luz, y por consiguiente la luz emanando de él en forma de rayo, dicho rayo está formado por muchos corpúsculos luminosos (que son los puntos azules mostrados en el zoom que se realiza en una parte del rayo), viajando en línea recta.

Más tarde hacia el siglo XIX, El físico Christian Huygens (1629-1695.) dedicó sus esfuerzos a elaborar una teoría ondulatoria acerca de la naturaleza de la luz que con el tiempo vendría a ser la gran rival de la teoría corpuscular de su contemporáneo Newton; este personaje aseguraba que la luz no era más que una perturbación ondulatoria, parecida al sonido, y de tipo mecánico pues necesitaba un medio material para viajar. (Serrano, 2013)

Supuso tres hipótesis: a) Todos los puntos de un frente de ondas eran centros emisores de ondas secundarias; b) De todo centro emisor se propagaban ondas en todas direcciones del espacio con velocidad distinta en cada medio; c) Como la luz se propagaba en el vacío y necesitaba un material perfecto sin rozamiento, se supuso que todo el espacio estaba ocupado por éter, que hacía de soporte de las ondas.



Fig.2. Modelo de la Propagación de la luz Propuesto por Huygens. Se muestra un bombillo como fuente de luz y por ende la luz emanando de él en forma de rayo conformado por ondas.

En concordancia con lo anterior, en 1905, la teoría corpuscular fue concluyentemente propuesta por Albert Einstein al explicar el efecto fotoeléctrico. Un corpúsculo luminoso o fotón posee una energía E , relaciona con la frecuencia f y la longitud de onda λ de la onda luminosa por la ecuación de Einstein.

$$E = h \nu = \frac{hc}{\lambda}$$

La ocurrencia de la propagación de la luz se explica por sus propiedades ondularías, mientras que el intercambio de energía entre luz y materia está expreso por sus características corpusculares. Esta dualidad onda-partícula es una propiedad general de la naturaleza. De esta forma, los electrones (y otras “partículas”) propagan como ondas, pero cuando intercambian energía entre ellas o entre otras partículas, lo hacen como corpúsculos (Tipler & Mosca, 2010).

Con respecto a lo anterior, es pertinente retomar algunos elementos presentes en la teoría de Newton, los cuales son de gran relevancia para este trabajo; **la trayectoria recta de la luz** es uno de ellos; dentro de la teoría que Newton postula, se menciona que la luz se propaga en línea recta, ya que los corpúsculos que la componen se mueven a gran velocidad (Serway, 2002). Esto está justificado cuando se observan fenómenos de sombras y penumbras gracias al sol, otra evidencia de esto puede ser el haz de una linterna.

En coherencia con lo anterior, (Campos, 2006) también menciona que “de hecho se infiere las posiciones de los objetos en el ambiente al suponer que la luz se mueve desde el objeto hasta los ojos en trayectorias de líneas rectas” (p. 632).



Fig 3. El modelo de Rayos Asociado al Fenómeno de la Visión. Los rayos de luz provienen de un punto individual de un objeto; se muestra como un pequeño cúmulo de rayos que emanan desde un punto entran a los ojos de una persona.

El otro elemento que toma relevancia es la noción de **rayo luminoso** que no es más que la dirección de propagación de los corpúsculos o partículas, representada por líneas ya sea de

forma imaginaria, o gráfica. En realidad un rayo es una idealización que tiene el propósito de representar un haz de luz muy estrecho.

Un fenómeno bastante ligado al modelo de rayos de la propagación de la luz es la **formación de sombras**, que ocurre cuando un cuerpo opaco situado en la trayectoria de la luz imposibilita que esta se propague y crea una zona oscura denominada sombra; aquella sombra tiene la misma forma y es similar al objeto iluminado y sus límites quedan definidos por las prolongaciones de las rectas formadas por los rayos luminosos que salen del foco y son tangentes al objeto.

Algunas de las ideas alternativas encontradas con respecto a este fenómeno en la enseñanza de las ciencias y que se tienen en cuenta en el posterior diseño de actividades son: no existe claridad acerca del mecanismo de formación de sombra, simplemente se da una explicación basada en la forma del objeto y su sombra; por otra parte se concibe la sombra como un efecto de la luz. (Driver et al., 1999)

Alrededor de la sombra se hace visible también otra zona menos oscura llamada penumbra, la cual es una zona iluminada parcialmente por algunos rayos que emanan de la fuente; esta se forma cuando la fuente de luz es extensa y se sitúa entre la luz y la oscuridad. (Antón, Andrés, & Barrio, 2009)

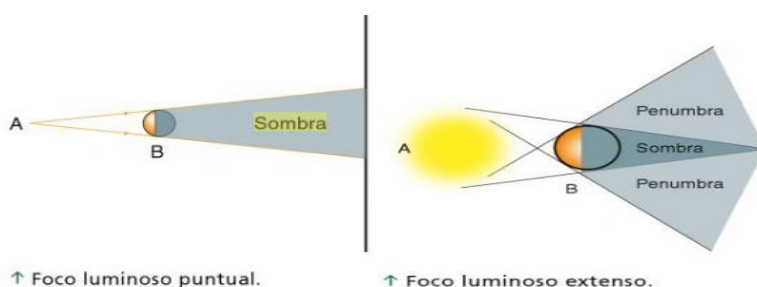


Fig 4. Formación de Sombra y Formación de Penumbra. Cuando se forma solamente sombra esto se debe a que los rayos de luz se están propagando desde una fuente puntual (por ejemplo desde una linterna), por el contrario cuando es una fuente de luz extensa como el sol hay formación no solo de sombra sino también de penumbra.

De acuerdo a todo lo anterior, se asegura entonces certeramente que una de las consecuencias de que la luz viaje en línea recta es la formación de sombras y penumbra (Refolio, Gómez, Moreno, Cejudo, & López, 2009)

La figura anterior parece un poco abstracta pero en realidad es algo muy sencillo con lo que a diario se interactúa en la vida cotidiana, especialmente los infantes cuando juegan a hacer figuras chinescas con sus manos; sin darse cuenta del fenómeno que se está generando.

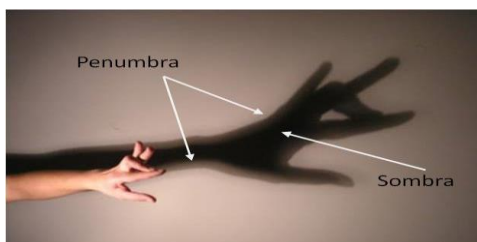


Fig 5. Sombra y Penumbra de figuras chinescas. La zona más oscura es la zona de sombra, y la zona clara rodeando es la penumbra. La mano está obstruyendo la luz que se está propagando en línea recta desde una fuente.

El anterior fenómeno pone en evidencia el modelo de rayos de la propagación de la luz, por lo que desempeña un rol importante en las posteriores actividades que se plantean en este trabajo.

5. Objetivos.

5.1. Objetivo General.

Propiciar el desarrollo cognitivo de los estudiantes de grado décimo y la vez la construcción del modelo de rayos de la propagación de la luz en el marco del programa de desarrollo de competencias científicas "Pensar con la ciencia".

5.2. Objetivos Específicos.

1. Adaptar la unidad 13 del programa pensar con la ciencia, titulada “Proyección de Sombras” construyendo una secuencia didáctica para facilitar la construcción del modelo de rayos de la propagación de la luz en estudiantes de grado 10°, ofreciendo así una oportunidad para desarrollar el pensamiento formal bajo el esquema de modelización teórica.
2. Realizar un pilotaje exploratorio de la secuencia didáctica construida.

6. Metodología.

En este apartado se describe detalladamente el proceso metodológico que se lleva a cabo para el diseño y la ejecución de la secuencia didáctica, se hace énfasis en primera instancia en algunas generalidades acerca de la metodología de diseño ya que la investigación se lleva a cabo mediante dicho tipo de metodología; posterior a ello se encuentra una descripción de aspectos generales tenidos en cuenta para la indagación de preconcepciones acerca de la luz (en la literatura), diseño de las actividades y materiales, pilotaje de actividades, análisis de los datos que se recogen en cada intervención y la evaluación.

6.1. Metodología de Diseño

El presente trabajo se desarrolla mediante la metodología de diseño desde los planteamientos de (Garello, Rinaudo, & Donolo, 2015), y es una metodología esencialmente cualitativa y muy usada en la educación, siendo la más adecuada cuando se pretende investigar y al mismo tiempo intervenir en situaciones educativas en su contexto real de ocurrencia, mediante el diseño de secuencias de actividades o unidades didácticas que permitan generar y al mismo tiempo analizar procesos de construcción y aplicación del conocimiento.

Siguiendo con lo planteado por los tres autores en cuestión, este tipo de estudio hizo su aparición primeramente en la literatura psicológica con el propósito de fortalecer programas de enseñanza y extender la base de conocimientos sobre procesos que involucran el aprendizaje. Las primeras raíces de los experimentos con esta metodología se remontan a estudios llevados a cabo por Piaget, Vigotsky y Dewey, los cuales se interesaron por el pensamiento de los infantes, con el fin de comprender el proceso mediante el cual se aprende y sostienen que al entender cómo se conforma el pensamiento se puede entender la formación del conocimiento.

Los estudios de diseño se caracterizan principalmente por ser:

Teóricos: los diseños se basan en teorías que no son “neutrales”, con respecto a las miradas y a las prácticas. Las teorías justifican, orientan, son útiles para interpretar y contextualizar. Uno de los objetivos de los estudios de diseño consiste en aportar a la teoría y enriquecerla con las evidencias de las investigaciones mediante los resultados y análisis de dichos estudios; aquel proceso conoce como refinamiento progresivo el cual conlleva desarrollar teorías más fortalecidas y mejor fundamentadas, y diseños más acertados según las metas.

Transformacionales e intervencionistas: en los estudios de diseños la intervención está dirigida a transformar de alguna forma el ambiente educativo, pretendiendo alcanzar objetivos educacionales difíciles de obtener. El carácter transformacional se contrapone a las tradicionales investigaciones educativas que solo adoptan un carácter descriptivo.

Respecto lo que tiene que ver con los procesos educativos se pueden hacer cambios en torno al currículo, métodos de enseñanza, los procesos de cognición, las aplicaciones tecnológicas, entre otros. Mediante los cambios implementados en las intervenciones los estudios de diseño generan productos o recursos que se pueden volver a utilizar en posteriores ocasiones.

Orientados por Metas: los diseños para mejorar la enseñanza y comprender los procesos psicológicos se orientan siguiendo unas metas específicas que se justifican explícitamente teniendo como base investigaciones hechas previamente, pero a su vez dicha intervención puede tener elementos innovadores.

En su Mayoría Iterativos: es decir la ejecución del diseño en períodos continuos de recolección de datos con su respectivo análisis, teniendo en cuenta factores de contexto que benefician o inhiben la efectividad de la intervención. Una de las finalidades de la dimensión iterativa es realizar permanentemente mejoras o enriquecimientos al diseño lo cual puede durar varias semanas, meses o años.

Metodológicamente inclusivos y flexibles: cualquier enfoque utilizado para la obtención de datos puede ser idóneo siempre y cuando los investigadores logren aportar criterios suficientes para justificar su uso; no obstante lo primordial en este tipo de metodología es la recolección y análisis cualitativo de datos. Aunque algunas veces y menor cantidad también aparecen estudios de corte cuantitativo y mixto.

Pragmáticos: se refiere principalmente a la valoración de conocimiento intuitivo y a la consideración de todos los actores participantes en el estudio, para lo que debe promoverse una participación con enfoque cooperativo y el desarrollo de capacidades.

Por otra parte es importante tener también presente que un diseño nunca es del todo específico ya que en su puesta en marcha surgen otros modos de enfocar una o varias ideas.

En relación con lo anterior los estudios de diseño generalmente se desarrollan en tres etapas:

1. Preparación del diseño: se puntualizan criterios que orientarán las decisiones del diseño e implica definir objetivos de aprendizaje, descripción de puntos de partida, definición de intenciones teóricas del experimento y llevar a cabo el diseño que debería llevar a la consecución de las metas proyectadas.
2. Implementación: se desarrolla una secuencia de carácter iterativo en microciclos de diseño y de igual manera de microciclos de análisis de dicho diseño.
3. Análisis retrospectivo: luego de finalizar la ejecución se debe realizar un análisis de los datos recogidos en las actividades anteriores confrontándolos con la teoría construida durante la preparación del diseño.

En consonancia con lo anterior la investigación que se lleva a cabo en este trabajo de grado constituye un estudio exploratorio acerca de la posibilidad de hacer confluír el desarrollo cognitivo con el desarrollo conceptual en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, el cual se realiza con características y fases similares a las descritas anteriormente donde se integran aportes también desde otras fuentes de la didáctica de las ciencias que se describirán en líneas posteriores.

Por otra parte la investigación llevada a cabo promueve la actividad experimental mediante situaciones que van propiciando un afianzamiento con algunas cuestiones sobre la luz, en donde el autor de este trabajo entra a intervenir en momentos para provocar una aceleración cognitiva mediante la mediación.

6.2. Preconcepciones

Como punto de partida, antes del diseño se lleva a cabo una revisión de literatura en donde se hallan las principales dificultades de aprendizaje, con respecto a algunas nociones que involucran la luz, tomadas de los trabajos de (Driver et al., 1999) y (Gagliardi et al., 2006). (Ver el capítulo 8 perteneciente al planteamiento del problema en la página 7 y el capítulo 2 de antecedentes en la página 8.)

Diseño de Actividades para la Intervención y Materiales

Para el diseño de las respectivas actividades se tienen en cuenta las preconcepciones o dificultades de aprendizaje encontradas así como también se toman en cuenta las características de los procesos de intervención del programa “pensar con la ciencia” y en consonancia con ello

algunos planteamientos de Piaget (estadios, esquemas de pensamiento formal) y Vygotsky (Zona de desarrollo próximo, interacción social).

Es importante mencionar que para el diseño de la secuencia de actividades se sigue la metodología planteada por (Valcárcel & Sánchez, 1993), que es una metodología de diseño planteada desde la didáctica de las ciencias; estos dividen el diseño en las etapas de análisis científico, análisis didáctico, estrategias didácticas, y selección de estrategias de evaluación.

Con respecto al **Análisis Científico**, estos dos autores aseguran que la organización de los contenidos es uno de los fines principales en la secuencia didáctica y debe hacer referencia a un marco teórico o esquema conceptual, por lo que se definen unos contenidos sobre el objeto de estudio, los cuales se relacionan entre sí. Aquellos contenidos (que en este trabajo son las nociones básicas sobre la luz: fuentes de luz, noción de rayo, trayectoria de la luz, importancia del medio en la percepción de los rayos de luz, formación de sombras, proporcionalidad entre sombras, y finalmente el modelo de rayos) fueron elegidos teniendo en cuenta el nivel cognitivo en el que se encontraban los educandos al igual su edad y grado de escolaridad, adicional a ello se tuvo en cuenta que dichos contenidos de alguna manera permitieran realizar una exploración inicial, es decir que de entrada evocaran en los estudiantes interrogantes como: ¿qué está ocurriendo?, ¿qué es?; de igual forma constituyó una preocupación fundamental que aquellos contenidos llevaran a la interpretación y generación de explicaciones: ¿Por qué es así? ¿Por qué ocurre de este modo y no de otro?.

En concordancia con lo anterior, teniendo en cuenta que en la investigación en cuestión se proponen 6 actividades, de las cuales 4 de ellas son de carácter experimental; se delimitaron unos procedimientos científicos que relacionan habilidades básicas propias de la experimentación como: observar, clasificar, medir, predecir y comunicar a lo largo de toda la secuencia de actividades y en orden respectivo en el que se mencionan. Cada procedimiento de cada actividad relaciona dichas habilidades y constituyen elementos potenciadores de la competencia científica de modelización teórica que pretende desarrollar (ver procedimientos en anexos página 107)

Los contenidos se detallan específicamente en la figura 6 de la página 56, los recuadros de color verde son los contenidos de las actividades, el orden en el que se abordan en la secuencia está representado por las flechas que van de izquierda a derecha y los recuadros de color naranja

representan las cuestiones que se tratan con respecto a dichos contenidos; y las flechas en orden descendente además de representar una relación también significan el orden jerárquico en que se desarrolla cada aspecto concerniente a un determinado contenido. Es importante destacar que la estructura con las preguntas exploratorias y de generación e interpretación de explicaciones se detallan puntualmente en cada actividad de la secuencia didáctica (ver secuencia didáctica en anexos página 107)

En relación con lo anterior, y centrándose en el **Análisis Didáctico**, la población con la cual se trabaja en esta investigación son estudiantes de grado decimo; se diseñan actividades que se adecuan al nivel cognitivo que han desarrollado hasta las edades que poseen (estadio sensorio motor: nacimiento hasta los 2 años; estadio pre operacional: 2 a 7 años; estadio de las operaciones concretas: 7 a 11 años;) en las cuales ya se encuentran en la etapa de las operaciones formales que va de los 12 años en adelante (Piaget, 1982). Es importante destacar también que el análisis didáctico para la edificación de la secuencia de actividades tiene en cuenta las preconcepciones acerca de la luz encontradas en la literatura mencionadas en el aparte 6.2.

Los contenidos fueron sometidos a tratamiento de contextualización, ya que debe tenerse en cuenta las exigencias cognitivas de estos, por lo que no se pueden presentar a los estudiantes como los presenta la ciencia dura, cada contenido científico del presente trabajo se somete a un análisis mediante el cual se depuran en un 90% las cuestiones relacionadas con teoremas, formulas, demostraciones, y demás procedimientos numéricos sistemáticos que impliquen un concomimiento formal profundo en matemáticas y física, y en contraste con ello aquellas nociones se centran más en la observación e interacción con el fenómeno, por lo que se vuelve a reiterar que la practica experimental es un pilar fundamental en la presente investigación ya que mediante esta se puede presentar los fenómenos a los educandos de una forma más informal, enfatizando en su ocurrencia en la vida cotidiana y que a partir de la interacción con dicha ocurrencia se pueda llegue a conjeturas o a explicaciones.

De acuerdo a los aspectos tenidos en cuenta en el análisis científico y en el análisis didáctico, el diseño de actividades se direcciona hacia el desarrollo de la competencia científica de modelos formales que requiere de un pensamiento formal avanzado.

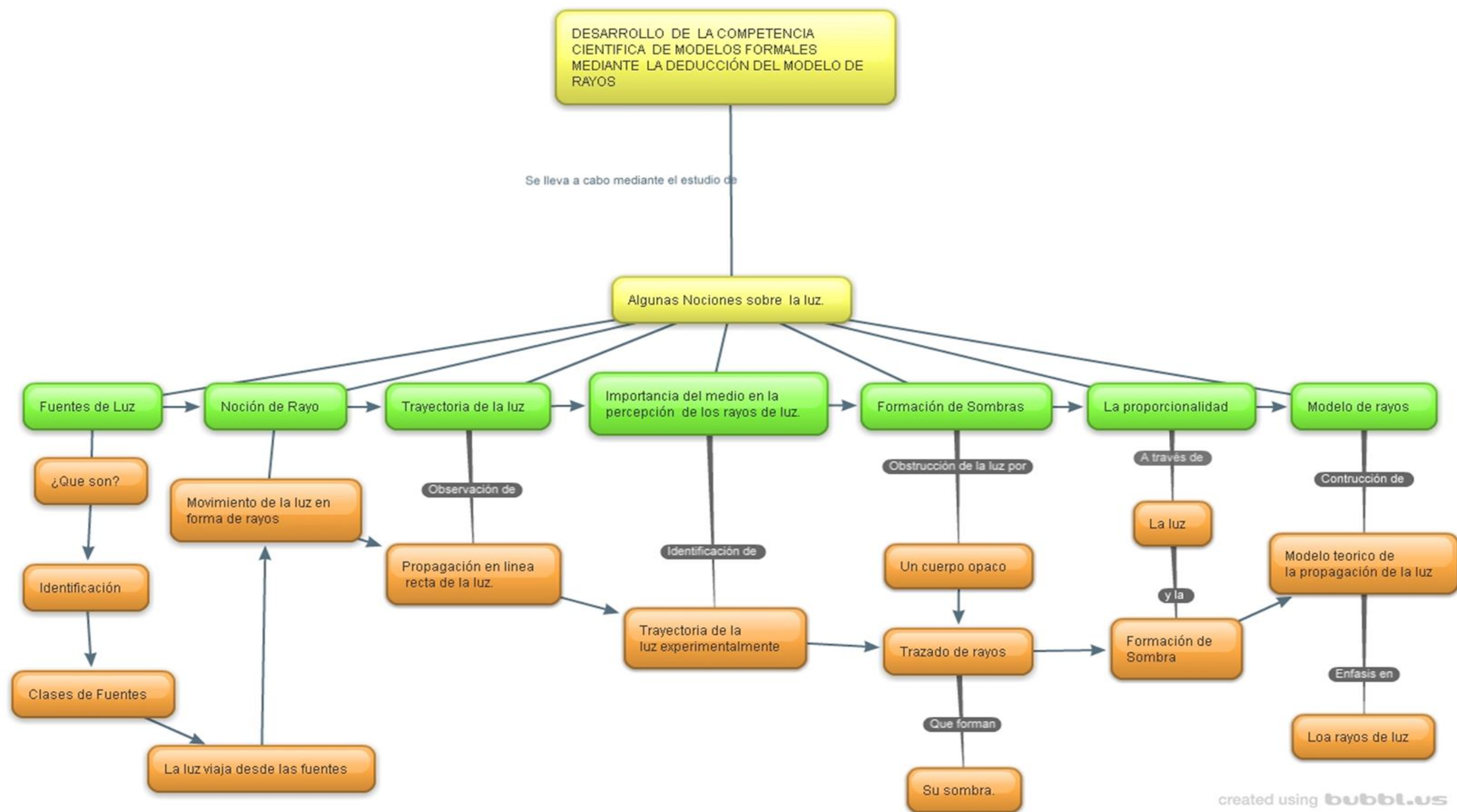


Fig 6. Esquema Conceptual de Contenidos Abordados en la secuencia de Actividades.

Otro aspecto relevante es que el diseño se elabora de tal manera que cada actividad vaya exigiendo a medida que se avanza, un nivel más avanzado de pensamiento mediante la creación de desafíos cognitivos en las hojas de trabajo y en los momentos en que el profesor medie (para conocer en detalle el diseño completo de las actividades dirigirse a la sección de anexos).

Por otra parte en cuanto a las **Estrategias didácticas**, en la secuencia de enseñanza se distribuye el contenido con respecto al esquema conceptual de la secuencia de actividades, es decir esta muestra cual es el camino seguido; en el esquema conceptual los cuadros de color naranja con sus respectivas flechas indican la secuencia seguida.

Tal y como se mencionaba en apartes anteriores se realizan también unos programas guías por actividad para el docente, para su diseño se tiene en cuenta incluir aspectos generales que den idea al profesor sobre lo que trata la actividad, algunos fundamentos teóricos muy generales (en algunos casos) y los objetivos de la actividad, de igual manera se incluyen también recomendaciones y orientaciones a cerca de aquellos momentos en que es necesario que el profesor intervenga con el fin de potenciar la aceleración cognitiva en los alumnos en algunas de las actividades de la secuencia. En los programas de cada actividad se incluye los materiales requeridos en cada práctica experimental para que con antelación sean solicitados a los alumnos.

Por otra parte, para el diseño de las hojas de trabajo se tiene principalmente en cuenta incluir elementos que den una idea clara de la ejecución de las actividades, tales como los materiales, el procedimiento, notas y pistas. Un aspecto importante a resaltar es que estas hojas dan apertura en varias de las actividades a situaciones de puestas en común, debates, charlas, etc, que en su mayoría son provocados por desafíos cognitivos.

Una vez habiendo tenido todo lo anterior se pasa al diseño de la secuencia a partir de los contenidos de enseñanza teniendo en cuenta el modelo pedagógico que utiliza el programa pensar con la ciencia basado en las teorías de Piaget y Vygotsky (descritas en la página 34 en el subapartado 4.3.4.).

6.3. Pilotaje de Actividades

El pilotaje consiste en la aplicación de las actividades, a una muestra de 14 estudiantes de una institución educativa de Santiago de Cali ubicada en la comuna 15 al oriente de la ciudad, dentro de la zona conocida como el distrito de agua blanca, más exactamente en la calle 72Z #28F-11; dicha institución cuenta aproximadamente con 375 estudiantes que viven en barrios aledaños a la institución, es un sector bastante vulnerable a la violencia por lo que la institución se enfrenta a algunos problemas de consumo de sustancias psicoactivas, porte de armas blancas, embarazos tempranos, entre otros. El trabajo se llevó a cabo con estudiantes de grado decimo cuyas edades oscilan entre los 15 y los 18 años.

Habiendo puntualizado acerca de los aspectos contextuales, sobre la institución y la población con la que se llevó a cabo el pilotaje de actividades, es pertinente pasar a destacar algunas generalidades sobre las actividades y la forma de trabajo establecida para la ejecución de estas.

En cuanto a la forma de trabajo por parte de los estudiantes se conforma desde el inicio del proceso cuatro grupos de los cuales dos están integrados por 4 estudiantes y los otros dos conformados por 3 estudiantes, al final del proceso la metodología de trabajo cambia a individual con el fin de identificar aquellos estudiantes que consiguieron el desarrollo de un pensamiento formal y por ende la competencia científica de modelización teórica.

En relación con lo anterior, se diseñan dos actividades iniciales con el fin de que los estudiantes deduzcan a manera general que la luz se propaga en línea recta en forma de rayos que describen la dirección de propagación. Posterior a ello se diseña una actividad en donde la formación de sombras se justifica desde aquella propagación en línea recta de la luz; esta actividad constituye el puente que articula la secuencia de actividades con la lección 13 del programa; en la cual mediante la actividad experimental propuesta se pone de manifiesto la competencia científica de proporcionalidad como trampolín para llegar a la competencia de modelos formales (competencia científica de modelización teórica) o a su aproximación en una actividad posterior en donde se concreta todo lo aprendido en las anteriores.

Se diseña una actividad adicional que tiene un carácter más cuantitativo, en la que a partir de la idea de rayo que deducen en la actividad anterior, definen la posición de los aros a partir de dos rayos de luz, en dicha actividad se debe realizar un razonamiento acerca de qué pasa con

la sombra (en términos de la propagación de la luz) si se ubican en otra posición. También se involucran otros aspectos vistos en actividades pasadas como la proporcionalidad (razón entre diámetro y distancia de los aros a la fuente de luz); todo lo anterior para llegar a conclusiones generales.

Por otra parte, para efectos de este trabajo, es pertinente aclarar que el pilotaje no se realiza con un grupo control y un grupo experimental, motivo por el cual no se hace una prueba de hipótesis estadística. En estudios futuros que se interesen por los temas aquí tratados, y tengan el objetivo de hacer un análisis detallado en donde se mida exhaustivamente la dupla desarrollo cognitivo-enseñanza de una noción científica, efectivamente lo más factible será trabajar con un grupo control y un grupo experimental para probar una hipótesis en una muestra escogida aleatoriamente y realizar una generalización, pero para efectos de este estudio no.

6.4. Análisis de las Hojas de Trabajo Recogidas en cada Intervención y Evaluación.

Para corroborar si realmente las actividades logran sus objetivos, y de igual forma corroborar si su articulación con la lección 13 logra estimular en los educandos el desarrollo de la competencia de modelos formales, se tiene en cuenta el contenido de las hojas de trabajo (actividades), así como también la observación de su proceso en el aula; es decir el análisis correspondiente al trabajo en grupos y a sus construcciones individuales.

Al final de cada actividad se realizan dos o tres preguntas evaluativas de forma individual para ser recogidas por el docente investigador del trabajo en cuestión para su respectivo análisis y confrontarlo con el trabajo desarrollado por los alumnos. Dichas preguntas se basan en los siguientes criterios:

Actividad 1.

La luz proviene de fuentes que la emiten y se clasifican en naturales y artificiales.

La luz es una entidad que viaja en el espacio en línea recta.

Un rayo luminoso es la dirección de propagación de la luz.

Actividad 2.

La trayectoria de la luz es evidenciable dependiendo de algunas características del medio.

Actividad 3.

Una sombra se forma cuando un objeto opaco obstruye la trayectoria de los rayos de luz y no permite que una parte de aquellos rayos se siga propagando, formándose una zona oscura.

Actividad 4.

En un evento, acontecimiento o fenómeno a medida que una variable aumenta la otra puede disminuir o incluso también aumentar (proporcionalidad).

En un evento, acontecimiento o fenómeno la disminución de una variable puede verse compensada en el aumento de otra, y viceversa (compensación).

Actividad 5.

La formación de una sola sombra (de la superposición de sombras) se justifica en el hecho de que la luz se propaga en línea recta desde una fuente mediante rayos representados por líneas, ubicando los aros en una posición especial según su diámetro y distancia.

Aclaración con Respecto a la Actividad Extra:

La actividad extra, como su mismo nombre lo expresa es una actividad adicional de conexiones, propuesta después de terminar las actividades que conforman la secuencia didáctica, con el fin de comprobar que tan diestros quedaron los estudiantes con el modelo de rayos de la propagación de la luz, mediante una situación de razonamiento que exige un nivel de pensamiento formal más avanzado que la actividad anterior en la cual deducen el modelo de rayos. Es importante resaltar que dicha actividad es para los estudiantes más aventajados, por lo tanto no se pretende que todos logren resolverla y comprenderla en su totalidad.

De igual manera es importante aclarar que esta actividad no tiene el apartado de “Comprobemos lo Aprendido” como las demás actividades de la secuencia, ya que la actividad en si misma se diseña a modo evaluativo situándola en un contexto diferente con el propósito de constatar que estudiantes son capaces de trasladar el modelo teórico a otra situación y de esta

manera corroborar realmente quienes desarrollaron la competencia científica de modelización teórica.

Por otro lado es importante mencionar que para las actividades grupales se realiza un análisis general destacando el proceso que van siguiendo los grupos y se incluyen algunos resultados obtenidos directamente de las plenarias y discusiones, de igual manera se analizan las hojas de trabajo y se establece que grupos cumplen los objetivos o algunos de ellos, destacando las causas y de igual modo las dificultades que tuvieron y se les clasifica en un nivel de pensamiento.

La actividad 5 y la actividad extra se llevan a cabo de forma individual y son las que determinan que estudiantes mediante el estímulo de su zona de desarrollo proximal en los trabajos en grupo lograron desarrollar la competencia científica de modelización teórica. Para estas dos actividades se establecen categorías de análisis.

Para el análisis exhaustivo de los resultados estos se dividen en dos apartados, en el primero los grupos se clasifican en una de las escalas de pensamiento propuestas por (shayer & Adey, 1981), y en el segundo apartado se hace una clasificación del tipo de pensamiento alcanzado individualmente por estudiantes.

7. Resultados y Análisis.

Como bien se mencionaba en el apartado de la metodología los resultados de este trabajo apuntan más hacia lo cualitativo, por lo cual se realiza una descripción en detalle de los datos obtenidos en las hojas de trabajo, así como también en algunas discusiones y plenarias en donde interviene el maestro con el fin de propiciar aceleración cognitiva. Primero se presentan los resultados obtenidos mediante interacción social (actividades de contextualización en grupo en que los alumnos sostenían dialogo con sus pares y con el docente), después de esto se presentan los datos que se obtienen de la actividad 5 y la actividad extra, aquellas actividades no requerían de interacción social ya que mediante estas últimas los educandos construyen y ponen en práctica el modelo de rayos de la propagación de la luz en línea recta.

7.1. Resultados de las Actividades de Contextualización, y Preparación que Apuntan Hacia el Desarrollo de la Competencia Científica de Modelización Teórica

7.1.1. Actividad 1: Explorando la Luz y su Presencia en la Vida.

La primera parte de esta sesión comprendió lo concerniente al origen de la luz buscando que los educandos reflexionaran acerca de que la luz proviene de fuentes que se dividen en dos clases y que a menudo están presentes en su cotidianidad, el segundo aspecto importante que se aborda es el “¿cómo llega la luz desde dichas fuentes?” como pretexto para llegar a la deducción de que la luz se propaga de forma rectilínea y así mismo que esta presenta una direccionalidad, con el fin de introducir la noción de rayo. Dicha actividad tuvo por objetivos:

- Comprender la proveniencia desde una fuente ya sea natural o artificial.
- Deducir a manera general que la luz se propaga en línea recta.
- Tener una primera aproximación a la propagación de la luz en forma de rayos.
- Crear un desafío cognitivo con ayuda de un texto refutacional expositivo con el fin de desarraigar la falsa creencia de que la luz es un efecto instantáneo.
- Potenciar la interacción social como pilar fundamental para el aprendizaje.

La primera pregunta de dicha actividad indagaba acerca de ¿qué es una fuente de luz?; solo el grupo 1 y el grupo 3 pudieron acercarse un poco a ello, aunque sus respuestas no fueron del todo correctas:

Grupo 1: “Es lo que permite propagar luz a un espacio o superficie”.

Grupo 3: “Es un generador de ondas que provoca una iluminación”.

Los educandos de alguna manera eran conscientes de la existencia de fuentes de luz pero desconocen su significado, su clasificación y diversidad, solo reconocían como fuente al sol y algunos artefactos tecnológicos como linterna y celular por lo que mediante una plenaria realizada acerca de animales, minerales, objetos y artefactos tecnológicos que emiten luz y en la cual hubo una participación activa de los grupos de trabajo y docente, quedó claro mediante situaciones cotidianas lo que es una fuente de luz y su clasificación en naturales y artificiales.



Fig 7. Plenaria Acerca del Significado de Fuente de Luz y sus Clases.

En un segundo momento de la sesión teniendo en cuenta aquella dificultad de aprendizaje descrita por (Driver et al., 1999) acerca de que se concibe la luz como un efecto instantáneo y no como una entidad que viaja en el espacio, se debatió el hecho de si la luz es o no un efecto instantáneo, planteando un conflicto cognitivo mediante situaciones cotidianas en donde la luz estaba presente, para lo que efectivamente todos los grupos excepto el grupo 3 le atribuyeron aquella instantaneidad a la luz. El grupo 3 en su respuesta deja ver una concepción clara de que la luz viaja ya que afirman que está llena un espacio a una determinada velocidad por lo que no es perceptible a la visión.

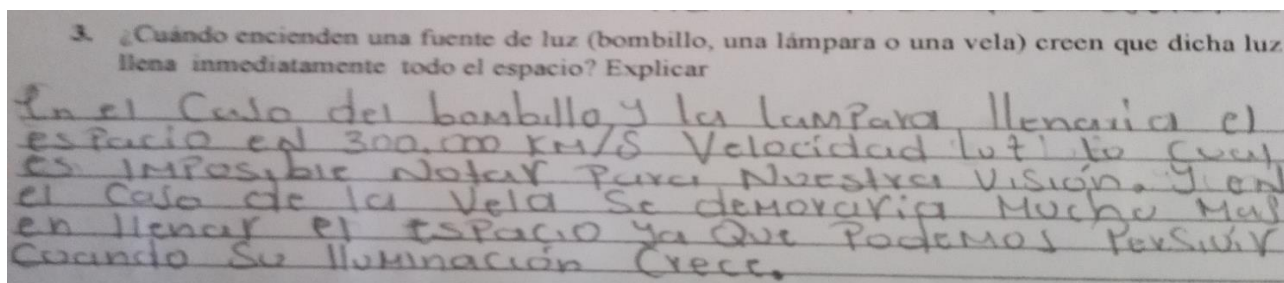


Fig 8. Respuesta grupo 3 acerca de la “instantaneidad” de la luz.

Con el fin de generar un desafío cognitivo frente a esto se les presentó a los educandos un texto refutacional expositivo que también les generó conflicto y de cierta forma hubo un mediano cambio conceptual. Lo anterior se pudo evidenciar en las dos preguntas restantes que completaban toda la actividad y en la evaluación, ya que en las ilustraciones dadas en la pregunta numero 2 representaron mediante su intuición la dirección o trayectoria que sigue la luz desde su fuente hasta los objetos y personas que allí aparecen.

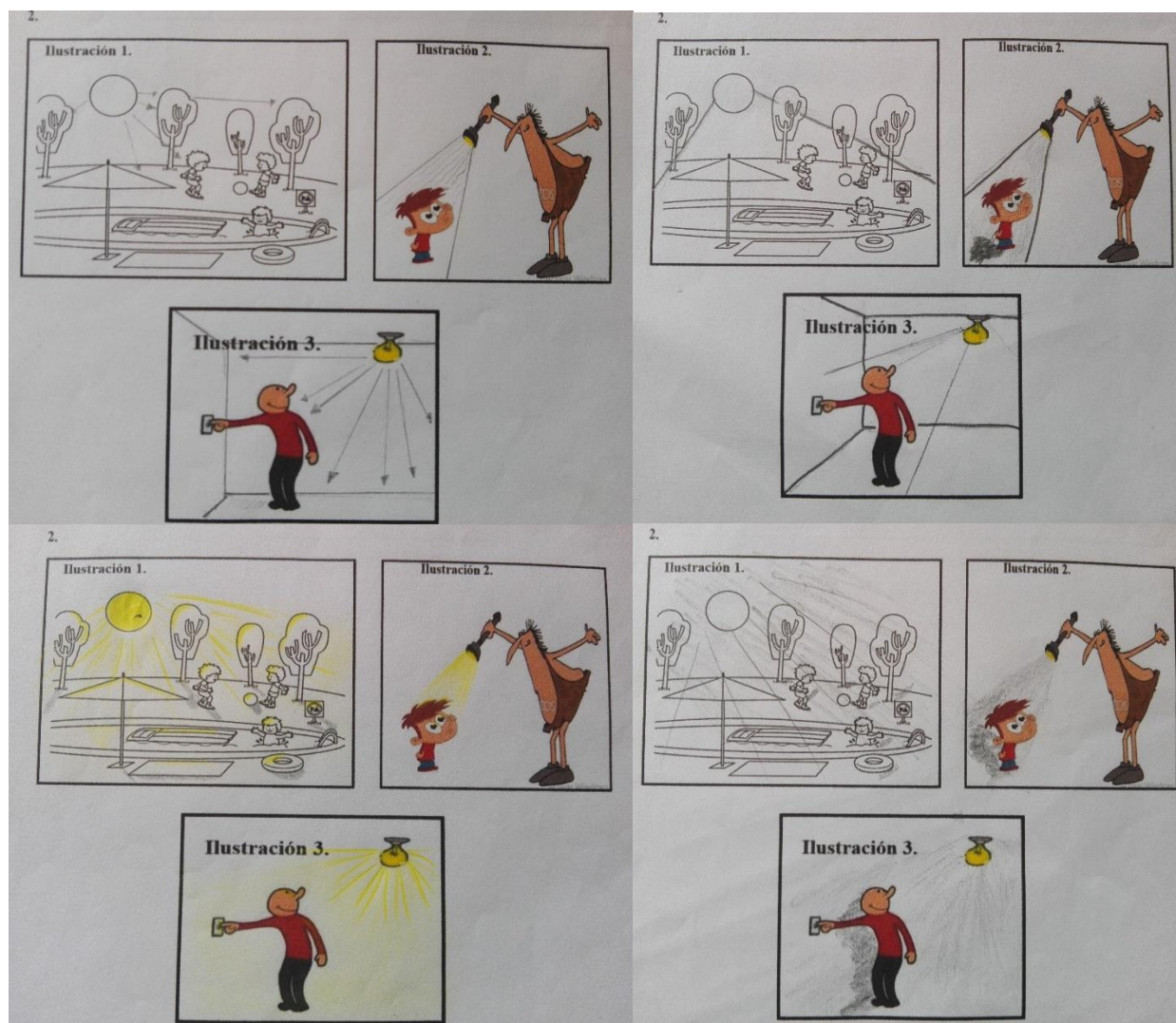


Fig 9. Representación de los grupos 1, 2, 3 y 4 respectivamente acerca de la dirección que sigue la luz para llegar a los objetos y personas que aparecen en las ilustraciones (después de una discusión acerca del texto refutacional).

El grupo 2 presentó una peculiaridad en su representación: tratan de representar la trayectoria que siguen los rayos hasta los objetos y personas solo mediante dos rayos principales, queriendo con ello mostrar uno de los aspectos que se trataron en el primer dialogo con el profesor cuando

se llegó a la conclusión de que la luz del día proveniente del sol que permite ver, está formada por miles de rayos de luz, pero no son perceptibles a la vista, lo único perceptible es un gran haz de luz.

Al representar la luz viajando desde su fuente hasta los objetos o personas los alumnos tuvieron un primer acercamiento a la propagación de la luz en línea recta. Es pertinente aclarar que el hecho de que los educandos representen la trayectoria o viaje que sigue la luz desde una fuente hasta los objetos no significa que necesariamente tengan aún construido en sus mentes un modelo acerca de la propagación de la luz en línea recta pero lo que se puede asegurar es que si los educandos están empezando utilizar una representación con rayos es porque de alguna forma en su mente ya está la idea de “luz-entidad en el espacio” (Driver et al., 1999)

Aunque el grupo 4 no hizo una representación de rayos como tal sino de un gran haz de luz que se esparcía desde la fuente sobre los objetos y personas presentes en las ilustraciones, por lo menos ilustraron que la luz va desde la fuente hacia los objetos o personas, es decir de algún modo ya eran conscientes de que esta viaja; en esta parte de la actividad aún no importaba que representaran los rayos de luz. Por su parte el grupo 1 representó aquella forma en que la luz llega desde las fuentes como rayos y adicional a ello le atribuyó direccionalidad a los rayos, es decir los representaron como flechas, de esto se puede afirmar que tienen una idea de que los rayos dibujados como líneas representan la dirección de propagación de la luz.

Otro aspecto importante que se pudo observar en esta parte es que los grupos 2, 3 y 4 en algunas de las ilustraciones representaron la sombra de algunos objetos y personas; esto de cierta forma constituyó una ventaja para la actividad número tres que tiene que ver con el mecanismo de formación de sombra, ya que se nota que de alguna forma están asociando la propagación de la luz en línea recta a la formación de una zona oscura por la obstrucción que hace una persona o un objeto en su trayectoria.

Todos los grupos excepto el 4 coincidieron en la pregunta número 5 en que aquellas direcciones de luz que dibujaron reciben el nombre de rayos de luz.

Pasando ahora a las dos preguntas evaluativas que se realizaron al final de la actividad de manera individual, en la primera pregunta todos excepto un estudiante afirmaron mediante una frase para completar que la luz llega desde una fuente que puede ser natural o artificial, en la

respuesta de la estudiante que no pudo llegar a aquella premisa se puede notar que tiene una confusión entre la clasificación de las fuentes de luz y la perceptibilidad de la luz; ya que asocia fuente con rayos y los tipos de fuentes con la instantaneidad de la luz.

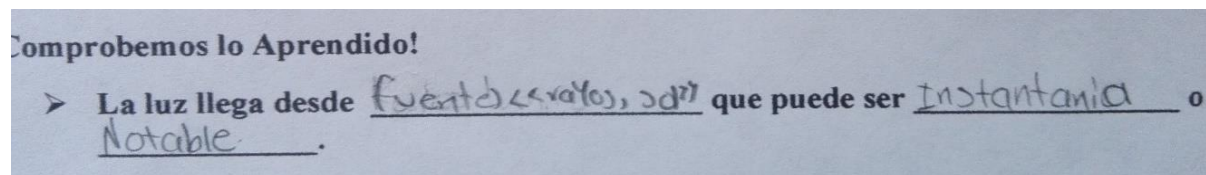


Fig 10. Respuesta de estudiante en la que se notan confusiones acerca de la procedencia de la luz desde una fuente y su clasificación en natural y artificial.

La segunda pregunta fue contextualizada desde una situación; solo 6 estudiantes se aproximaron a una explicación en donde relacionaron e integraron algunos elementos tratados durante la actividad como la proveniencia de la luz desde una fuentes, y que desde ella provenían los rayos de luz que los dos personajes de la situación pudieron percibir en los pequeños orificios de la vegetación arbórea densa del bosque. De esos 6 estudiantes solo 2 clasificaron la fuentes de luz en natural, tres de ellos especificaron que los rayos seguían una trayectoria rectilínea. Otro aspecto importante a destacar es que uno de los 6 estudiantes en mención aclaró en su explicación que los rayos de luz eran perceptibles en esa situación porque los pequeños espacios de la vegetación arbórea ayudaban a separar la luz en sus rayos y por ende a percibirlos; relacionando de esta manera lo dialogado en uno de los debates acerca de que los rayos de luz no siempre eran perceptibles a los sentidos.

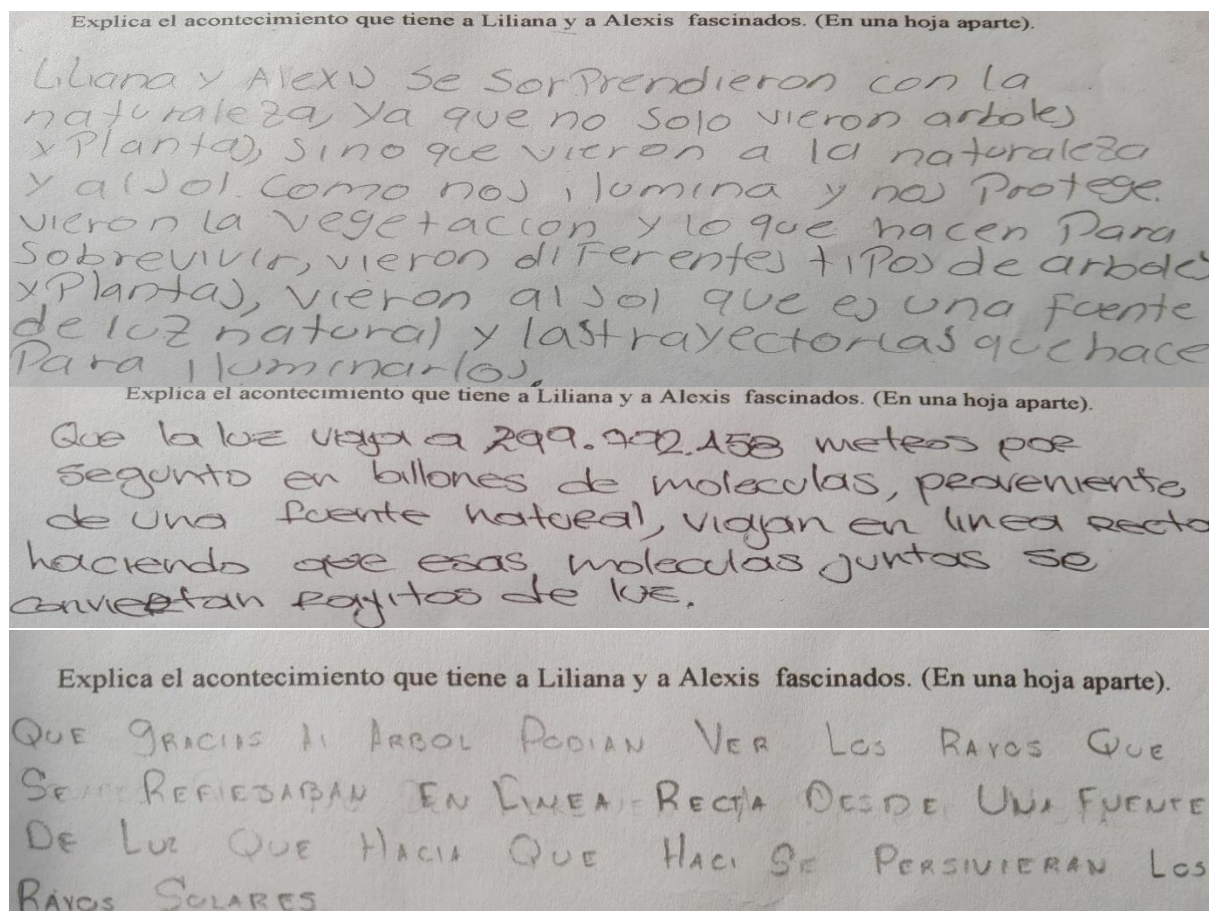


Fig 11. Respuestas de tres estudiantes pertenecientes a los 6 que se aproximaron a una explicación.

Los otros 8 estudiantes restantes que completan la muestra de 14, aun no tienen claridad de que la luz viaja en línea recta desde una fuente de luz que puede ser natural o artificial en forma de rayos.

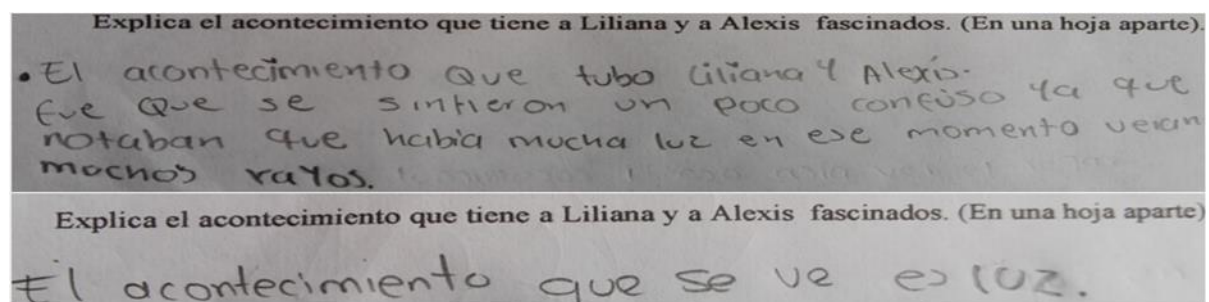


Fig. 12. Respuestas de dos de los 8 estudiantes que no logran concretar una explicación integrando elementos construidos durante el trabajo en grupo y las plenarias.

Es importante anotar que esto pasa cuando se les pone a analizar una situación y deben extraer los elementos que en ella se encuentran y que fueron tratados en las actividades, organizar sus ideas e intentar condensar todo y realizar una explicación. Lo que no sucedió en

la primera pregunta de la frase para completar ya que esta se trataba solo de colocar palabras. Tal vez el conflicto cognitivo planteado en la plenaria y el conflicto que les creó el texto refutacional no fue suficiente para desarraigar totalmente de sus estructuras cognitivas la idea de efecto instantáneo de la luz.

7.1.2. Actividad 2: ¡Experimentemos para Observar la Trayectoria de la Luz!

En continuidad con la actividad 1, es importante que para que se diera el proceso de acomodación de las nuevas ideas en las estructuras cognitivas de los educandos acerca de que la luz se propaga en línea recta, adicional al texto refutacional de la actividad pasada, estos también pudieran evidenciar la ocurrencia de dicho fenómeno; por lo que esta actividad giró en torno a dos vivencias experimentales en las cuales se pudo observar e interactuar fácilmente con la propagación rectilínea de la luz en forma de rayos. Los objetivos propuestos para la actividad fueron:

- Realizar dos prácticas experimentales donde se evidencie la propagación rectilínea que siguen los rayos de luz.
- Comprender que la percepción de la propagación rectilínea de la luz depende en gran medida del medio en el que se esté propagando.
- Propiciar mediante aceleración cognitiva en los educandos la construcción de una explicación acerca de la forma en que se propaga la luz.

La actividad dio inicio con la exploración por parte de los estudiantes con un láser por grupo de trabajo, haciéndolo incidir en diferentes partes del salón y objetos (pared, tablero, techo, cuadernos, hacia afuera, etc) se sometió a cuestionamiento el hecho de que los cuatro grupos afirmaran que cuando se hizo incidir el láser en la pared se observó solo un punto, mas no la trayectoria que seguía, mediante dos interrogantes en una plenaria que se realizó posteriormente: ¿El hecho de que no se esté evidenciando la trayectoria que está siguiendo la luz del láser significa entonces que no está habiendo propagación rectilínea de la luz?, ¿cuáles son las razones por las que no es observable la forma en que viaja la luz desde la fuente (laser) hasta los objetos donde apuntaste?

Los grupos 1,2 y 3 realizaron algunas afirmaciones como: “*puede que haya una trayectoria mas no se puede ver*”, o “*que va en línea recta pero no se propaga*”, pero eran incapaces de justificarlo con causas.

El anterior conflicto sirvió para despertar más la curiosidad de los educandos y ser un abrebocas para la actividad experimental que consistió en observar la propagación de la luz en línea recta.

En el segundo momento de la clase se llevó a cabo un primer experimento en el que los estudiantes mediante la suspensión de polvo de tiza en el aire generaron un medio propicio para que la trayectoria de la luz proveniente de los laser fuera evidenciable, y por consiguiente estos sacaran sus propias conclusiones mediante observación acerca de las razones por las cuales en aquella situación experimental si fue observable el camino que seguía la luz desde su fuente. Después de lo anterior se pasó a realizar otra vivencia experimental en donde se generó otro medio para evidenciar la propagación de la luz en línea recta; el medio fue agua-leche contenida en un vaso de cristal; se pudo observar la luz propagándose a través de aquel medio. En sus anotaciones acerca de lo que observaron todos los grupos coincidieron en que el polvo de tiza hacia posible ver la propagación de la luz.



Fig 13. Experimentos realizados para observar la trayectoria en línea recta de la luz.

Luego de lo anterior en una discusión los educandos expresaron diferencias entre la primera situación y las dos situaciones experimentales basados en sus observaciones:

“en la primera pues no había lo necesario para que se pudiera observar la dirección que seguía la luz, es decir por ejemplo si aquí estuviéramos a oscuras sería perceptible la trayectoria que sigue la luz” (integrantes grupo 3).

“cuando iniciamos no había ese elemento que nos permitía ver aquella propagación de la luz, en cambio por ejemplo en la situación en que utilizamos un elemento que fue el polvito de la tiza hizo que se pudiera ver ese movimiento de la luz” (integrantes grupo 4).

De igual forma en las respuestas plasmadas en las hojas de trabajo antes de iniciar la discusión todos los grupos le atribuyeron protagonismo al polvo de tiza y al agua-leche como condicionantes del que se pueda ver o no la propagación en línea recta de la luz, de estos tres grupos dos de ellos fueron más específicos mostrando una mayor comprensión en sus respuestas, ya que específicamente expresaban la idea de que es necesario un medio para que la trayectoria en línea recta de la luz pueda ser observable. El grupo 2 se aproxima un poco a la idea anterior pero simplemente mencionaban que al vaso con agua se le vertió leche y a la almohadilla polvo, pero no aclaran a que conlleva tales hechos. De manera general se puede afirmar que los estudiantes le atribuyen cierta importancia al medio, ya que justifican que la trayectoria fue visible cuando se agregaron las partículas de polvo de tiza al medio circundante y cuando se agregaron algunas gotas de leche al agua; aunque hay que realizar la salvedad de que todos se quedan en un nivel más descriptivo que explicativo. Por otro lado tres de los 4 grupos llegaron a la conclusión específica de que la luz viaja en línea recta y que aquel viaje o propagación es visible dependiendo del medio en el que se esté propagando (naturaleza del medio).

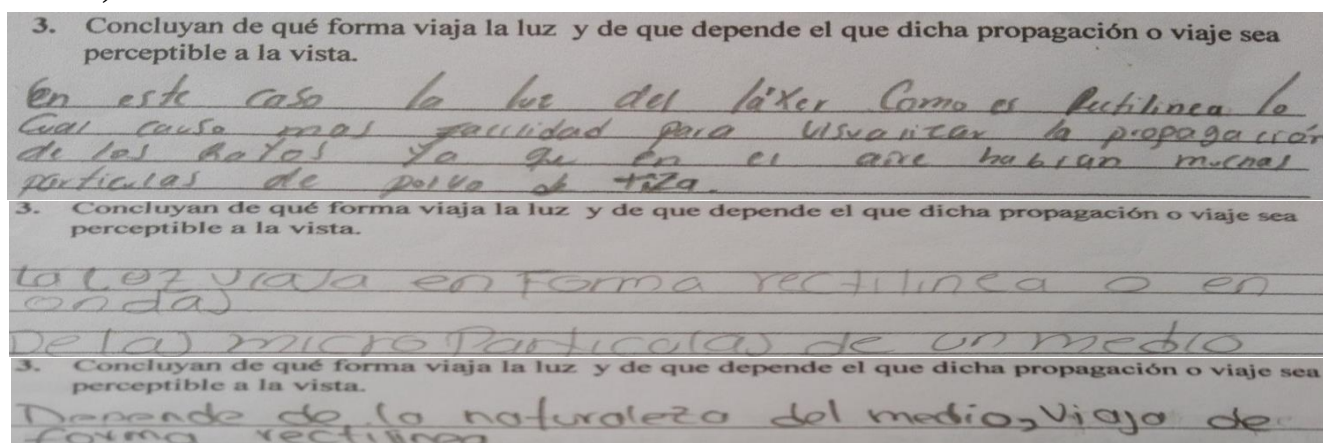


Fig 14. Recortes de respuestas de los grupos 3, 4 y 1, respectivamente acerca de lo que concluyeron, se puede notar que dos de los grupos fueron más allá y hablaron de partículas en el medio mediante las cuales la luz se propaga.

El grupo 2 aunque expresa en su conclusión que la luz viaja de manera rectilínea, no logran aun vislumbrar el protagonismo de las partículas de tiza.

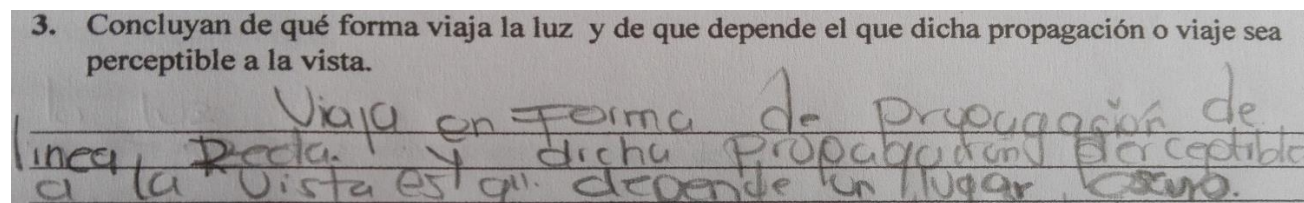


Fig 15. Conclusión del grupo 2.

Según su conclusión la oscuridad es la causante del que la trayectoria de los rayos de luz pueda ser evidenciable, no tienen claro que además de condiciones de oscuridad también existen otras formas de percibir la trayectoria en línea recta dependiendo del medio (por ejemplo un medio con muchas partículas de polvo o coloides como los dos experimentos llevados a cabo). Por más de que evidenciaron el fenómeno en el experimento al parecer siguen presentes algunos obstáculos epistemológicos que no permiten que haya paso hacia sus estructuras cognitivas por parte las nuevas ideas que surgieron en las practicas experimentales.

Por ultimo con respecto a la pregunta evaluativa contextualizada desde 4 situaciones en donde están implicados la naturaleza del medio y la propagación rectilínea de la luz, 8 de los 14 estudiantes expresan en general que en algunas de las situaciones la trayectoria de la luz es visible gracias al medio en el que se está propagando (situación 2, situación 3), y en otras situaciones (situación 1, situación 4) no es visible aquel camino que sigue la luz ya que las condiciones del medio no lo permiten. Cinco de los 8 estudiantes en mención realizaron una explicación de un nivel más alto con respecto a las situaciones, ya que además de expresar lo anterior uno de ellos incluyó en su explicación el hecho de que en las situaciones 1 y 4 los rayos de luz no son perceptibles porque son miles y se juntan hasta formar un gran todo de luz (un gran haz de luz) que ilumina y permite la visión; Otros dos estudiantes construyeron una explicación muy parecida, y clara en donde se notaba también un nivel de pensamiento más alto, en las cuales nombraban que la naturaleza del medio juega un papel importante en el que se pueda observar o no la trayectoria, en algunas situaciones no es observable porque la luz del día presente no lo permite (acercándose un poco también a los factores por los cuales los miles de rayos provenientes del sol no son fácilmente identificables).

Cinco estudiantes diferentes a los 8 mencionados anteriormente intentaron aproximarse a una explicación pero no lo consiguieron, algunos se lo siguen atribuyendo al hecho de que debe necesariamente haber oscuridad para que la luz se observara propagándose lo cual no es del todo falso pero esta no es la única razón o explicación, adicional a ello también presentaban aún algunas confusiones que no permitían que organizaran bien sus ideas y que por ende construyeran de manera coherente una explicación, también contribuyó el hecho de que notoriamente en algunos casos hubo una mala comprensión de lectura de las situaciones.

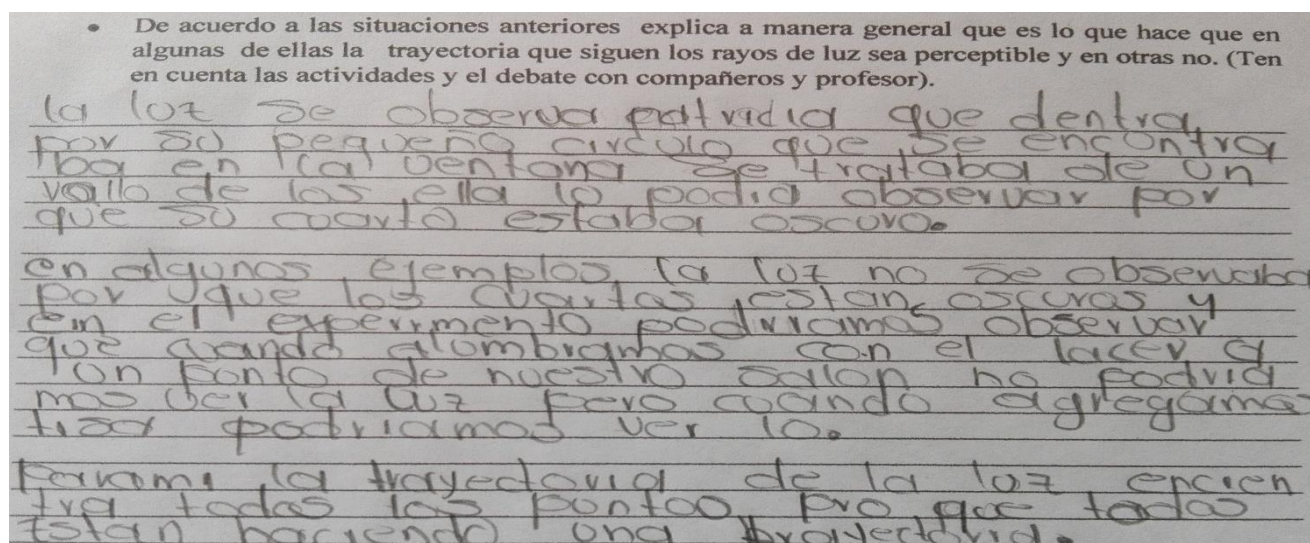


Fig 16. Respuesta de uno de los estudiantes que por confusiones y falta de organización de sus ideas no logró condensarlas en una explicación.

Se puede afirmar a modo general que hubo una comprensión del cómo se propaga la luz, la diferencia entre las explicaciones de los alumnos está marcada cuando se intenta explicar integrando la naturaleza del medio, algunos de los 5 estudiantes en mención ni si quiera tocaron aquella parte de las partículas de polvo o coloides de leche para indicar que la luz viaja a través de ellos, y otros como el de la imagen anterior intento incluirlo pero no logro concretar sus ideas.

Lo anterior puede deberse además de algunas causas ya descritas a que estos educandos aún se encuentran con un nivel de pensamiento concreto que aún no permite que lleven a cabo la construcción de una explicación hilando aspectos y elementos evidenciados en situaciones experimentales y sometidos a cuestionamiento en conflictos cognitivos.

7.1.3. Actividad 3: Las Sombras.

Esta actividad consistió en evidenciar e interactuar con el mecanismo de formación de sombra mediante una práctica experimental en la cual se iluminó un monigote con una linterna para generar su sombra en la pared, y mediante las preconcepciones que los estudiantes poseían acerca de este fenómeno integradas con las evidencias del experimento pudieran llevar a cabo un proceso de transformación de dichas preconcepciones, terminando por justificar la formación de sombras desde la obstrucción de la trayectoria de la luz; teniendo en cuenta lo anterior se tarazaron las siguientes metas :

- Llevar a cabo una vivencia experimental donde se evidencie el mecanismo de formación de sombras.
- Atribuir una explicación a la formación de sombras desde la propagación rectilínea de la luz.
- Promover un nivel de pensamiento más avanzado en los estudiantes mediante un primer acercamiento a la construcción del modelo de rayos.
- Fomentar la discusión entre estudiantes y entre profesor-estudiantes como estrategia de aprendizaje.

La sesión dio inicio con el experimento nombrado anteriormente:



Fig 17. Practica experimental sobre la formación de sombras.

En las observaciones iniciales plasmadas en las hojas de trabajo todos los cuatro grupos coinciden en que lo que se forma es una sombra, exceptuando al grupo 4 en el cual de entrada se pudo identificar una concepcion erronea muy tipica acerca de lo que es una sombra, ya que en su observación aseguran “vimos la imagen del monigote”, con respecto a ello se tiene que gran

mayoría de veces las sombras son pensadas por parte de los estudiantes como una imagen o como algo que pertenece a un objeto (Galili & Hazan, 2000).

Adicional a lo anterior, todos los grupos basaron sus observaciones en lo que pasaba cuando la sombra se alejaba o se acercaba a la fuente de luz, siendo esto un buen adelanto para la próxima actividad sobre proporcionalidad entre sombras, pero alejándose un poco de los objetivos de la presente actividad.

En relación con lo anterior, en otra pregunta de la actividad acerca del cómo creían los educandos que se había formado aquello que observaron en la pared, todos los grupos concordaron en que hay una parte de los rayos de luz que no pasa por el monigote, es decir obstruye la propagación de la luz; es de resaltar que el grupo 1 incluyó en su explicación el hecho de que la luz pasa por el contorno del objeto, pero en la última parte de su intento de explicación fallaron ya que mencionaron que lo que se formaba en la pared era el contorno del objeto; pero es de resaltar que pudieron construir un modelo bastante aproximado al mecanismo de formación de sombra en sus mentes.

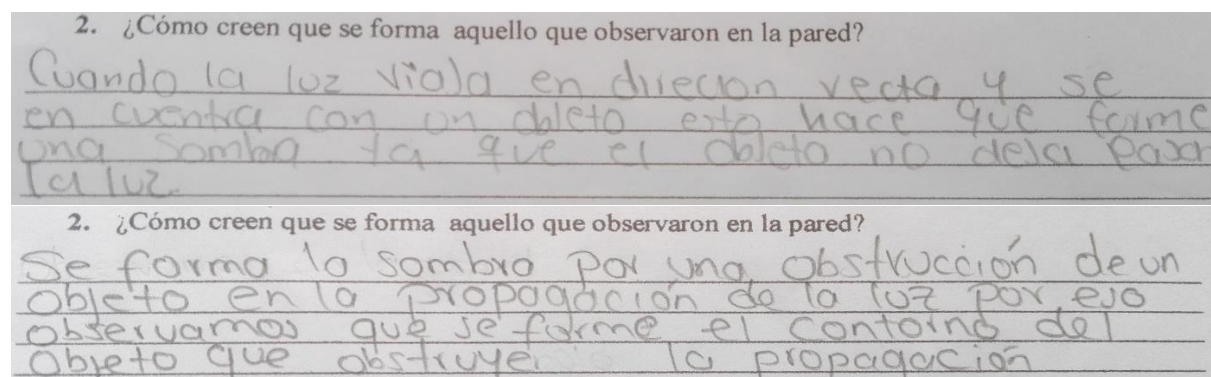


Fig 18. Dos de las respuestas dadas por los grupos acerca de la formación de sombra.

Otro grupo (grupo 3), fue capaz de trasladarlo a la cotidianidad describiendo que cuando está haciendo sol y una persona sale a la calle y se “atraviesa” en la trayectoria de la luz, tapa el paso de esta y “las otras trayectorias” (el grupo aclaró en la puesta en común que al decir trayectorias se refieren a los rayos) pasan por los bordes de la persona hasta formar la sombra. De cierta manera la explicación de este grupo también denota un nivel de pensamiento más avanzado.

Posteriormente se realizó una discusión en la cual se retomaron algunos aspectos de la práctica experimental llevada a cabo, de igual forma en dicha discusión se les planteó a los estudiantes a manera de desafío cognitivo una pregunta que indagaba acerca de que pasaría si se cambiaba el cuerpo opaco por uno transparente; el grupo 3 ante ello opinó que en aquel caso “ya no se

formaría sombra por que ya los rayos que se quedaban en el cuerpo del muñequito también pasarían hasta la pared junto con los otros que pasan por los lados del muñequito”.

Corroborando así la comprensión del fenómeno mediante la experimentación llevada a cabo; otro grupo respondió *“la transparencia no es importante por que todo tiene sombra, lo cual evidencia que aún no tiene claro la parte del mecanismo de formación de sombra en que la luz llega desde la fuente a un cuerpo opaco y pese a sus características de opaco no deja pasar toda la luz.*



Fig 19. Discusión realizada después del experimento de formación de sombra.

Situándose ahora en la última parte de la actividad, en un esquema se dio una fuente de luz (linterna), un monigote y su sombra, con estos elementos los estudiantes debían representar de manera individual el paso de los rayos de luz correctamente por el monigote hasta formar su sombra, es decir una representación de la vivencia experimental llevada a cabo. Diez estudiantes representaron rayos de luz propagándose desde la fuente (linterna), pasando por el monigote, hasta formar su sombra, pero de aquellos diez solo 6 realizaron una representación aproximada a la forma en que los rayos de luz pasan por los límites de un objeto opaco para formar la zona oscura denominada sombra, trazaron por lo menos tres rayos de forma correcta, es decir haciendo que pasaran por los límites y a la misma vez coincidieran con la trayectoria que traían desde la fuente de luz, representando de esta forma también la parte de luz que no alcanza a pasar por los límites del monigote.

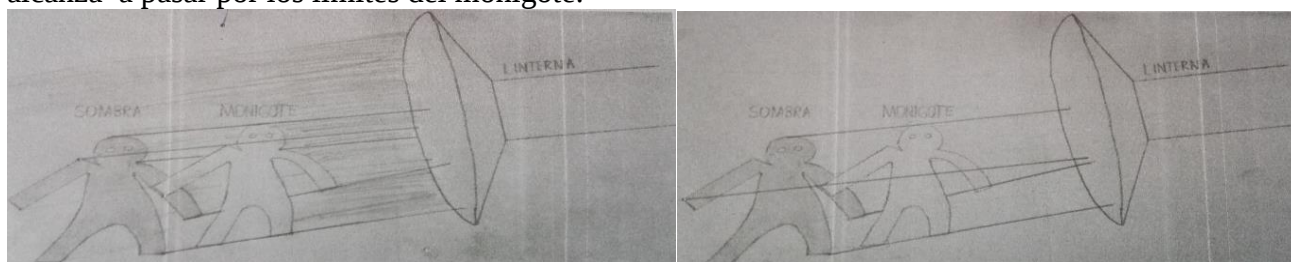


Fig 20. Representaciones de dos de los 6 estudiantes que tuvieron éxito en el trazado de rayos para la representación de la formación de sombra.

Con las explicaciones que la mayoría de los educandos dieron acerca del como creían que se formaba lo que observaron y con las representaciones descritas anteriormente se puede afirmar que a manera general hubo una comprensión del mecanismo de formación de sombra involucrando la propagación de la luz en línea recta, por lo que se concuerda con (Blizak, Chafiqi, & Kendil, 2009) cuando afirman que “Hay una necesidad para ver la luz como una entidad en el espacio por ser capaz de dar una explicación de la formación de sombras” (p.2).

Los otros 4 estudiantes de los diez en mención, en su representación dejaban pasar varios de los rayos a través del monigote lo que significa que tienen claro que los rayos vienen desde la fuente y deben pasar por un objeto para que se forme su sombra pero aún presentan confusión en el hecho de que los rayos que pasan estrictamente por el contorno o límites del objeto opaco y llegan hasta la pantalla (en este caso la pared) son los que ayudan a formar la sombra junto con los otros rayos obstruidos por el monigote que forman la zona oscura, es decir en su representación pareciese que tomaran el monigote como un objeto transparente por donde alcanzan a pasar todos los rayos que se están propagando en forma rectilínea.

Los otros cuatro estudiantes que no clasificaron dentro de los 10 no hicieron una representación gráfica coherente es decir los rayos no pasaban por los contornos del monigote y algunos rayos no se representaban propagándose desde la fuente de luz; estos estudiantes aun presentan confusiones en el fenómeno de formación de sombra, más específicamente en como es el paso de los rayos a través del monigote; esto se debe a que aún no se le está dando un protagonismo a los rayos de luz para que forme la sombra, es decir se le atribuye esa formación de sombra a una propiedad del objeto (monigote) o de la superficie (pantalla) donde se está formando.

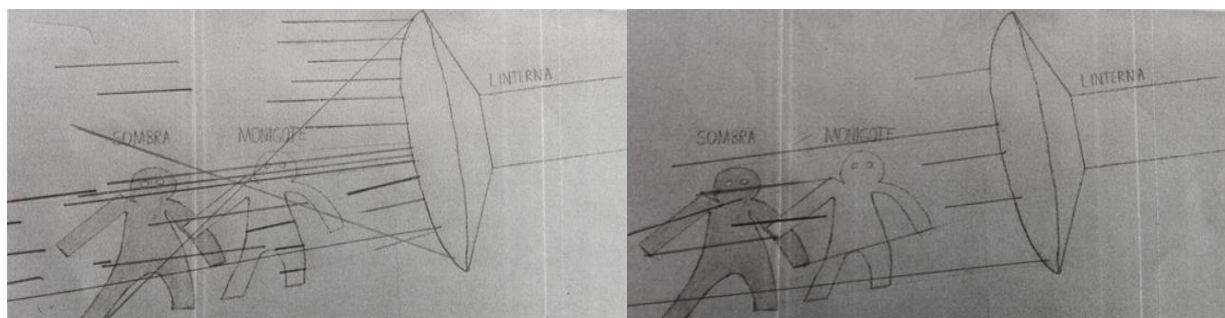


Fig 21. Recorte de dos de los 4 estudiantes que no realizaron una representación coherente del paso de los rayos por el monigote para formar la sombra.

Ahora bien con respecto a la pregunta evaluativa después de terminar la actividad, de los 14 estudiantes siete lograron construir una explicación acerca del mecanismo de formación de

sombra relacionando en ella los términos: luz, opaco, transparente, rayos, propagación, sombra, fuente de luz, zona oscura.

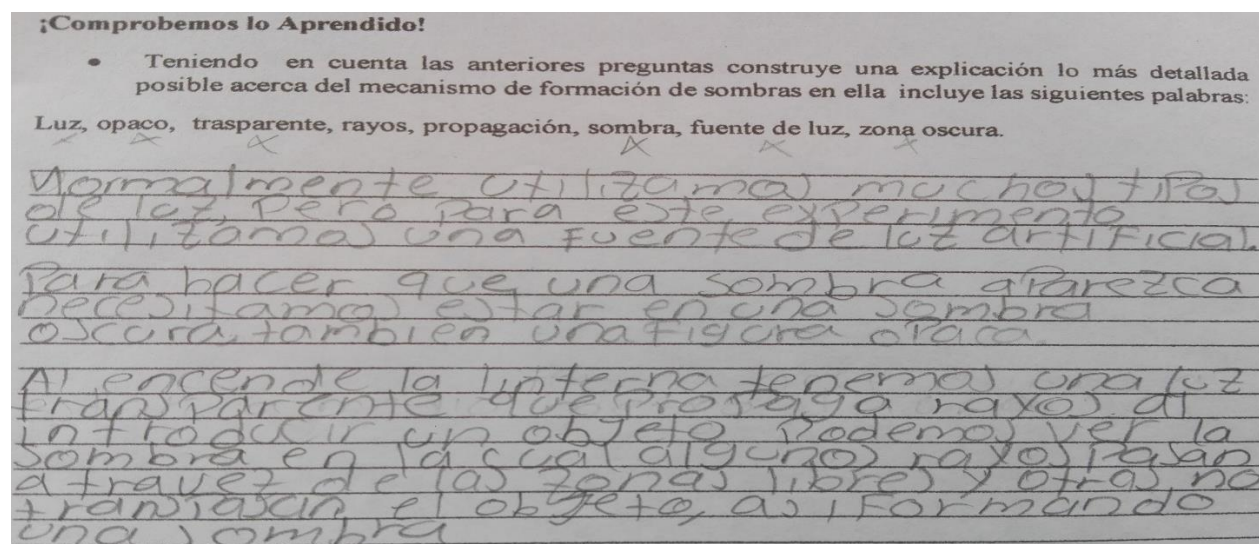


Fig 22. Respuesta de uno de los siete estudiantes que lograron acercarse a una explicación del mecanismo de formación de sombra.

Los otros siete estudiantes, aunque de cierta forma tienen idea del mecanismo de formación de sombra, en sus explicaciones se pudo notar algunas dificultades que no permitieron la deducción clara de aquel mecanismo, dentro de aquellas dificultades se encuentra el hecho de que justifican la sombra formada solo por los rayos que pasan por el contorno olvidando que el objeto es opaco y que por ende en él se queda una parte de los rayos de luz, algunos alumnos ni siquiera incluyen esto último y se limitan a afirmar directamente que se forma una sombra porque la luz esta viajando en línea recta desde una fuente; no obstante con ello cuando se les pone la situación de un objeto transparente les causa bastante conflicto y terminan por decir que un objeto transparente no permitiría que los rayos se propaguen sin caer en cuenta que efectivamente si se propagarían a través de él y no habría formación de sombra; aquel conflicto se pudo deber también a que aún existe en algunos una confusión entre objeto opaco y objeto transparente.

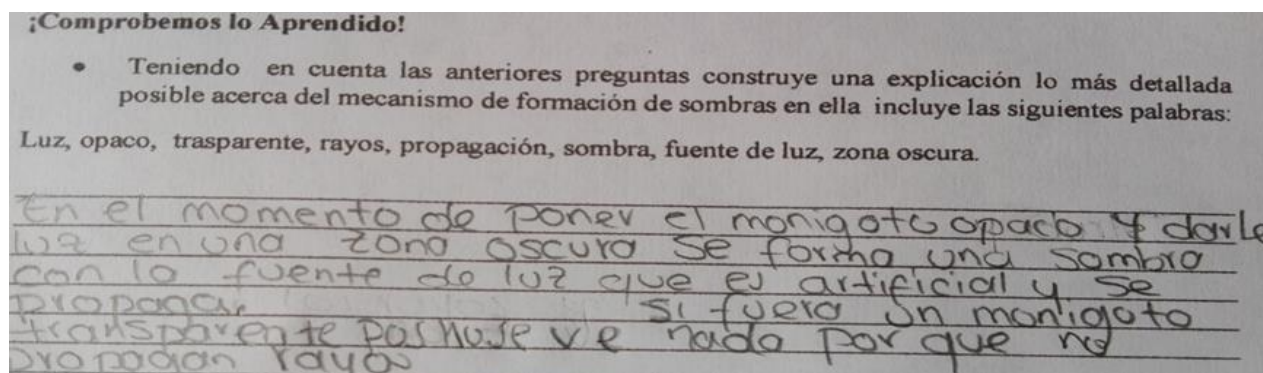


Fig 23. Respuesta de uno de los siete estudiantes que por confusiones no pudo deducir de manera completa del mecanismo.

7.1.4. Actividad 4: Proyección de Sombras (desde una perspectiva de la proporcionalidad). Adaptada del programa “Pensar con la Ciencia”.

Esta actividad pretende que a partir de una situación problema, que da apertura a una práctica experimental relacionada con las sombras, el estudiante encuentre la relación entre el diámetro de un anillo y la longitud anillo- fuente para obtener una sola sombra con varios anillos sobre una pantalla fija. Se ejemplifica la relación de compensación entre variables mediante la ubicación de los anillos cerca o retirados de la fuente de luz y de la pantalla para observar que pasa con el diámetro de las sombras. Esta actividad fue adaptada del programa de desarrollo de competencias científicas “Pensar con la Ciencia”, con el fin de ser un trampolín que ayude al desarrollo de la competencia científica de modelización teórica ya que relaciona varios aspectos tratados en las tres actividades anteriores y adicional a ello exige un nivel de pensamiento bastante considerable porque relaciona también la competencia científica de proporcionalidad como herramienta eficaz que potencia el razonamiento en los educandos. Los objetivos propuestos para llevar a cabo esta actividad fueron:

- Encontrar la relación entre el diámetro de un anillo y la distancia entre anillo y fuente de luz y entre anillo y pantalla para obtener una sola sombra con varios anillos sobre una pantalla fija.
- Suscitar implícitamente mediante el estudio de las sombras, la competencia científica de proporcionalidad en los educandos.
- Dotar a los estudiantes de los últimos elementos claves para el desarrollo de la competencia científica de modelización teórica en la próxima actividad.

La actividad se dividió en cuatro secciones, en la sección a) a partir de la observación sobre lo que pasaba con el diámetro de las sombras de los anillos a medida que se iba cambiando el anillo por uno de mayor diámetro, solo el grupo 1 pudo aproximarse al establecimiento de una relación al afirmar que el diámetro de la sombra aumenta conforme aumenta el diámetro de los aros.



Fig. 24. Estudiantes analizando y discutiendo acerca del tamaño de la sombra con respecto al tamaño del aro.

El grupo 4 cayó en una contradicción ya que afirmaban que no había una relación, pero en su justificación mencionaban que el tamaño iba aumentando, pero se lo atribuyeron a la posición en que ponían los aros mas no a la variación del diámetro de los aros, adelantándose este grupo un poco a la sección b) con dicha explicación. Los grupos 2 y 3 no lograron establecer inicialmente relación alguna, en el grupo 2 se pudo deber a que no realizaron las mediciones del diámetro de las sombras y en el grupo 3 no lograron deducir que lo que se debía llevar a cabo era una comparación entre el diámetro de los anillos y el diámetro de las sombras; lo anterior se debió a que ninguno de los dos grupos realizó una interpretación de la tabla donde plasmaron los diámetros medidos de la sombra de los anillos.

Para la sección b) todos los grupos coincidieron en sus predicciones acerca de que el tamaño de la sombra disminuye cuando los aros se sitúan más cerca de la pantalla y que aumenta cuando se sitúan más alejados de ella. Después de discutir en grupo su predicción y posteriormente comprobarla encendiendo el bombillo y situando uno o dos de los aros, los grupos 1 y 2 pudieron llegar a la conclusión de que el diámetro de la sombra (algunos lo expresaban como tamaño de la sombra) aumenta si se acerca a la fuente de luz y disminuye si se aleja de esta y se acerca a la pantalla.

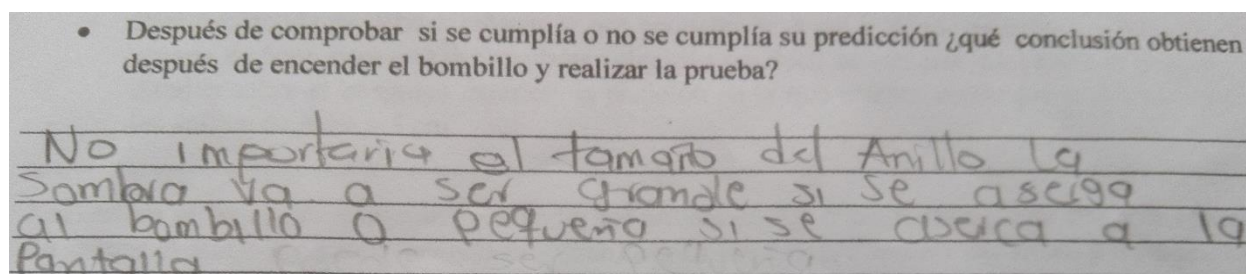


Fig 25. Respuesta de los integrantes del grupo 1.

El grupo 3 tuvo una confusión que les hizo afirmar al final de su conclusión que “*el tamaño de la sombra disminuye al irse alejando de la pantalla*”; esto evidentemente se dio por descuido de los educandos, porque en sus predicciones antes de encender el bombillo afirmaron que la sombra es más pequeña a medida que se acerca a la pantalla, por lo que lo más probable es que si tengan clara la relación pero al concluir hubo una confusión o una simple distracción al momento de redactar. A pesar de que las predicciones del grupo 4 sin prender el bombillo fueron acertadas no establecieron ninguna conclusión, esto puede ser debido a que este grupo no pudo deducir la compensación que se daba entre la variable distancia a la pantalla y la variable diámetro de la sombra del anillo y concretarlo en una relación.

Las preguntas a manera de predicción fueron una buena estrategia para que se diera buena interacción y al mismo tiempo sirvieran también como desafíos cognitivos ya que exigían pensar analíticamente integrando algunos aspectos de las preguntas anteriores y relacionándolos para poder llegar a una hipótesis. Ejemplo de ello fue cuando se llegó a la sección C) donde tenían que predecir sin encender el bombillo la posición de los aros de 3cm y 5 cm de diámetro, en lo cual todos coincidieron en que el aro de 3cm de diámetro debe ir más cerca a la fuente de luz y el de 5 cm debe estar alejado de la fuente y estar más cercano a la pantalla. Es importante anotar que solo el grupo 3 explicó el porqué de aquella ubicación, mencionando que “*el anillo que se debe poner de primero es el de 3 cm porque su diámetro es más diminuto teniendo en cuenta que al estar cerca del bombillo se ve más grande y el de 5 cm tiene que ir cerca de la pantalla ya que su diámetro es más grande, para que disminuya un poco su tamaño*”.

Lo anterior fue comprobado exitosamente por todos los grupos al realizarlo con el bombillo encendido.

En la sección d) con el bombillo apagado, los grupos 1, 2, y 3 establecieron a manera de predicción una ubicación de los aros de 3 cm y 5 cm de diámetro con respecto a la ubicación que se daba del aro de 4 cm de diámetro (a 12 cm de la mitad del plafón) en el bosquejo. El

grupo 4 no estableció ubicación de los aros; esto tal vez tiene que ver con el hecho de que no tengan clara aun la relación entre el diámetro de los aros y la distancia a la fuente y a la pantalla.

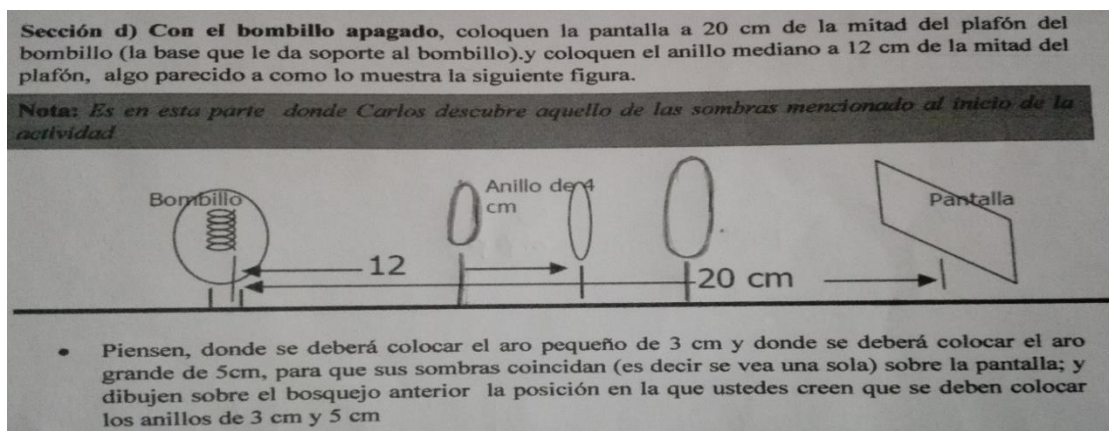


Fig 26. Representación de la posición que el grupo 2 le dio a los aros, según sus intuiciones.

Al realizar el experimento con el bombillo encendido y hacer coincidir las sombras uno de los tres grupos que estimó las medidas de manera predictiva (grupo 1), al realizar la medición las distancias concordaron de manera exacta con los distancias correctas estimadas que se supone deberían obtener para que las sombras concidieran y se observara una sola; los otros tres grupos tuvieron errores en la medición pero de igual forma los errores fueron solo por un centímetro de más o de menos, por lo que se puede afirmar en general que los tres grupos pudieron hacer coincidir las 3 sombras .



Fig 27. Educandos discutiendo acerca de cómo hacer coincidir las sombras de los aros en una sola.

Como se mencionó anteriormente el grupo 4 no pudo realizar la predicción de la posición de los aros de manera gráfica, por lo que tampoco pudieron llevar a cabo una comparación entre lo hipotetizado y lo medido con el bombillo prendido.

Con respecto a la última parte de la actividad en la cual los alumnos debían establecer una relación entre el diámetro del anillo y su distancia a la fuente de luz basándose en una tabla en la cual plasmaron la distancia de cada aro a la fuente de luz y calcularon las razones entre el diámetro y la distancia, solo el grupo 3 se acercó un poco a la relación, pero se puede notar en su respuesta que hay algunos vacíos y confusiones que no permiten explicar tal relación de una manera correcta cien por ciento, como por ejemplo referirse al termino proporcional como "igual"; tampoco hay un manejo de las cifras significativas, lo que les lleva a decir basados en los resultados del cálculo de la razón que su relación es "casi igual".

Diámetro del anillo	Distancia a la luz		Razón
	Datos de su grupo	Promedio clase	Diámetro : distancia
3cm	10 CM	12.2 CM	0.3 CM
4cm	12 CM		0.3 CM
5cm	14.5 CM		0.34 CM

• ¿Cuál es la relación entre el diámetro del anillo y su distancia a la fuente de luz?

Su relación es casi igual ya que nos dio un valor muy Acercado, Diámetro y distancia, y en los diámetros de 3cm y 4 cm su razón es igual y en el de 5cm su razón es un poco mas extendida ya que nos dio un valor diferente.

Fig 28. Respuesta del grupo 3 basados en la tabla donde realizaron medidas de distancia y calcularon razones.

Los grupos 1 y 4 construyeron una relación pero no tienen en cuenta en lo absoluto la razón calculada, por lo que simplemente los dos grupos se reducen a afirmar que cuando el diámetro de los aros aumenta también aumenta la distancia a la fuente de luz (solo observan las dos primeras columnas de la tabla). Ante lo anterior es pertinente anotar que según indagaciones realizadas por el maestro a cargo de esta investigación, los estudiantes poseían muy malas bases con respecto a relaciones de proporcionalidad, no obstante con ello también se les dificulta hallar la razón entre dos variables y extraer información de tablas de datos; por ende todo esto constituyó obstáculos para que los estudiantes logaran construir una relación coherente a partir de las razones calculadas. El grupo 2 no construyó ninguna relación y dio una respuesta totalmente descontextualizada, que también puede deberse a los obstáculos descritos anteriormente.

Por otra parte en las dos preguntas evaluativas, del total de 14 estudiantes solo 1 estudiante pudo responderlas exitosamente, pudiendo establecer en la frase para completar que la relación que se da entre la distancia de los aros a la fuente de luz con respecto al diámetro es de proporcionalidad; y también pudo construir con sus propias palabras la relación entre la distancia de los aros a la pantalla y el diámetro de los aros. Hay que destacar que sigue estando presente la construcción de relaciones de proporcionalidad cualitativa más no cuantitativa ya que no relacionan en la conclusión las razones calculadas.

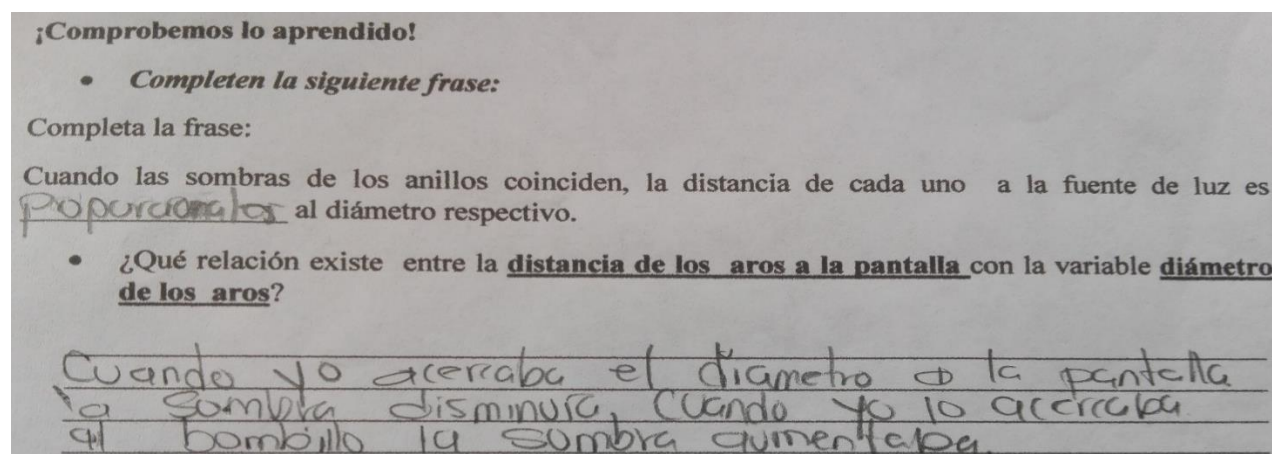


Fig 29. Respuestas de estudiante que le atribuye una relación de proporcionalidad entre distancia y diámetro del anillo.

Solo dos estudiantes más pudieron describir una relación en la segunda pregunta, e incluso uno de ellos añadió que la distancia a la pantalla y diámetro son proporcionales; lo curioso es que en la primera pregunta de la frase para completar no estableció relación de proporcionalidad entre el diámetro de anillos y distancia a la fuente de luz; de igual manera el otro estudiante en mención tampoco tuvo éxito en la primera pregunta.

Con otros cuatro estudiantes sucedió lo contrario a los dos estudiantes anteriores, es decir lograron llegar a que la distancia de los aros a la fuente de luz es proporcional al diámetro, pero no lograron establecer la relación de la segunda pregunta, sus respuestas hacen notar que hay una confusión grande en la comparación del diámetro y la distancia a la pantalla; cuando se les indaga acerca de lo que sucede con el diámetro con respecto a la distancia a la fuente de luz no sucede esto, tal vez existe un problema de confusión con lo de la pantalla que involucra la superposición de las sombras ya que estos tres estudiantes en su explicación lo relacionaron con la posición de los tres aros a cierta distancia para que se observara una sola sombra; algo que era totalmente ajeno a lo que debían construir.

Los cinco estudiantes restantes que completan los 14 de la muestra total no pudieron llegar a la premisa de la proporcionalidad entre la distancia de los aros a la fuente de luz y el diámetro, y tampoco establecieron en la segunda pregunta relación entre el diámetro y la distancia a la pantalla.

En síntesis fueron muy pocos los estudiantes que lograron razonar de forma proporcional sobre el fenómeno de la sombras que se les presentó experimentalmente. Sin embargo se debe tener en cuenta que el nivel de pensamiento que requiere esta actividad es considerable por lo que fue suficiente con que los educandos se hubiesen enfrentado al problema intentando darle una solución mediante sus diálogos en sus grupos de trabajo y con el maestro.

7.1.5. Con respecto al Desarrollo y Desempeño de las Actividades en Grupo.

Con la actividad 4 finalizan las actividades en grupo que tenían como uno de sus principales objetivos trabajar en la zona de desarrollo próximo de los educandos mediante trabajo colaborativo con sus pares y con el docente.

En conexión con lo anterior, es importante analizar en esta parte del estudio investigativo si hubo cambios en el nivel de pensamiento y de igual manera aquellos cambios notados hasta el momento en que tipo de pensamiento se pueden clasificar, así como también las dificultades presentadas que de cierta forma inhibieron un aumento en el nivel de pensamiento.

Desde la actividad 1 los estudiantes se enfrentaron a situaciones que los hicieron pensar, y en ocasiones hipotetizar acerca de algo con el fin de que se fuera potenciando un nivel de pensamiento más alto a medida que se fue avanzando en las actividades, siempre estando presente los pilares de la aceleración cognitiva que integran el modelo pedagógico propuesto en el programa “pensar con la ciencia” y adoptado en la presente investigación, sin embargo algunos de los grupos aún se quedan en observación y mera descripción de la realidad y no van más allá, lo cual es propio de un pensamiento concreto (Orozco, 2005).

Otro aspecto predominante es que tienden a plantear muchas ideas en serie sin desarrollarlas y sin relacionarlas, por lo que en varias ocasiones no pudieron llegar a conclusiones o deducciones concretas y coherentes, siendo esto característico de un nivel **2A** de pensamiento. Pero hay que resaltar también que en algunos grupos se pudo evidenciar a medida que se avanzaba en las actividades cierto progreso en sus formas de predecir, razonar y explicar; en la actividad 3 por ejemplo todos los grupos empezaron a realizar el análisis de la variación de

tamaño de la sombra a medida que se acercaba o se alejaba de la luz, es decir eran capaces de establecer cierta relación por lo que el nivel de pensamiento en esta parte ya se ubicaba en **2B**.

Los más destacados fueron el grupo 1 y el grupo 3, estos dos grupos a partir de la actividad dos empezaron a utilizar términos formales en sus hipótesis y explicaciones principalmente en las situaciones de desafío cognitivo; siendo esto un indicativo de que se estaba dando un cierto desarrollo que apuntaba hacia un pensamiento formal, incluso el grupo 3 en la actividad # 3 mediante dialogo con sus pares y profesor fue capaz de transferir el mecanismo de formación de sombras a la cotidianidad y adicional a ello razonar ante una situación de conflicto cognitivo planteada por el docente a partir del ejemplo que ellos mismos traían a colación con la situación cotidiana que evocaron; de igual forma es importante hacer hincapié también en el hecho de que algunos estudiantes (de distintos grupos) de manera individual (pregunta número 3, actividad # 3) fueron capaces de llevar a cabo un modelado mental de la forma como se propagaban los rayos de luz mediante el mecanismo de formación de sombra; cuando los estudiantes son capaces de explicar un fenómeno a partir de la propagación en línea recta de la luz se encuentran en un nivel de pensamiento **2B** (shayer & Adey, 1981).

Cundo ya se les presenta situaciones con variables en donde deben pensar de forma proporcional, establecer relaciones y abstraer información de tablas y razonar solo el grupo 3 se acerca un poco a ello; lo que significa que este grupo ya estaba en un nivel transicional de pensamiento (**2B/3A**).

A manera general se puede afirmar que hasta esta parte hubo una transición del pensamiento concreto avanzado a un pensamiento formal temprano en los grupos (principalmente los grupos 1 y 3, los otros grupos aún seguían en un nivel **2B**) que aún no ha sido desarrollado en su totalidad.

Las actividades 1, 2, 3, y 4 fueron de preparación concreta, las actividades (5 y 6) posteriores fueron de construcción y aplicación, y se llevaron a cabo de manera individual, ya no se analiza por grupo si no por estudiantes mediante establecimiento de categorías según sus respuestas en las hojas de trabajo y así mismo también se clasifican dentro de una de las categorías de pensamiento; en aquellas los educandos condensaron todo lo visto y como producto de ello llegaron a la deducción de un modelo teórico (de manera gráfica y escrita), a ello solo llegaron aquellos que lograron a través de la secuencia de actividades elevar un poco su nivel de pensamiento.

7.2. Resultados de las Actividades de Construcción del Modelo de Rayos de la Propagación de la Luz en Línea Recta.

7.2.1. Actividad 5: ¡Deduciendo el Modelo de Rayos!

Esta actividad constituye la finalización de la secuencia didáctica y por ende en esta el estudiante debía relacionar todo lo tratado en las anteriores actividades para construir una explicación sustentada en el modelo de rayos; y comprobar si se alcanzó un nivel de pensamiento formal que le permitió el desarrollo de la competencia científica de modelización teórica, ya que en la parte evaluativa debía construir una premisa explicativa en la cual justificara la formación de sombra de los aros desde el modelo de rayos destacando todos los componentes del mecanismo de formación de sombras: fuente de luz, cuerpo opaco, rayos de luz, y superficie donde se forma la sombra, (en este caso la pantalla), y también la posición estratégica de los aros; anterior a esto el estudiante debía realizar una representación gráfica de la propagación de los rayos ayudando a formar la sombra de los aros. Se tuvieron en cuenta los siguientes objetivos en el desarrollo de la actividad:

- Justificar desde la propagación de la luz en línea recta, la sombra que forman los tres aros ubicados estratégicamente.
- Mediante representación gráfica deducir el modelo de rayos (ilustrando el paso de algunos de los rayos de luz por los aros).
- Construir un modelo teórico integrando elementos proporcionados en las actividades anteriores.

Antes de empezar a realizar la actividad se llevó a cabo una discusión en donde se hizo todo un recorrido rápido por las actividades anteriores retomando aspectos importantes sobre aquello de la propagación de la luz en línea recta y a lo que acontece cuando un objeto se interpone en la trayectoria rectilínea de los rayos de luz.



Fig. 30. Puesta en común retomando lo construido en actividades pasadas como preámbulo a la construcción del modelo de rayos de la propagación de la luz.

En la discusión 5 estudiantes mediante preguntas a manera de desafío cognitivo pudieron explicar de manera muy simple el cómo viajaba la luz desde una fuente, desde que tipos de fuente se realizaba ese viaje, lo que era un rayo de luz, el protagonismo de la propagación de la luz en la formación de sombra, y la proporcionalidad entre sombras, otros cuatro estudiantes también participaron activamente pero aún presentaban algunas confusiones que no les permitía tener claridad en algunos de los aspectos mencionados anteriormente.

Habiendo terminado la discusión anterior se dio paso al desarrollo de la actividad, la cual se relacionaba en gran medida con la actividad anterior de los aros, y consistió en representar de manera gráfica el paso de los rayos de luz por un objeto opaco (que en este caso fueron los aros) desde que salen de su fuente hasta llegar a una pantalla donde se forma una sombra, adicional a ello los educandos tuvieron que idearse la forma de ubicar los aros de 3cm y 5cm de diámetro de tal forma que sus sombras coincidieran en la pantalla y formen una sola sombra. Para ello se les suministró un croquis en donde estaba representado un montaje similar al de la actividad 4, en el que se les dio una fuente de luz (bombillo), la ubicación de un aro de 4 cm, la pantalla, y una sombra; tal como se muestra en la siguiente figura.

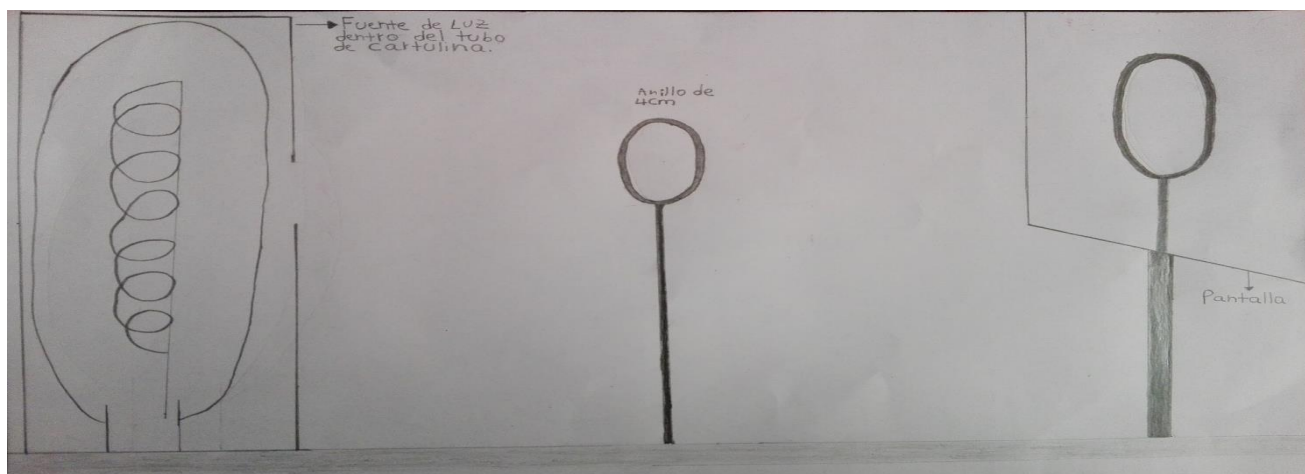


Fig. 31. Andamiaje construido por el maestro para la construcción de un modelado grafico por parte de los alumnos. (Por cuestiones de espacio la foto se reduce de tamaño pero el croquis en físico con el que trabajaron los estudiantes tiene las medidas reales especificadas anteriormente).

Para la realización de lo que proponía este primer punto de la actividad algunos estudiantes fueron más sagaces que otros y utilizaron la posición del aro de 4cm que ya se les estaba dando para proyectar primero los rayos principales y a partir de dichos rayos ubicar los otros dos aros, y de esa forma continuar más fácilmente con el trazado de los demás rayos de luz.

En relación con lo anterior se establecieron las siguientes categorías de análisis:

A: mediante razonamiento se llega a un modelo teórico (de manera gráfica y escrita)

Se observa en el modelado grafico la comprensión del como viajan los rayos y que la sombra formada en la pantalla es una consecuencia de ese viaje y de la posición estratégica de los aros con respecto a la fuente de luz y a la pantalla. El educando debe tener claro la forma en que se propaga la luz desde una fuente y lo que sucede cuando un objeto opaco obstaculiza su trayectoria, es decir debe ser consciente de la parte de los rayos de luz que no pasa y la parte de rayos que si pasan para formar la sombra. Adicional a lo anterior se razona de forma proporcional para establecer la ubicación correcta de los aros de 3 cm y 5 cm de diámetro de tal manera que sus sombras formen una sola sombra en la pantalla, por lo que la ubicación de los aros debe coincidir también con el paso de los rayos por sus contornos internos y externos; justificando la formación de la sombra en la pantalla mediante aquel razonamiento que involucra la propagación de la luz. Dentro de esta categoría se ubicaron 6 estudiantes en los cuales se nota en su modelado los razonamientos que describe esta categoría.

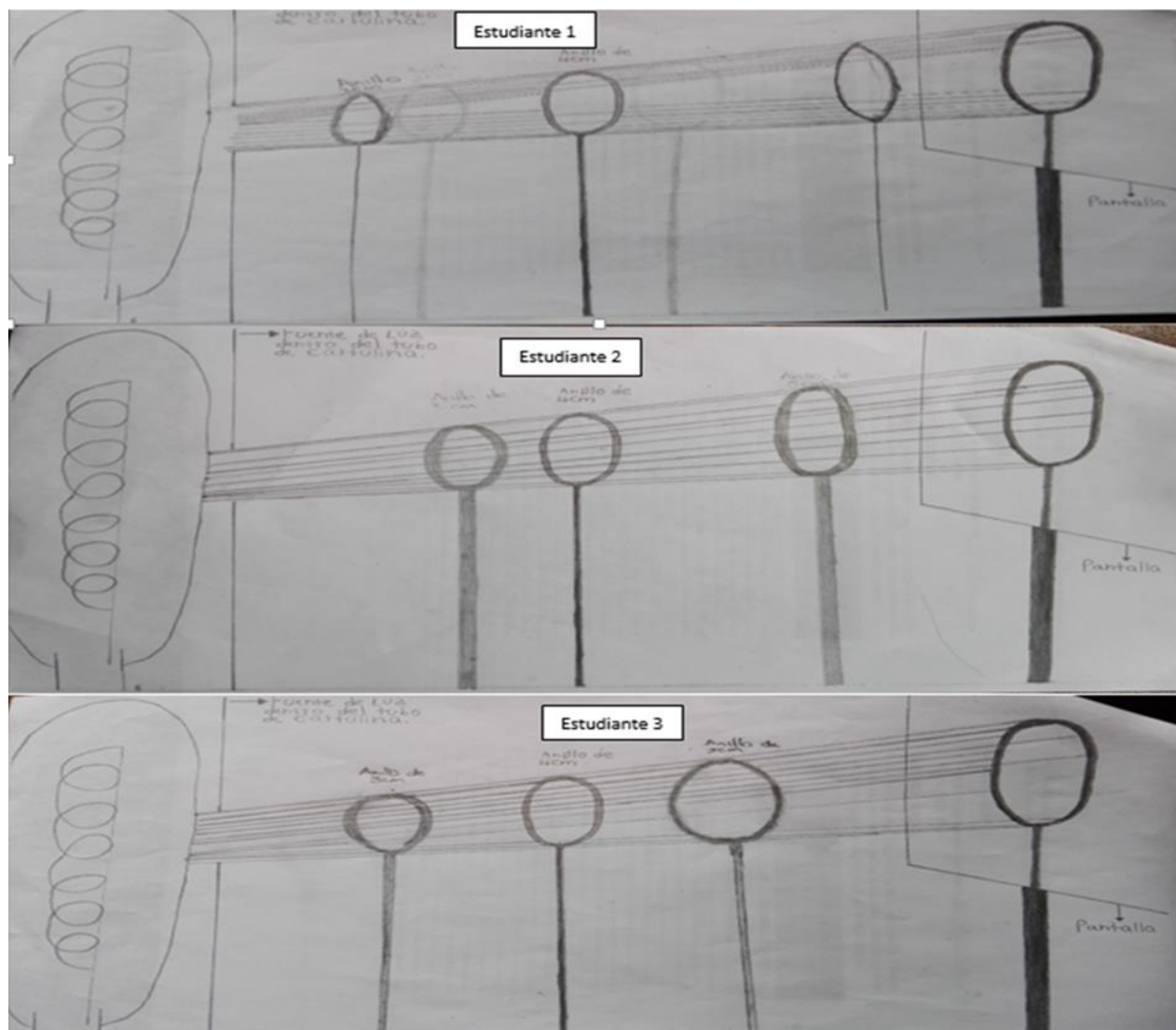


Fig 32. Recorte del modelado de tres de los 5 estudiantes que se ubicaron en la categoría A.

Las respuestas de los tres estudiantes de la figura 31 que hacen parte de los 6 en mención, en la parte evaluativa de la actividad que consistió en explicar el fenómeno por el cual se forma la sombra en la pantalla y la posición dada a los aros, concuerdan con el modelado gráfico que llevaron a cabo, sus respuestas textuales fueron respectivamente:

Estudiante 1: “Desde la fuente de luz los rayos se propagan y pasan por los aros de 3cm, 4cm y 5cm, que son opacos y entonces pasan por sus bordes, y así se forma la sombra en la pantalla, pero hay que ponerlos bien para yo poder ver una sola sombra y no tres sombras, yo el aro de 3cm lo tengo que poner cerquita a la fuente de luz porque es el más pequeño para poder que su tamaño aumente, si yo lo coloco en donde está el de 4cm ahí los rayos de luz no pasarían

por él, el de 5 hay que irlo a poner allá cerquita a la pantalla porque es el más grandote, entonces se ubica allá para que se vea un poco más pequeño, porque si yo lo pongo de primero la luz solo pasaría por él y no por los otros aros y se vería solo la sombra de ese aro allá en la pantalla. Así lo hicimos en el experimento”.

Estudiante 2: “Que la luz se propaga en línea recta desde el bombillito o hasta los tres aros de color opaco que en los cuales los rayos pasan por sus contornos y otros no. El aro de 3cm se pone cerca del bombillito para que se pueda ver grande y el de 5cm debe estar un poquito cerca a la pantalla para que se enchiquite un poco, si no se colocan así los rayos de luz no se podrían propagar bien desde el bombillo hasta la pantalla y se verían todas esas sombras sin formar una sola”.

Estudiante 3: “Los rayos de luz salían en trayectoria de forma recta de un agujerito que tenía la cajita donde estaba la fuente de luz y pasaban por unos aros que se ubicaron así como en la actividad de la clase pasada, el de 3 bien alejado a la pantalla y el de 5 muy cerquita a la pantalla para que se viera más pequeño si el asunto no se hace así pues no se va a formar una sola sombra en la pantalla, el de 5 cm si se pone ahí muy junto al agujerito taparía todos los rayos de luz”

Los 6 estudiantes en mención se sitúan en el nivel **3B** de pensamiento (pensamiento formal avanzado) ya que el sistema dado (en este caso el croquis) lo interpretan y lo aterrizan a la realidad deduciendo y construyendo en él la forma en que se propagan los rayos de luz y la formación de sombra y en algunos casos transfiriendo el contexto de la actividad 4 al de la presente actividad como ayuda para fundamentar su explicación, adicional a ello de cierta forma también tienen en cuenta la compensación entre tamaño de la sombra y distancia a la fuente de luz y a la pantalla.

B: No se analiza ni razona para la deducción del modelo de rayos de la propagación de la luz en línea recta

Se comprende que los rayos viajan en línea recta desde la fuente de luz, pero presentan problemas aún para la comprensión del paso de la luz por los objetos opacos (es decir el hecho de que una parte de esos rayos pasan por los límites y otra parte se queda en la zona opaca de los aros) ya que al azar le dieron posiciones erróneas a los aros de 3 cm y 5cm de diámetro; Por lo

que aún no se lleva a cabo un razonamiento de tipo hipotético – deductivo que lleve a los estudiantes a reflexionar acerca de que para formarse una sola sombra los aros deben ubicarse de manera estratégica de tal forma que uno o dos de los aros no ejerzan un apantallamiento sobre los otros por ubicarlos muy cerca a la fuente de luz, y solo se viera la sombra del aro o aros situados cerca de la fuente por que los rayos de luz no pasarían por los otros aros que están siendo apantallados (tapados por los demás); de igual forma tampoco consideran el otro caso en que si uno o dos de los aros se ubican relativamente cerca a la pantalla pasarían muchos más rayos de luz que harían varias sombras en la pantalla y no una sola.

Ocho estudiantes se incluyeron dentro de esta categoría ya que su modelado da fe de los aspectos antes mencionados.

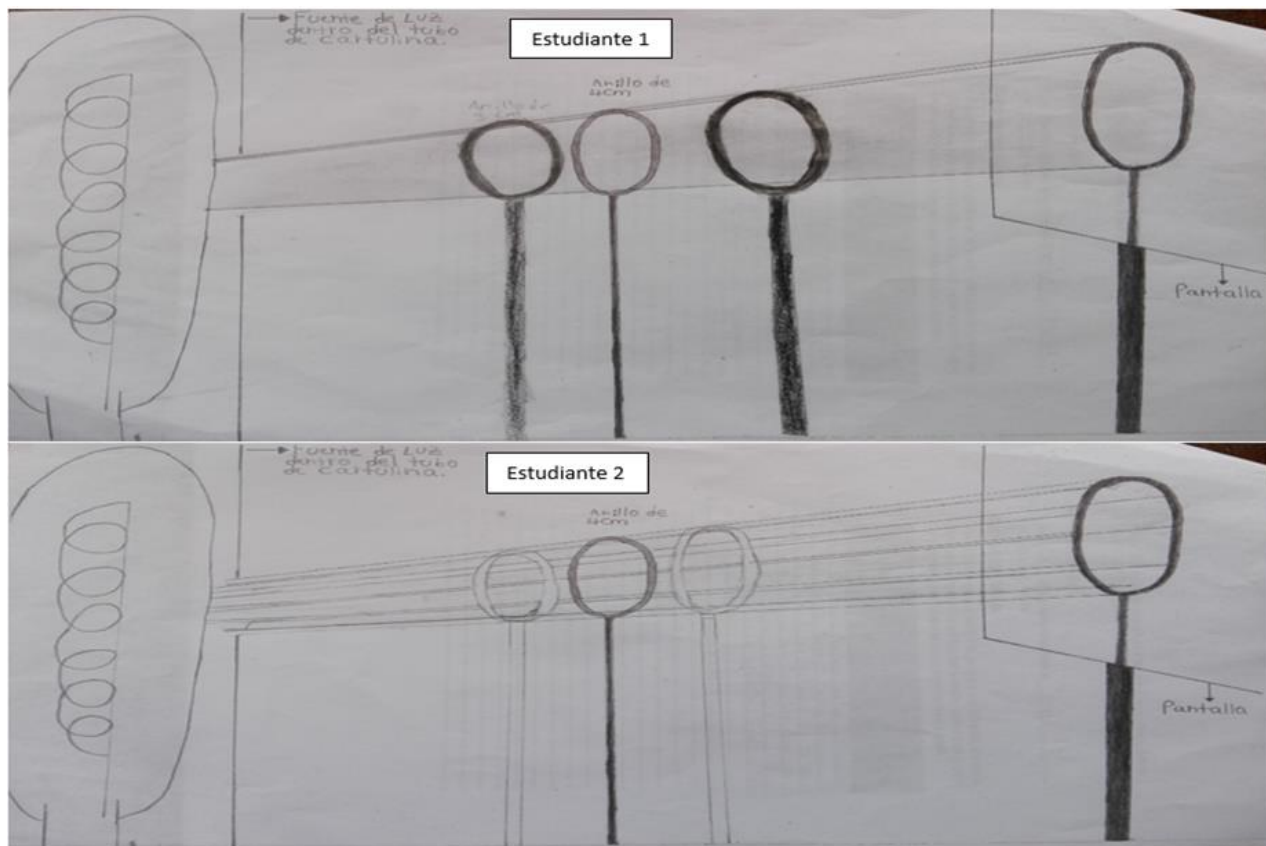


Fig 33. Recorte de modelado de dos de los seis estudiantes de la categoría B. (algunos de los rayos no pasan por los límites de los aros).

De igual forma en la parte escrita dan una explicación muy vana que no alcanza a ser un modelo teórico, solo se acercan a ello.

Estudiante 1: *“Los rayos que se propagan desde la fuente de luz y pegan en los aros que son opacos haciendo que la luz pase por el centro de ellos, se deben ubicar bien para que formen la sombra en la pantalla”.*

Estudiante 2: *“Una fuente de luz hace que los rayos se propaguen hacia un objeto o cosa opaca que en nuestro caso pues serían los aros, esos rayos pasan por los contornos y otros no pueden pasar y así se forma la sombra en la pantalla, los aros deben estar un poquito juntos para que eso ocurra”.*

En las anteriores explicaciones se observa que los educandos tienen una idea del cómo se propaga la luz pero se quedan cortos a la hora de explicar cómo se comportan los rayos de luz cuando los aros se ubican demasiado contiguos a la pantalla o a la fuente de luz por lo que tampoco tienen para nada en cuenta la compensación que se da entre tamaño de la sombra y distancia a la fuente de luz y a la pantalla. La representación la realizaron basados solamente en que la luz se propaga en línea recta y debe pasar por un objeto opaco para formar la sombra pero lo hacen en forma de algoritmo, es decir no comprenden totalmente lo que está sucediendo en aquel modelado; no entienden a profundidad como está ocurriendo el fenómeno, de manera que no se analiza ni se razona para deducir las posibles hipótesis con respecto a lo que pasa con los rayos si los aros se les da distintas ubicaciones.

Las respuestas de los otros cinco estudiantes que hacen parte de los ocho en mención también manifestaban lo mismo, se acercaron a la construcción del modelo pero no lo logran del todo por los aspectos antes expuestos e incluso algunos intentan explicarlo trayendo colación la actividad 4 pero por confusiones que tenían más que ver con el paso de los rayos de luz por los aros no pudieron construir de manera certera el modelo teórico. Por todo lo anterior estos ocho estudiantes se ubican en un nivel de pensamiento **3A**.

7.2.2. Actividad Adicional de razonamiento: ¡Jugando con la Posición de los Aros a Partir de los Rayos de Luz!

Esta actividad consistió específicamente en ubicar la posición de los aros teniendo como eje orientador el modelo de rayos construido en la actividad 5, para constatar si realmente hubo una apropiación de todas las actividades anteriores, especialmente de la 4 y la 5. La presente tuvo un enfoque más hacia lo cuantitativo e integró el pensamiento geométrico y el pensamiento hipotético-deductivo mediante el razonamiento que los estudiantes llevaron a cabo. Como

elementos guías en el croquis se les dio la fuente de luz, la ubicación del aro de 7cm, y la ubicación de la pantalla (todo visto esta vez de perfil); para que a partir de estos ubicaran y construyeran lo que se les solicitaba y de igual forma llenaran una tabla que relacionaba la proporcionalidad y pudieran abstraer información de ella. Para la puesta en marcha de dicha actividad se tuvieron en cuenta los siguientes fines:

- Potenciar en los educandos un razonamiento de tipo hipotético-deductivo.
- Corroborar si realmente hubo un desarrollo de la competencia científica de modelización teórica (modelos formales) y por ende si los estudiantes alcanzaron un nivel de pensamiento formal alto.
- Poner a los estudiantes en una situación abstracta que los fuerce a pensar y a deducir integrando algunos elementos de las actividades anteriores.

Para esta última actividad se entabló un dialogo con los alumnos en el que se puso de manifiesto aspectos relevantes de las actividades pasadas mediante interrogantes como: ¿Cómo ocurre aquella propagación de la luz que mencionan?, ¿Desde dónde se origina?, ¿Qué es una fuente de luz?, ¿Qué es un rayo de luz?, ¿Que ocurría cuando en la propagación de los rayos se interponía un objeto? ¿Cuáles eran los elementos que conformaban el mecanismo de formación de sombras y como ocurría dicho fenómeno? ¿Cómo era el paso de los rayos por el objeto opaco? De esta forma entre todos se hilaron aspectos que los mismos educandos fueron trayendo a colación hasta llegar a la actividad 5. Lo anterior con el propósito de que tuvieran herramientas con que enfrentarse a la presente actividad ya que necesariamente requería un pensamiento formal avanzado.

Habiendo finalizado lo anterior se dio inicio a la actividad, como se mencionó anteriormente a los estudiantes se les facilitó un croquis:

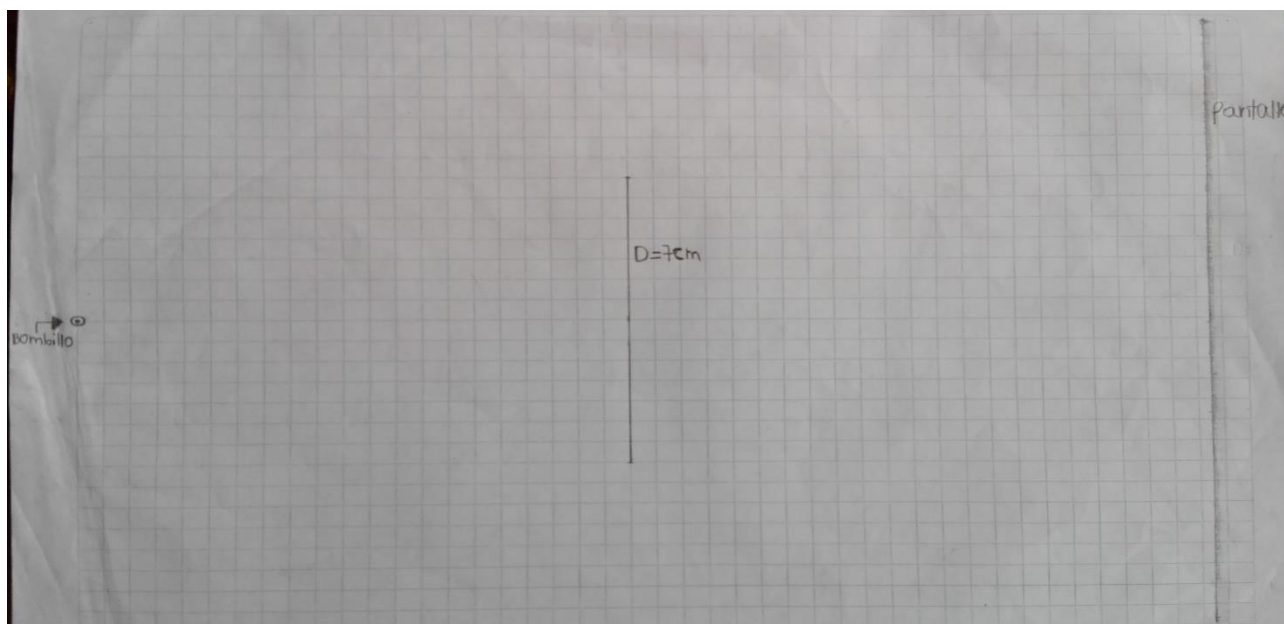


Fig 34. Croquis dado a los alumnos para trabajar la actividad extra de razonamiento, se ilustra la fuente de luz (bombillo), un aro de 7cm y la pantalla, todo visto desde perfil.

En conexión con lo anterior, la parte inicial de esta actividad consistió primeramente en trazar los rayos de luz principales que definen la sombra del aro de 7cm, luego en medir con la regla el diámetro de la sombra y su distancia a la fuente de luz, de igual forma también se solicitaba medir la distancia del aro que se estaba dando (aro de 7cm de diámetro) para luego calcular la razón entre el diámetro y la distancia medida; cuando ya se había llevado a cabo esto los educados tuvieron que ubicar el aro de 3cm de diámetro de tal forma que su sombra coincidiera con la sombra del aro de 7cm y también medir su distancia a la fuente de la luz y calcular razón entre su diámetro y la distancia, y lo mismo debieron hacer con el aro de 13 cm ubicándolo de tal forma que su sombra coincidiera con la de los otros dos aros. Todos los datos se plasmaron en una tabla.

	Diámetro	Diámetro	Distancia a la	Razón	
	de los	sombra	Distancia a la	Razón	
	Aros		Fuente de luz	(diámetro/distancia)	
			(Bombillo)		
Pan	Pantalla				
7 cr	7 cm				
3 cr	3 cm				
13 c	13 cm				

Fig 35. Tabla en la cual los estudiantes debían registrar sus datos y abstraer información.

En concordancia con lo anterior se establecieron las siguientes categorías de análisis:

C: Aplica el modelo de rayos en otro contexto demostrando así el manejo de la competencia de modelización teórica.

Se evidencia en el modelado gráfico un dominio de la competencia científica de modelización teórica, ya que se lleva a cabo un razonamiento para comprender el croquis y situar el contexto de la actividad 5 en él, e hipotéticamente estimar la posición de los aros basándose en dos rayos de luz principales de tal manera que en la presente situación también se demuestre habilidad para razonar acerca del por qué aquellos aros deben ser situados en esa posición y no en otra, teniendo en cuenta la propagación de la luz en línea recta (pregunta 4) a partir del desplazamiento con la regla a lo largo del croquis imaginando que esta es un aro, hasta que sus límites coincidan con los rayos principales y con el diámetro establecido para cada aro.

Dentro de esta categoría se ubicaron 6 personas las cuales en su modelado (que comprende las preguntas 1, 2, y 3) y en sus inferencias (pregunta 4) reúnen todos los aspectos descritos en esta categoría.

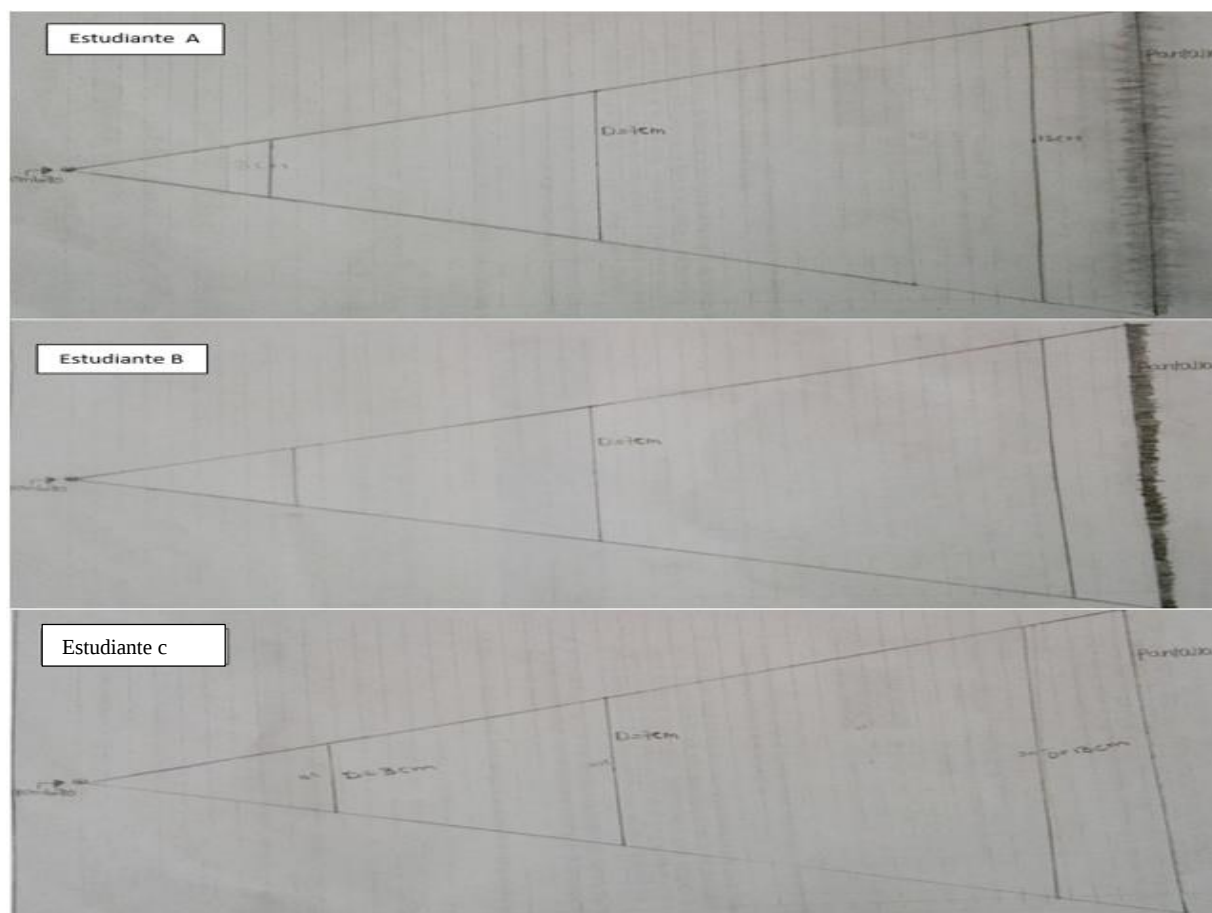


Fig 36. Modelado gráfico de tres de los 6 estudiantes en cuestión.

Como se mencionó anteriormente los educandos realizaron un razonamiento inferencial acerca de lo que pasaría si se les diera una ubicación diferente a los aros que ayuda sustentar y

confirmar que efectivamente ya tienen la competencia científica de modelización teórica construida:

Estudiante A: *“si a los anillos que esta vez se ven como líneas verticales, se les pone en ubicación distinta ya no se miraría una sola sombra, se podría formar una segunda sombra ahí en la pantalla por que podrían pasar muchos más rayitos de luz, entonces hay que mantener los anillos alineados así como se colocaron”*.

Estudiante B: *“si el aro de 13 cm se coloca en un lugar diferente por ejemplo de primero los rayos de luz no llegarían a los aros de 3 cm y 7 cm, por que como el aro de 13 es un objeto opaco pues es más grande entonces ya ni si quiera los dos rayos principales alcanzarían a pasar por sus bordes, todos esos rayos que salen de la fuente de luz se quedarían ahí en ese aro, y en la pantalla entonces aparecería la sombra solamente de ese aro grande”*.

Estudiante C: *“pues esto es un poquito parecido a la actividad pasada, si yo por ejemplo corro la línea de 3 cm hacia la derecha que quede más cerquita de la línea de 7 cm, pasarían muchos más rayos porque queda como una abertura ahí entre la línea de 3cm y los dos rayos principales de luz y entonces se propagarían más rayos y allá en la pantalla eso haría ver dos o tres sombras, y no una sola sombra que fuera la combinación de las tres sombras”*.

En las anteriores premisas construidas se puede notar que los educandos realizan aquella transferencia cercana de la que habla Vygotsky para aplicar en otros entornos un conocimiento que ha sido apropiado en un contexto determinado. Dejando ver esto que hay manejo del modelo de rayos.

Por otro lado esta categoría se dividió en subcategorías teniendo en cuenta la conclusión de la pregunta número 5 la cual requería del manejo de un pensamiento proporcional básico:

C1: Aplica el modelo de rayos en otro contexto e integra en ello la interpretación de razones mediante relaciones de proporcionalidad.

A partir del modelado gráfico y de los datos plasmados en la tabla se realiza abstracción de información para deducir la relación de proporcionalidad entre el diámetro de los aros y la distancia (razón).

5 estudiantes de los seis en mención estuvieron dentro de esta subcategoría, su modelado fue casi igual al de los tres estudiantes que se mostró en la fig 35 y adicional a ello se nota en sus respuestas a la pregunta 5 un cierto razonamiento de tipo proporcional:

Estudiante 1: *“Hay una secuencia igual en la razón o sea se mantiene el valor de 0.6, y eso se da por que las sombras son iguales, cuando el diámetro va aumentando la distancia va siendo mayor y que entonces puede decir que hay una proporcionalidad entre ellos”.*

Estudiante 2: *“Pues al analizar la última tabla se puede ver que todas las razones están dando una misma solución esto lleva a que se pueda decir que a medida que aumenta el diámetro de los aros empieza a verse una relación entre sus distancias porque es que cuando se dividen en todos los casos da 0.6 porque hay una proporcionalidad entre la distancia y el diámetro”*

Estudiante 3: *“El diámetro de los aros cambia y así mismo se puede ver que la distancia aumenta no hay un cambio notorio en las razones se observan iguales todas en la tabla por que las sombras coinciden por la ubicación que se les dio a los anillitos. Entonces ese diámetro y esa distancia son directamente proporcionados”.*

Con respecto a lo anterior estos estudiantes clasifican en un nivel **3B** de pensamiento ya que en la aplicación al contexto de la presente actividad estos alumnos pudieron construir un modelo explicativo similar al de la actividad 5 fundamentado con inferencias hipotéticas y con un razonamiento proporcional mucho más avanzado que el que se intentó llevar a cabo en la última actividad en grupos (actividad 4) pero que finalmente no se pudo conseguir.

C2: Aplica el modelo de rayos en otro contexto sin relacionarlo totalmente con la proporcionalidad.

Hay un manejo de la competencia de modelización teórica la cual se evidencia en el modelado gráfico y en la explicación donde se hacen estimaciones hipotéticas de la posición de los aros, pero en cuanto a las relaciones de proporcionalidad aún no se pasa de un nivel descriptivo. En esta subcategoría se ubica 1 estudiante de los 6 en total que conforman toda la categoría:

“hay proporcionalidad directa, a mayor diámetro aumenta la distancia”.

A pesar de que tiene idea acerca de la proporcionalidad directa su respuesta es estrictamente descriptiva y carente de fundamento en cuanto a lo que implican las razones calculadas, por lo que este educando se encuentra en un nivel de pensamiento **3A**.

D: No se Aplica el modelo de rayos en otro contexto, por lo que no hay un manejo de la competencia científica de modelización teórica.

No se demuestra en el modelado grafico un apropiamiento de la competencia científica de modelos formales, no se percibe un razonamiento que de fe de la comprensión del croquis; pese

a lo anterior no hay transferencia del contexto de la actividad 5 al contexto de la actual actividad, ello se evidencia en el trazado de los dos rayos principales y en la ubicación de los anillos que se debe establecer de manera inferencial teniendo en cuenta la propagación en línea recta de los rayos de luz (pregunta # 4).

La presente categoría está conformada por 8 estudiantes que tanto en su modelado gráfico como en la respuesta 4 se identifican los aspectos que caracterizan esta categoría.

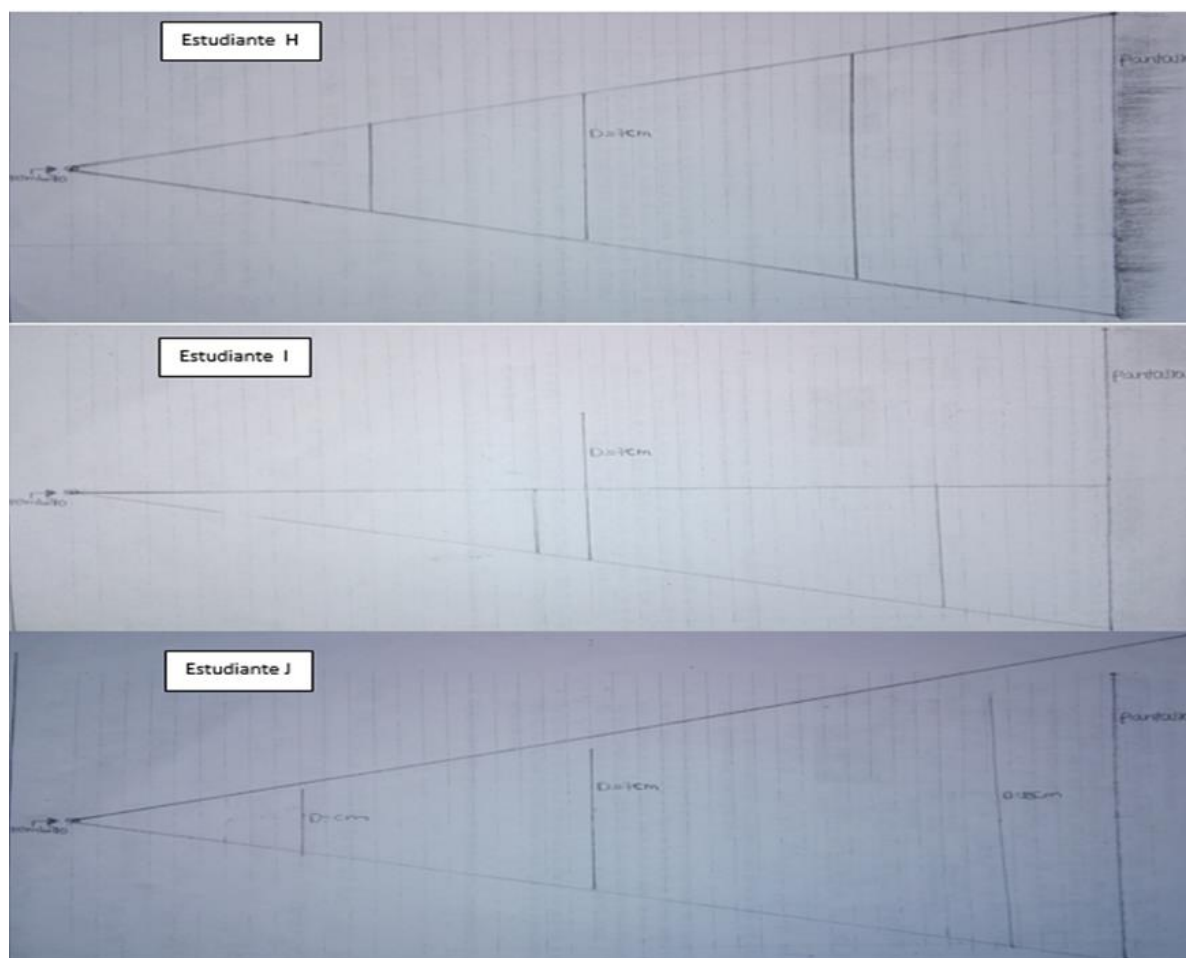


Fig 37. Recorte del Modelado gráfico de 3 de los ocho estudiantes que integran la categoría D.

En la anterior figura se puede notar lo siguiente respectivamente: Estudiante H: mala ubicación de los aros con respecto a los rayos principales y por ende mala medición de su diámetro; Estudiante I: trazado de uno de los dos rayos principales de manera errónea cruzándolo por el medio del anillo de 7cm de diámetro, los otros dos aros son situados en posición errónea y con un diámetro incorrecto; Estudiante J: uno de los dos rayos principales no pasa por el límite externo de los aros.

En correspondencia con lo anterior en la repuesta a la pregunta 4 es notorio que no hubo un razonamiento profundo que evidencie el manejo del modelo de rayos:

Estudiante H: *“no se formaría una sola sombra por los rayos de luz entonces yo vería la sombra más grande o más pequeñita en la pantalla dependiendo de la distancia de los aros”*.

Estudiante I: *“no se ve una sola sombra por que los rayos de luz llegan más chiquitos a la pantalla y entonces se ven más sombras, además eso depende es de si a mayor distancia de la fuente de luz las sombras van a ser más pequeñas”*

Estudiante J: *“no porque la propagación de luz es en línea recta, entonces en ese caso si colocamos el anillo de 3cm más cerca que el de 13 cm puede ser que no se forme una sola sombra en la pantalla pues porque el aro de 3cm al acercarlo a la pantalla hace una sombra más pequeñita”*.

Esta categoría se ramificó en subcategorías teniendo en cuenta múltiples aspectos:

D1: No construye el modelado grafico de manera correcta, aunque se acerca de manera somera a una explicación teniendo en cuenta el modelo de rayos, no hay un razonamiento proporcional.

Se da ubicación incorrecta a los aros por lo que su diámetro no coincide con los rayos principales dejando ver esto que no existe una claridad en el apantallamiento que puede generar un aro a otro o de las varias sombras que se observarían en la pantalla debido al paso de más rayos de luz pese a dicha ubicación, sin embargo en la pregunta 4 se acerca a una explicación pero no se lleva a profundidad, cayendo en descripciones que tienen que ver más con la compensación entre variables.

No se puede realizar una abstracción de la tabla de datos medidos y calculados por lo que tampoco es posible llevar a cabo un razonamiento proporcional acerca del fenómeno de la propagación de la luz.

Dentro de esta subcategoria se sitúan 2 estudiantes de los ocho en mención:

Estudiante X: *“no va a seguir formándose una sola sombra porque para ubicar los aros 3cm y 13 cm de diámetro primero trazamos dos rayos de luz propagándose desde la fuente hasta la pantalla esos rayos concordaban con el diámetro de los aros, entonces pues si yo los ubico en otra posición ya no van a concordar y entonces habría oscuridad y se tendría que cambiar el bombillo por uno más grande”* (pregunta 4)

“La conclusión es que a medida que aumenta el diámetro la distancia también aumenta”
(pregunta 5).

Estudiante Y: *“hacíamos de cuenta así como el experimento, que prendíamos un bombillo y entonces de ahí dibujamos los rayos de luz que llegaban hasta los aros que aquí se veían como líneas y pasan por los bordes de los aros, pero no todos, algunos rayos no pasan entonces en la pantalla se hacía una sombra. si no hubiéramos hecho eso así se vería sombra”*. (Pregunta 4)
“El diámetro crece y la distancia también crece es decir hay una relación entre los dos, eso lo vemos de las sombras” (pregunta 5).

Con respecto a lo anterior, el error en los modelados gráficos de estos dos estudiantes pudo deberse a falencias en su habilidad de medición con la regla, pero en sus razonamientos aunque de cierta forma tienen presente la propagación de la luz su explicación toma una dirección más hacia lo descriptivo que lo argumentativo y no conforme con eso no tienen claro lo que es una razón y como se relaciona esta con el hecho de que las sombras estén coincidiendo, hecho por el cual solo describen una compensación entre el diámetro y la distancia. Teniendo en cuenta todo lo anterior estos dos alumnos se ubican en una categoría de pensamiento **2B**.

D2: Existe cierta comprensión del modelo de rayos evidenciada en el grafico mas no se logra una explicación escrita, sin embargo se lleva a cabo razonamiento proporcional.

Persisten algunas dificultades que no permiten que se pueda razonar profundamente acerca del modelo de rayos quedando evidenciado mediante el modelado gráfico y su respectivo razonamiento (pregunta 4) que se entiende de manera algorítmica la propagación en línea recta de la luz.

Por otra parte existe un nivel razonamiento proporcional medio, es decir poco argumentado pero coherente. Dentro de esa subcategoría se ubican 3 de los ocho estudiantes en mención
Estudiante M: *“La sombra sería diferente porque colocamos los aros a otra distancia, lo que quiere decir es que la sombra de los aros se va a ver más grande y eso permite que sus rayos de luz se propaguen”* (pregunta 4)

“La razón es igual eso lo que quiere decir es que como los rayos de luz estaban bien parejitos entonces se formaba una sola sombra y por eso la razón se ve igual para todos los aros” (pregunta 5)

Estudiante N: *“No se sigue formando una sola sombra porque si se colocan los aros diferente se forman es dos sombras por culpa de la luz.”* (Pregunta 4)

“se puede concluir que cuando se ve una sola sombra pues es porque la razón da igual, eso más o menos tiene que ver con la distancia” (pregunta 5)

Los alumnos saben que la propagación de los rayos de luz ocurre en línea recta pero evidentemente no son capaces de justificarlo; a pesar de lo anterior, por lo menos logran deducir de manera muy somera que se observa una constante en las razones (ellos se refieren a la constante con la palabra “igual”) debido a que las sombras están coincidiendo en una sola, pese a todo lo obtenido anteriormente se clasifica a estos educandos en una categoría de pensamiento 2B/3A.

D3: No se evidencia la construcción de un modelo teórico; el educando tampoco adquiere habilidad de razonamiento proporcional.

El modelado grafico deja ver que no hay un proceso de análisis y raciocinio para elaborarlo, lo cual se corrobora con la explicación construida ya que más que una explicación solo se enuncia una relación de compensación que se repite también al momento de analizar la tabla de datos.

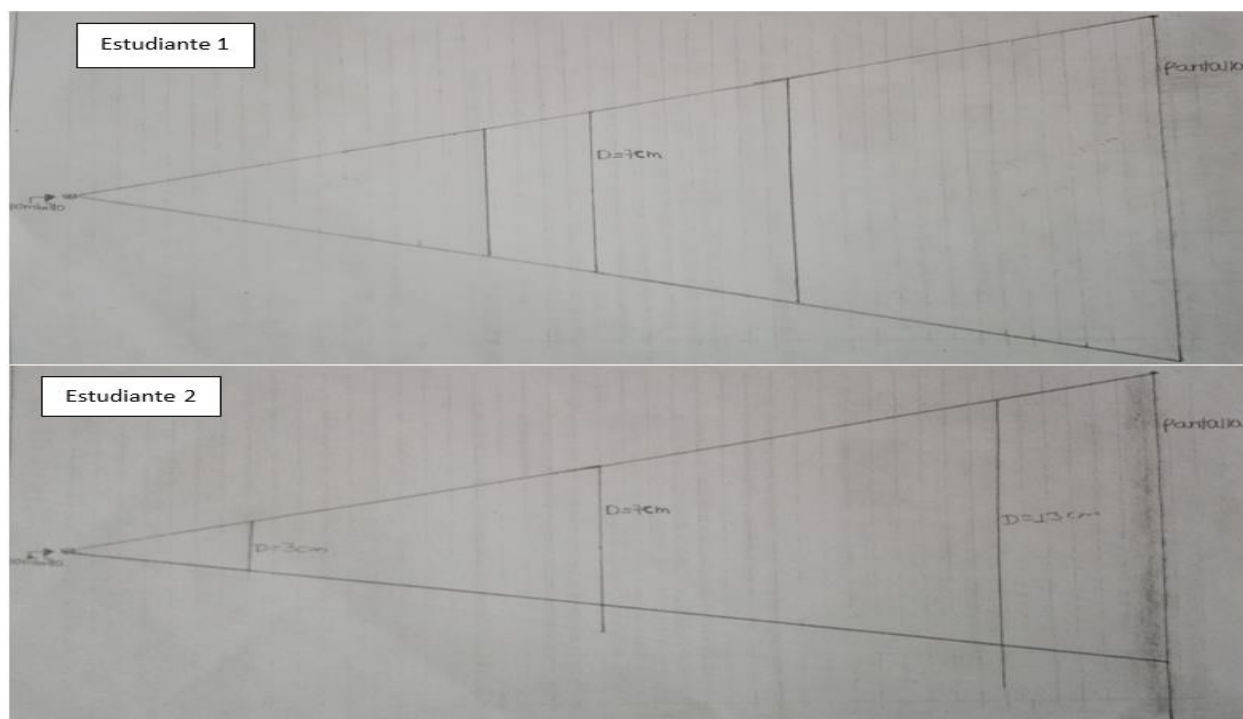


Fig 38. Modelado grafico de estudiantes que no llegaron ni se acercaron a la competencia científica de modelización teórica.

Los esquemas anteriores dejan ver que se ubican aros al azar sin ningún tipo de razonamiento que implique tener el diámetro y la posición en cuenta; por otra parte se observa también un rayo principal que cruza por dos de los aros sin tener presente que estos son objetos opacos y

que aquel rayo por ser principal debe pasar por los límites externos de los aros, estos aspectos identificados confirman que no hay una idea clara de la ocurrencia del fenómeno de la propagación de la luz ya que al trasladarse a otro contexto se distorsiona de manera considerable lo construido en la actividad anterior. 3 estudiantes de los ocho en total hacen parte de esta subcategoría, sus respuestas en la pregunta 4 confirman lo anteriormente mencionado:

Estudiante 1: *“A mayor distancia de la fuente de luz menor diámetro entonces así mismo se deben ubicar los aros para poder mirar una sola sombra en la pantalla”* (pregunta 4)

Estudiante 2: *“La sombra puede que sea diferente, los aros se deben colocar cerca los tres y así coincide una sola sombra que quiere decir que su diámetro se ha enchiquitado para que se pueda ver así, pero se debe tener en cuenta que el diámetro de sombra aumenta y se enchiqueta y esto depende mucho de la distancia a la fuente y a la pantalla”* (pregunta 4).

Con respecto a la pregunta 5 acerca de la conclusión de la comparación de las razones los dos estudiantes de manera muy similar coinciden en que en que a medida que aumenta la distancia aumenta el diámetro; sin relacionar de ninguna manera las razones calculadas.

Todo lo anterior tiene que ver con confusiones relacionadas con aspectos pertenecientes a la actividad 3 en adelante, principalmente con el paso de los rayos de luz por un objeto; aquellas confusiones se incrementan un poco cuando se pasa a la actividad 4 donde el enfoque se vuelve un poco más cuantitativo ya que hubo una tendencia a confundirse con medidas, cálculos simples de razones y su interpretación. Puede que las actividades 1,2 y 3 no hayan sido suficientes para generar un mediano cambio conceptual hacia la idea de luz como “entidad que viaja en el espacio”. Estos educandos se hallan en la categoría de pensamiento **2B**, ya que a pesar de que no hay un acercamiento a la construcción de una explicación formal por lo menos hay claridad acerca de la relación entre el tamaño de la sombra y la distancia a la fuente de luz y a la pantalla.

Por otra parte, realizando un breve seguimiento de los alumnos que lograron desarrollar la competencia científica de modelización teórica y por ende construyeron un modelo teórico de la propagación de la luz en línea recta, fueron 6 los estudiantes que lograron llegar al modelo en la actividad cinco, de aquellos seis fueron 5 los que tuvieron éxito al aplicarlo en la actividad extra de razonamiento; un estudiante de los 6 en mención no pudo realizar la transferencia cercana.

En ese mismo orden ideas, de aquellos 5 estudiantes diestros dos pertenecían al grupo 3 y dos al grupo 1, los cuales fueron los grupos más destacados durante las actividades de interacción social, el otro estudiante restante de los 5 pertenecía al grupo 2.

8. Conclusiones

Las conclusiones que a continuación se presentan se realizan teniendo en cuenta los objetivos propuestos en esta investigación al igual que la pregunta problematizadora, ello realizando contraste con los datos obtenidos durante el proceso de intervención con los educandos; por ende se concluye que:

Una secuencia de actividades que realmente potencie el desarrollo de una competencia científica propia del pensamiento formal como lo es la construcción de modelos teóricos, debe incluir en su diseño las teorías del desarrollo cognitivo, que en el caso de este trabajo se incluyeron teniendo en cuenta los principios del programa de desarrollo de competencias científicas “pensar con la ciencia” y la adaptación de una de sus lecciones. Lo anterior quedó evidenciado en el hecho de que cerca de la mitad de los alumnos de grado décimo que participaron en el estudio piloto tuvieron éxito en la construcción del modelo de rayos de la propagación de la luz.

En conexión con lo anterior, es imprescindible que se lleve a cabo un proceso para la construcción de actividades que involucre los pilares de la aceleración cognitiva (preparación concreta, conflicto cognitivo, metacognición, mediación social y transferencia), de tal manera que mediante estos cinco componentes se contextualice a los educandos acerca de algunas nociones básicas y necesarias sobre la luz como fuentes de luz (que son, clasificación y diversidad), la idea de rayo de luz, trayectoria rectilínea de la luz, y el papel de la propagación de la luz en la formación de sombras. Con respecto a esto, si los estudiantes y el docente no trabajan en la zona de desarrollo próximo de los primeros es muy poco probable que se dé un aumento en el nivel de pensamiento, por lo que las actividades siempre deben inducir a labores en grupo.

En relación con lo anterior después de un desafío cognitivo, realizar una actividad experimental ayuda a asimilar las nuevas ideas en las estructuras cognitivas de los educandos ya que pueden evidenciar e interactuar por su propia cuenta con la propagación de la luz en línea recta; en este trabajo aquello se pudo comprobar con aquel dilema de si la luz era un efecto instantáneo o viajaba, para lo que el conflicto generado por preguntas del docente junto con un texto refutacional expositivo y una posterior vivencia experimental para observar la trayectoria de la luz, pudo cambiar aquella idea de instantaneidad de la luz en un

90%; lo que permitió también llevar a cabo una representación de los rayos de luz propagándose para formar sombras en otra actividad posterior; situándose con ello algunos grupos en un nivel de pensamiento transicional (concreto avanzado /formal temprano) y los grupos menos aventajados en un pensamiento concreto avanzado.

En consonancia con lo anterior, diseñar una secuencia didáctica de este tipo implica que las actividades estén focalizadas en razonar y no en la enseñanza formal y rígida de un contenido, ya que las continuas situaciones tanto en las hojas de trabajo como en las plenarias con el docente son las que potencian el desarrollo del pensamiento; en la actividad 4 adaptada del programa “pensar con la ciencia” por ejemplo se presentó el caso en que solo dos grupos pudieron llegar de manera somera mediante razonamiento al establecimiento de una relación de proporcionalidad con las sombras por el elevado nivel de pensamiento que exigía. Sin embargo a pesar de que no todos los grupos llegaron a ello por lo menos se enfrentaron a una situación en la cual mediante inferencias hipotéticas, análisis, medición, interpretación, cálculos y dialogo, los forzó a pensar; debe resaltarse con respecto a lo anterior que a pesar de que se le realizaron algunos ajustes para contextualizar y aterrizar un poco esta actividad con el fin de que tuviese una continuidad tanto con las actividades anteriores y posteriores, a los estudiantes se les dificultó un poco su resolución ya que sus bases en proporcionalidad no eran muy buenas, pero de igual forma eso no fue un obstáculo para que al final se pudiera lograr el objetivo, por el contrario fue de gran ayuda, ya que las situaciones donde estaba presente la proporcionalidad promovieron un razonamiento profundo.

Las actividades del primer bloque prepararon a los educandos para el desarrollo de la competencia científica de modelización teórica ya que en esta parte a nivel general había claridad acerca de la propagación de la luz mediante las nociones básicas trabajadas de forma secuencial y progresiva en las actividades, tanto así que los educandos ya eran capaces de realizar un trazado de rayos (no tan claro aún) para representar la trayectoria de la luz y el mecanismo de formación de sombras; por lo que el diseño de una secuencia didáctica que propicie el desarrollo cognitivo debe ser planeado de manera que las nociones presentadas en las actividades mediante los desafíos cognitivos, experimentos y discusiones promuevan una evolución gradual del pensamiento, es decir no deben plantearse de entrada actividades

abstractas por que el pensamiento formal no es algo que se desarrolle de forma inmediata y menos por medio de la construcción de conocimiento en torno a un fenómeno como lo es la propagación de la luz, ya que por su naturaleza no tangible tiende a generar mucha confusión en los alumnos, pese a esto las actividades deben ser ideadas de tal forma que primero se comprenda que la luz tiene origen (fuentes), y que se propaga; en el presente trabajo mediante ilustraciones que evocaban situaciones cotidianas y través de discusión los estudiantes comprendieron que la luz no era un gran todo (un gran haz de luz) sino que viajaba en forma de miles de rayos que representaban la dirección de propagación de la luz y que su percepción dependía en gran medida de la naturaleza del medio; después de ello se sometió a análisis el fenómeno de la formación de sombra en el que la trayectoria en línea recta de la luz justificaba su ocurrencia, el cual fue primordial para que los estudiantes empezaran a modelar de forma mental el paso de los rayos por un objeto opaco desde que salen de su fuente hasta llegar a una pantalla (pared en este caso); esto conllevó a un primer acercamiento al modelo de rayos. De acuerdo a lo anterior es bueno incluir otros hechos y fenómenos fácilmente evidenciables en la cotidianidad que den fe de la propagación de la luz, y ponerlos a consideración de los estudiantes, ya que de esta manera se va avanzando hacia la competencia científica que se pretende desarrollar.

Por otra parte, en un diseño de este tipo debe existir otro bloque de actividades que se realicen de manera individual por parte de los estudiantes y en las cuales se evidencie la construcción y aplicación de la competencia científica que se desee desarrollar; si es necesario el maestro puede construir un andamiaje simple que sirva como base para ello. De acuerdo a lo anterior en la primera actividad del segundo bloque varios de los educandos dejaron evidenciado el desarrollo de la competencia de modelización teórica, ya que mediante un esquema construido por el docente en el que se representó una fuente de luz, un aro de 7 cm y una pantalla, pudieron representar la propagación de los rayos de luz de manera detallada, ilustrando como es el paso de los rayos por objetos opacos (aros) y no obstante con ello llevaron a cabo un razonamiento en el que a partir de los rayos trazados determinaron la posición de los otros aros de manera que sus sombras formaran una sola en la pantalla, demostrando así también una mejoría en su pensamiento proporcional y poniendo a prueba su metacognición; todo esto sustentado con una explicación escrita que por la manera de argumentarla y de usar algunos términos propios de un pensamiento formal

avanzado se constituyó en un modelo teórico (modelo de rayos de la propagación de la luz en línea recta).

Cuando los alumnos demuestran capacidad para analizar, hipotetizar, razonar y concluir acerca de un modelo teórico construido con respecto a un fenómeno en un contexto con condiciones diferentes al contexto donde inicialmente se construyó y adicional a ello demuestran un razonamiento proporcional bueno, están comprobando que realmente desarrollaron un pensamiento de orden superior que se ubica según la escala de pensamiento establecida por (shayer & Adey, 1981) en un pensamiento formal avanzado; por lo que es necesario diseñar una actividad de conexión (aplicación) e incluirla al final de la secuencia didáctica. Lo anterior se afirma con plena certeza teniendo en cuenta el desempeño de los educandos en la actividad extra de aplicación, ya que mediante la creación de un contexto esta vez con algo de matemática los estudiantes a partir de hipótesis y deducciones modelaron en el esquema la propagación de los rayos de luz de una manera geométrica, realizando un análisis inferencial acerca de la ubicación de dos líneas (que en este caso eran los aros), ayudados con una regla para medir el diámetro a partir de dos rayos. De igual forma partiendo del cálculo de la razón entre diámetros y distancias de los aros y la pantalla a la fuente de luz, realizaron una abstracción mediante la cual pudieron llegar a una conclusión que relacionaba la constante obtenida en el cálculo de las razones con la coincidencia de las sombras en una sola.

Basándose en todo lo anterior se puede afirmar que utilizar los principios teórico - prácticos del programa de desarrollo competencias científicas “pensar con la ciencia”, propicia el desarrollo cognitivo de estudiantes de grados escolares como por ejemplo decimo, en que ya se ha desarrollado por lo menos un pensamiento concreto y por ende propicia la construcción de modelos teóricos, en este caso del modelo de rayos de la propagación de la luz.

Concordando con lo anterior también se concluye que el desarrollo del pensamiento no siempre es uniforme es decir no todos los educandos llegarán a un pensamiento formal temprano o avanzado, algunos se quedan en concreto avanzado, y otros en formal temprano y es aquí donde entra la importancia de adaptar los principios de la aceleración cognitiva para propiciar un nivel de pensamiento más alto.

9. Referencias Bibliográficas.

- Adey, P. (1999). La Ciencia Del Pensamiento y las Ciencias para el Pensamiento: La Aceleración Cognitiva Mediante la Educación Científica (CASE). Ginebra, Suiza: Editora de la Oficina Internacional de la Unesco.
- Adey, P., & Shayer, M. (2002). La Aceleración Cognitiva Llega a la Madurez. En C. Uribe (Trad.), *Learning Intelligence: cognitive acceleration across the curriculum from 5 to 15 years*. (Ilustrada, pp. 1-117). Open University Press.
- Antón, J. L., Andrés, D. M., & Barrio, J. (2009). *Física 2º Bachillerato*. Editex.
- ASALE, R.-. (s. f.). explicación. Recuperado 24 de junio de 2016, a partir de <http://dle.rae.es/?id=HJU0LSu>
- Barba, M., Cuenca, M., & Gómez, A. (2007). Piaget y L. S. Vigotsky en el Análisis de la Relación entre Educación y Desarrollo, 42(7), 2.
- Blizak, D., Chafiqi, F., & Kendil, D. (2009). Students' misconceptions about light in Algeria (Vol. 9666, pp. 1-8). <https://doi.org/10.1117/12.2207972>
- Bonilla, A & Gonzalez, G (2008). \iDiseño de Actividades para la Aceleración Cognitiva Mediante la Educación en Ciencias Focalizadas en el Esquema de Probabilidad (Tesis de Pregrado). Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Campos, V. (2006). *Física: principios con aplicaciones*. Pearson Educación.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1999). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia* (1.^a ed.). Ediciones Morata.
- Eder, M. L., & Adúriz, A. (2008). La Explicación En Las Ciencias Naturales Y En Su Enseñanza: Aproximaciones Epistemológica Y Didáctica. *Revista Latinoamericana de*

- Estudios Educativos (Colombia)*, 2(4). Recuperado a partir de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=134112597007>
- Gagliardi, M., Giordano, E., & Recchi, M. (2006). Un Sitio Web para la Aproximación Fenomenológica de la Enseñanza de la Luz y la Visión, 24(1).
- Galili, I., & Hazan, A. (2000). Learners Knowledge in Optics: Interpretation, Structure and Analysis, 22(1), 57-88.
- Garello, M. V., Rinaudo, M. C., & Donolo, D. (2015). Valoración de los estudios de diseño como metodología innovadora en una investigación acerca de la construcción del conocimiento en la universidad. *Revista de Educación a Distancia*, 0(5DU). Recuperado a partir de <http://revistas.um.es/red/article/view/245061>
- Garona Paula, Jimenez Raquel, Laseca Ana, Garona Teresa, Luezas Rebeca, & Ruiz Beariz. (2011). Descubriendo la Luz. Recuperado a partir de http://www.csicenlaescuela.csic.es/proyectos/optica/experiencias/LA_RIOJA/2/larioja_1.htm
- Hung, E. S. (2013). *Habilidades cognitivas y socioemocionales: Una investigación en estudiantes de media vocacional y formación técnica en el Atlántico*. Universidad del Norte.
- Langley Dorothy, & Ronen Miky. (1997). Light Propagation and Visual Patterns: Preinstruction Learners' Conceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), 399-424. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199704\)34:4<399::AID-TEA8>3.0.CO;2-M](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199704)34:4<399::AID-TEA8>3.0.CO;2-M)

- Marquez Victor. (2014). *Diseño de Actividades Experimentales para la Enseñanza de la Optica, en Alumnos de los Grados Quinto de Educación Basica Primaria y Sexto de Basica Secundaria* (Tesis de Maestria). Universidad Nacional de Colombia, Medellin, Colombia.
- Orozco, S. (2005). *Diseño de Actividades para la Aceleración Cognitiva Mediante la Educación en Ciencias Focalizadas en el Esquema de Proporcionalidad*. (Tesis de Pregrado). Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Pedroso, M. L. (2004). *El Adolescente y su Psicología*. Editorial San Pablo.
- Perez Eliexer, & Falcón Nelson. (2009). Diseño de Prototipos Experimentales Orientados al Aprendizaje de la Optica. *Marzo de 2009*, 6, 452-465.
- Piaget, J. (1982). Development and Learning. *Enseñanza de las Ciencias*, 2.
- Piaget, J. (1991). *Seis Estudios de Psicología* (Primera Edición). Barcelona, España: Editorial Labor, S.A.
- Pozo, J & Carretero, M. (1987). Del Pensamiento Formal a las Concepciones Espontáneas: ¿Qué Cambia en la Enseñanza de la Ciencia? *Infancia y Aprendizaje: Journal for the Study of Education and Development*, (38), 35-52.
- Refolio, M., Gómez, M., Moreno, E., Cejudo, S., & López, J. (2009). *Optica para Maestros. una aproximación del modelo de rayos para el aula de educación infantil y primaria*. Madrid, España: Comunidad de Madrid; Consejería de Educación.
- Richmond, P. (1970). *Introducción a Piaget* (1.^a ed.). Madrid, España: Fundamentos.
- Serrano, A. (2013). *El Comportamiento de la Luz: Diseño y Evaluación de una Secuencia de Enseñanza Basada como Investigación Orientada*. (Tesis de Pregrado). Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.

Serway, R. (2002). *Física para Ciencias e Ingeniería* (Quinta Edición, Vol. 2). Mexico: McGraw - Hill.

Shayer, M., & Adey, Philip. (1981). *Towards a Science of Science Teaching: cognitive development and curriculum demand* (Primera Edición). Estados Unidos: Athenaeum Press Ltd.

Tipler, P., & Mosca, G. (2010). *Física para la Ciencia y la Tecnología*. (sexta edición, Vol. 2). Barcelona, España: Reverte.

Uribe, C. (2005). *Pesar con la Ciencia*. Universidad del Valle.

Uribe, C., Quintero, M., & Rodríguez, A. (2005). *Intervención en el Desarrollo Cognitivo Mediante las Ciencias Naturales: Comparación de dos Casos*. (Vol. Numero Extra, p. 5). Presentado en VII Congreso de Enseñanza de las Ciencias, España: Universitat Autònoma de Barcelona.

Uribe, C., & Solarte, M. C. (2016). *EDUCAR MENTES PARA PENSAR: Desarrollo en el Aula del Pensamiento Científico*. Cali, Colombia.: Universidad del Valle.

Valcárcel, M., & Sánchez, G. (1993). *Diseño de unidades Didácticas en el Área de ciencias Experimentales*, 11(1), 33-34.

10. Anexos.

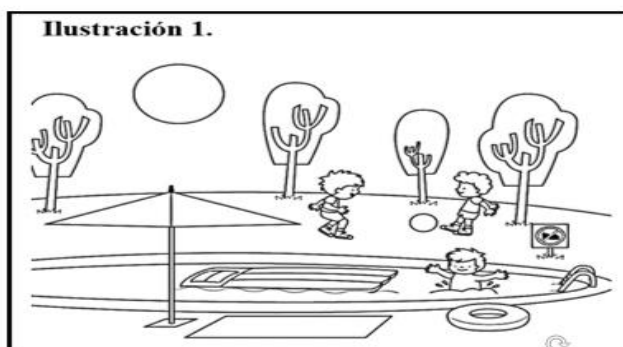
Hojas de trabajo para las actividades**Actividad 1: Explorando la Luz y su Presencia en la Vida.****Nombres:**



¡Hola! Te acompañare al inicio de todas las actividades, recordándote algunos aspectos importantes de las actividades que desarrolles como ayuda para entender las actividades siguientes. Por ahora comenzaremos con la actividad número 1. ¡vamos!

1. ¿Qué entienden por fuente de luz?

2.



- De acuerdo a la ilustración 1, 2 y 3; ¿qué fuentes de luz se encuentran en ellas?; adicional a ello mencionen cuales son naturales y cuales artificiales y describan de manera muy breve para cada caso el papel o la función que está teniendo la luz. (10 min)

3. ¿Cuándo encienden una fuente de luz (bombillo, una lámpara o una vela) creen que dicha luz llena inmediatamente todo el espacio? Explicar (23 min)

Posiblemente pueda que hayas contestado que efectivamente la luz sí llena de manera instantánea todo el espacio cuando enciendes un bombillo o una lámpara, o al menos hayas dicho algo similar, basándote en tus propias vivencias cotidianas, sin embargo ¡ESTO NO ES VERDAD! Ya que la luz tarda un tiempo en llegar desde la fuente de luz (lámpara, bombillo, linterna vela, etc.) hasta las paredes. Muy seguramente has escuchado y visto en algún documental o libro que varios científicos han demostrado que la luz tarda 4.3 años en viajar en el espacio desde la estrella más cercana al sol, llamada Alfa Centauro hasta llegar la tierra². Esto significa que su distancia hasta nosotros es 4.3 años luz (un año luz es la distancia que la luz recorre en un año; $1 \text{ año luz} = 9,46 \times 10^{12} \text{ km}$ es decir 9 460 730 472 580,8 km, para ser más exacto).

Otro ejemplo de ello es el hecho de que la luz tarda 8 minutos en recorrer una distancia de 150 millones de kilómetros desde el sol hasta nosotros³.

4. Teniendo en cuenta lo anterior, ¿cómo creen que llega la luz desde las fuentes que identificaron, hasta los objetos, personas, arboles etc, presentes en las ilustraciones? dibújenlo sobre las ilustraciones. Es decir, la dirección que creen que sigue la luz desde su fuente hasta llegar a los objetos o personas. (20 min)
5. ¿Qué nombre reciben aquellas direcciones de la luz que dibujaste? (10 min)

² Nieves, J. (2006). *Hablemos de Ciencia*. (primera edición, Vol. 1). México: EDAF.

³ Fernández, S. (2013). *La puerta de los tres cerrojos*. Barcelona: Océano.

Actividad 2: ¡Experimentemos para Observar la Trayectoria de la Luz!



En la actividad anterior aprendiste que la luz no proviene de la nada por arte de magia, que tiene una procedencia, además de ello te hiciste una idea del cómo se propaga la luz y como es su dirección. Te invito ahora a conocer más de aquella propagación, esta vez de manera experimental, ¡vamos!

Actividad Experimental.

Materiales.

Lo siguientes materiales se deben traer por grupos de trabajo:

4 almohadillas para tiza

Un láser.

Gafas de seguridad.

Un tapabocas por cada integrante del grupo.

Un vaso de cristal liso (es decir sin grabados)

Una bolsa de leche pequeña

Una botella con agua.

Un trapo

Regla (larga)

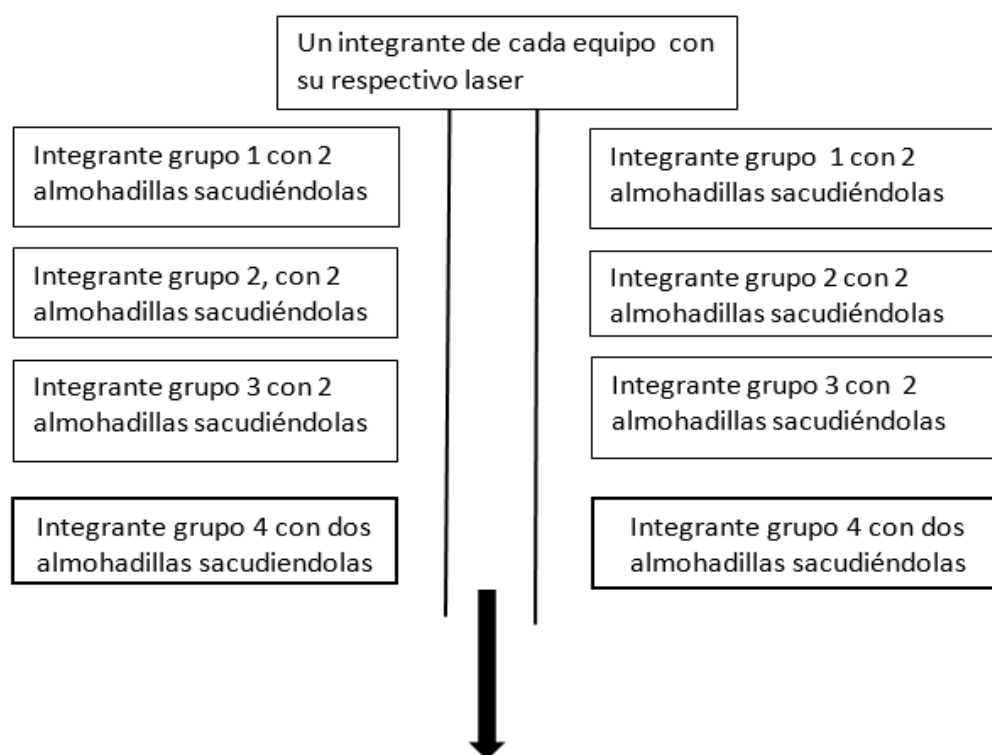
Hojas de trabajo.

Por tu Seguridad ten en Cuenta que: Al usar el láser debes apuntar solo hacia las cosas que te indique tu profesor o hacia las que indique la hoja de trabajo, pero nunca a los ojos de tus compañeros o profesor ya que este ocasiona daños letales a la vista como: lesiones graves a la retina, ceguera temporal, o en el peor de los casos pérdida definitiva del 60% de la visión.

1. Apunten con el láser hacia varios lugares del salón (pared, tablero, cuadernos, hacia afuera del salón, etc) ¿Es observable la trayectoria que sigue la luz hasta la pared, tablero etc.? ¿Qué es lo que se observa?

2. Formen una hilera de dos filas en una fila se ubican cuatro personas (una del grupo 1, una del grupo 2, una del grupo 3 y otra del grupo 4) y en la otra hilera se ubican otras cuatro de la misma forma; otros cuatro integrantes de cada grupo se ubicaran con el láser en medio de las dos hileras al inicio de las filas, tal como se muestra en la siguiente figura:

3.



Al sacudir las almohadillas los integrantes situados en la otra punta con el láser deben hacerlo incidir por este camino a través del polvo de tiza.

Luego de estar correctamente ubicados, deben esperar la señal de su profesor para que los integrantes situados en las hileras sacudan las almohadillas con el polvo de tiza, para que los integrantes ubicados en el inicio de la hilera inmediatamente hagan incidir el rayo láser a través del polvo de tiza.

importante: previo a ello deben preparar las almohadillas empapándolas del polvo de tiza con ayuda de su profesor.

❖ Cada grupo debe ir anotando lo observado e irlo plasmando en este espacio:

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Una vez habiendo concluido lo anterior, cada equipo va a llenar el vaso de cristal con agua, hasta aproximadamente 3 cm antes de llegar al borde, posterior a ello verter 5 gotas de leche, y hacer que el láser atraviese el agua-leche contenida en el vaso, desde distintas posiciones (desde arriba haciéndolo pasar desde la superficie hacia el fondo, desde un lado del vaso haciéndolo pasar por el cristal y el agua, haciéndolo incidir también desde lejos, desde cerca, etc). No olvidar ir anotando todo lo observado.

De acuerdo con los dos experimentos realizados respondan lo siguiente:

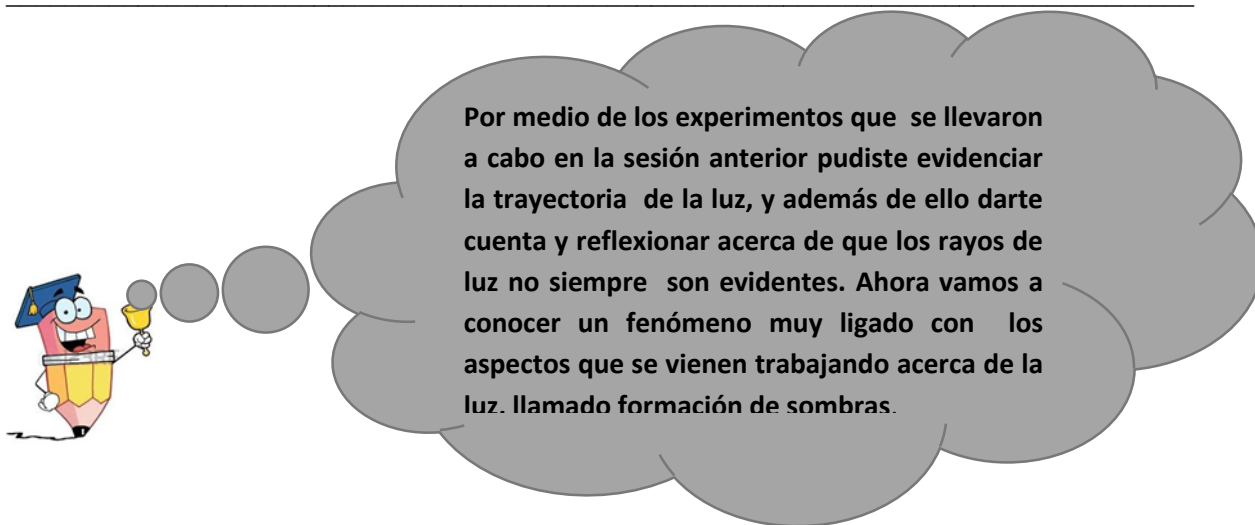
1. ¿Es observable la trayectoria que sigue la luz a través del polvo de tiza y a través del agua leche? Representalo en un dibujo o esquema y explícalo.

2. ¿Cuándo apuntaron con el láser al inicio de la actividad, hacia varios lugares y cosas del salón se podía observar la trayectoria que seguía la luz como en las dos situaciones anteriores? Explica la razón.

3. Concluyan de qué forma viaja la luz y de que depende el que dicha propagación o viaje sea perceptible a la vista.

Actividad 3: Las Sombras.

Nombres: _____



Nota: Tu profesor te dará por grupos un monigote (silueta de un muñeco) de cartón paja, deben cuidarlo ya que es fundamental durante toda la actividad

¡A experimentar de nuevo!

Materiales.

Linterna

Monigote de cartón paja

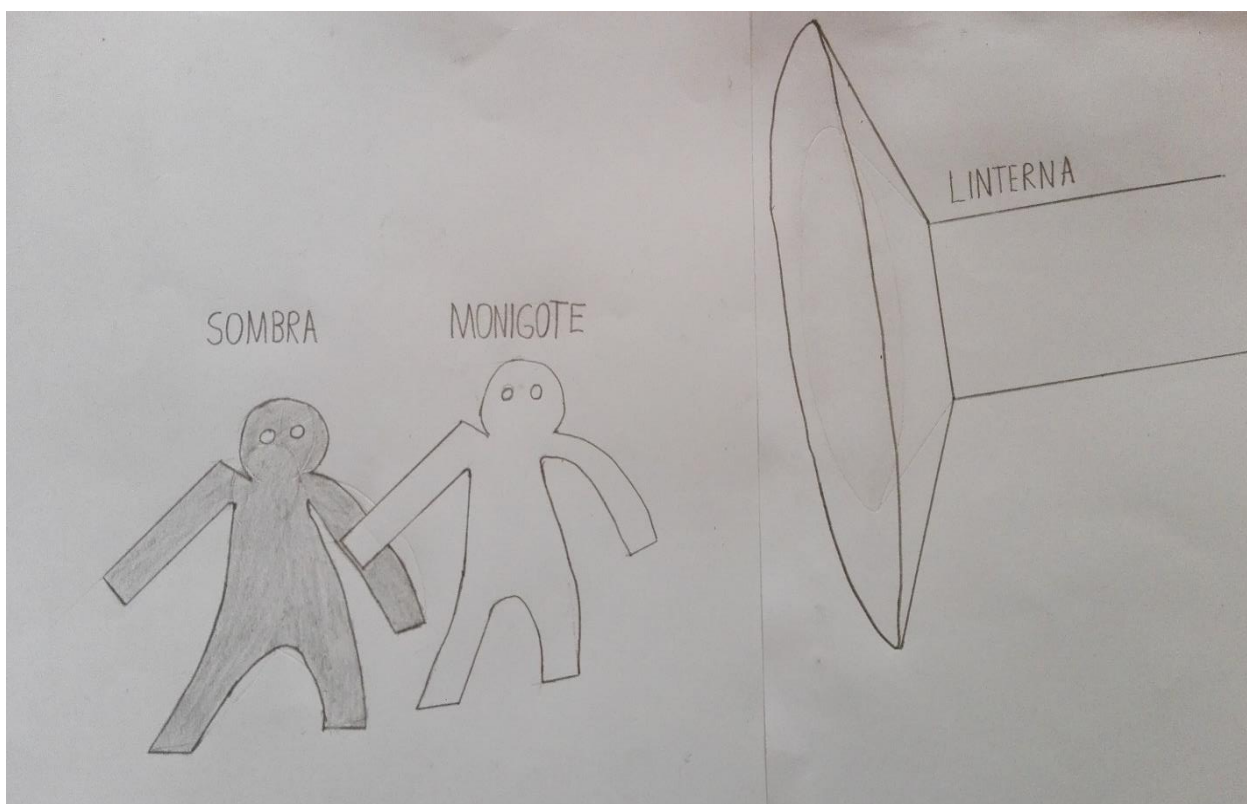
Regla (larga).

Hojas de trabajo

1. Acerquen un poco el monigote a la pared a unos 15 cm aproximadamente, mientras uno de los integrantes del grupo lo ilumina con una linterna situándose de frente a aproximadamente medio metro. Describan detalladamente lo que ven en la pared.

2. ¿Cómo creen que se forma aquello que observaron en la pared?

3.

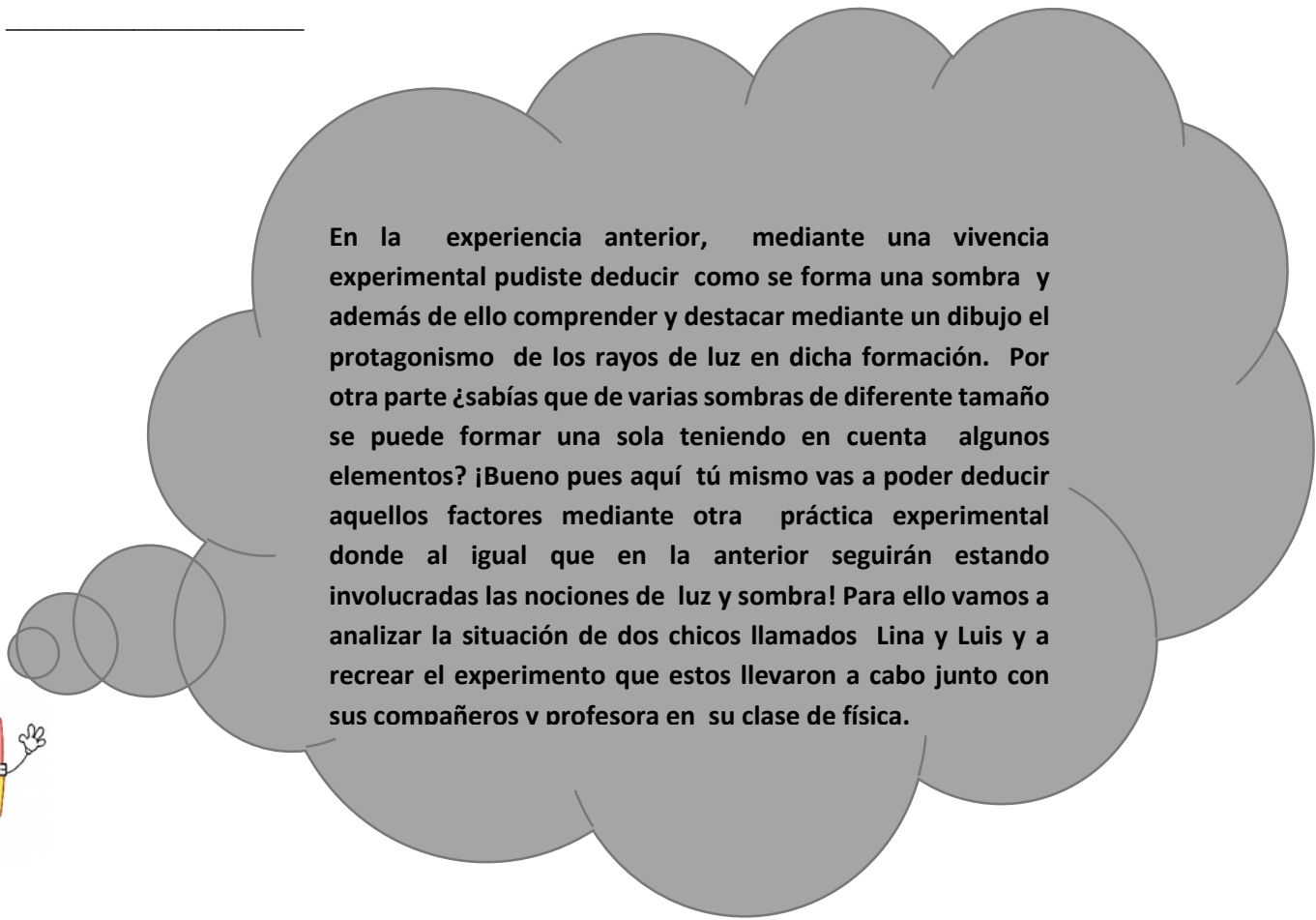


De forma individual traza en el dibujo algunos rayos de luz que salen desde la linterna y que no son obstruidos por el monigote, los cuales pasan por su contorno y llegan hasta la pared para formar su sombra (no es necesario que traces miles de rayos, puedes trazar solo uno que pase por el contorno de la cabeza, otro que pase por el contorno del brazo derecho, otro que pase por contorno del pie derecho, y otros dos rayos más si lo deseas).

Nota: Teniendo en cuenta que esta parte de la actividad es individual el profesor te entregara una hoja con el anterior esquema y su enunciado la cual debes marcar con su nombre, y llevar a cabo el trazado de rayos de manera individual.

Actividad 4: Proyección de Sombras (desde una perspectiva de la proporcionalidad).

Nombres:



En la experiencia anterior, mediante una vivencia experimental pudiste deducir como se forma una sombra y además de ello comprender y destacar mediante un dibujo el protagonismo de los rayos de luz en dicha formación. Por otra parte ¿sabías que de varias sombras de diferente tamaño se puede formar una sola teniendo en cuenta algunos elementos? ¡Bueno pues aquí tú mismo vas a poder deducir aquellos factores mediante otra práctica experimental donde al igual que en la anterior seguirán estando involucradas las nociones de luz y sombra! Para ello vamos a analizar la situación de dos chicos llamados Lina y Luis y a recrear el experimento que estos llevaron a cabo junto con sus compañeros y profesora en su clase de física.

Lina y Carlos, son dos estudiantes de grado decimo, ambos tienen una característica en común y es su gusto por la experimentación, cierto día aprovechando que en su asignatura de física estaban abordando algunas cuestiones sobre la luz al igual que las que ustedes han venido tratando hasta la presente actividad; su profesora les llevó un experimento que tenía que ver con la formación de las sombras de unos aros en una pantalla (tabla triplex) utilizando una fuente de luz; Lina que es un poco más curiosa que Carlos descubrió algo que para ella fue un hallazgo sorprendente: Lina observó que mientras acercaba o alejaba de la pantalla uno de los aros, algo ocurría con el diámetro de la sombra de aquel aro; pero luego cuando la profesora pidió que colocaran otros dos aros de diferente tamaño (diámetro), Carlos hizo un hallazgo aún más sorprendente que el de Lina: ¡De tres sombras se formó una sola!

Con respecto a lo anterior, la profesora contenta de ver los curiosos hallazgos de estos dos estudiantes, con el objetivo de que concretaran y encontraran una justificación a dichos acontecimientos descubiertos les planteó el siguiente interrogante: ¿Qué factores son los que influyeron para que Lina afirme que al diámetro le ocurre algo cuando se acerca o aleja de la fuente de luz y para que Carlos asegure que de varias sombras se forma una sola?



Vamos a realizar el mismo experimento que Lina y Carlos llevaron a cabo para que también nosotros descubramos que factores fueron los que los llevaron a asegurar lo anterior y así mismo poder dar respuesta a la pregunta que les planteó su profesora, para ello necesitamos conseguir los siguientes materiales por grupos de trabajo:

Fuente de luz (foco o linterna).

Tres aros de 3, 4 y 5 cm de diámetro, con soporte vertical

Pantalla (pedazo de cartón o triplex)

Regla (larga)

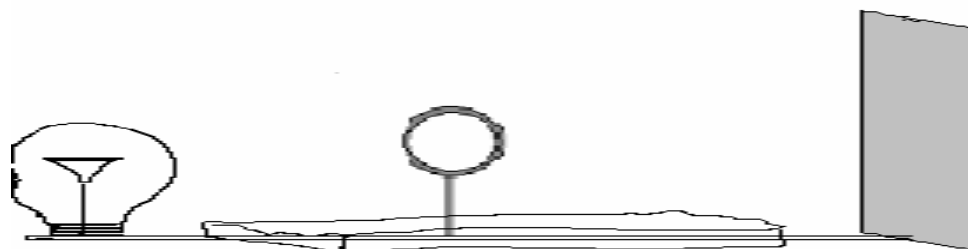
Plastilina (para sujetar anillos y pantalla)

Calculadora

Hoja de trabajo.

Experimento de Proyección de Sombras que Lina, Carlos y sus Compañeros Llevaron a Cabo con su Profesora:

Sección a)



- Coloquen una tira de plastilina entre la fuente de luz y la pantalla como lo indica la figura.
- Fijen sobre la plastilina el anillo pequeño (de 3 cm de diámetro), enciendan el bombillo y observen el tamaño de la sombra sobre la pantalla.
- Midan el diámetro de la sombra del anillo y apúntenlo en la tabla #1
- Quiten el anillo pequeño y en ese mismo sitio coloquen uno por uno los demás anillos midiendo el diámetro de sus sombras y apuntenlos también en la tabla.

Tabla No. 1.

Diámetro anillo	Diámetro sombra
Pequeño: 3cm	
Mediano: 4cm	
Grande: 5cm	

- ¿Crees que hay relación entre el diámetro del anillo y el diámetro de su sombra?

PISTA: Analiza el tamaño del diámetro de la sombra en la pantalla a medida que se va aumentando el diámetro de los aros.



SI _____ NO _____

- Si la respuesta es “sí” ¿Qué tipo de relación hay entre ellos?

Sección b) Apaguen el bombillo y contesten las siguientes preguntas a manera de predicción sin hacer la prueba.

Nota: ¡Es en esta parte donde Lina se lleva un gran asombro!

- ¿Qué pasará con el tamaño de la sombra de cualquier anillo, cuando éste se acerca a la pantalla?

- ¿Qué pasará con el tamaño de la sombra del anillo, cuando éste se aleja de la pantalla?

Ahora enciendan el bombillo y comprueben si se cumple lo que respondieron en las dos preguntas anteriores y marca con una X cualquiera de los dos campos que se presentan a continuación

Se cumple _____ No se cumple _____

- Después de comprobar si se cumplía o no se cumplía su predicción ¿qué conclusión obtienen después de encender el bombillo y realizar la prueba?

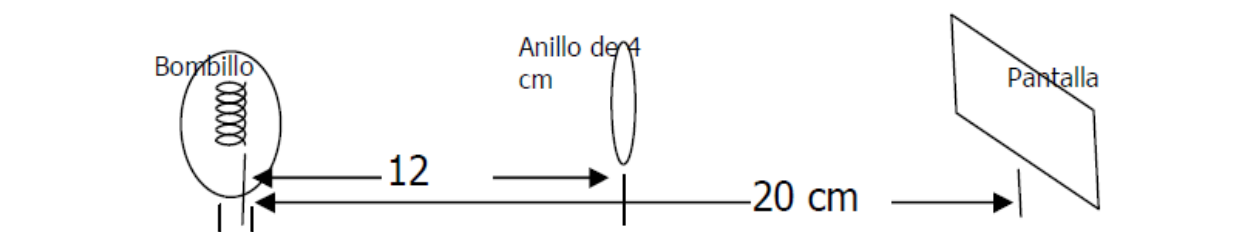
Sección c) Apaguen el bombillo y contesten la siguiente pregunta a modo de predicción sin hacer la prueba.

- ¿Cómo creen que se deben colocar los anillos de 3 cm y 5 cm de diámetro entre el bombillo y la pantalla para que sus sombras coincidan y se observe una sola sombra? es decir, ¿cuál de los anillos debe estar más cerca del bombillo y por qué?

- **Ahora enciendan el bombillo** y prueben si su idea efectivamente funciona. Si no llegaron a lo que esperaban, intenten acomodarlos hasta lograrlo. ¿Cuál sería entonces la posición correcta?

Sección d) Con el bombillo apagado, coloquen la pantalla a 20 cm de la mitad del plafón del bombillo (la base que le da soporte al bombillo).y coloquen el anillo mediano a 12 cm de la mitad del plafón, algo parecido a como lo muestra la siguiente figura.

Nota: Es en esta parte donde Carlos descubre aquello de las sombras mencionado al inicio de la actividad



- Piensen, donde se deberá colocar el aro pequeño de 3 cm y donde se deberá colocar el aro grande de 5cm, para que sus sombras coincidan (es decir se vea una sola) sobre la pantalla; y dibujen sobre el bosquejo anterior la posición en la que ustedes creen que se deben colocar los anillos de 3 cm y 5 cm

Enciendan el bombillo e intenten acomodar los anillos de 3 y 5 cm hasta obtener una sola sombra, sin mover el anillo de 4 cm; cuando lo logren, tomen los datos: diámetro del anillo y distancia a la fuente luz; registren los datos en la tabla No. 2 de la siguiente pagina

Tabla No.2

	Distancia a la luz		Razón
Diámetro del anillo	Datos de su grupo	Promedio clase	Diámetro : distancia
3cm			
4cm			
5cm			

- ¿Cuál es la relación entre el diámetro del anillo y su distancia a la fuente de luz?

Comprobemos lo aprendido!

- **Completen la siguiente frase:**

Completa la frase:

Cuando las sombras de los anillos coinciden, la distancia de cada uno a la fuente de luz es _____ al diámetro respectivo.

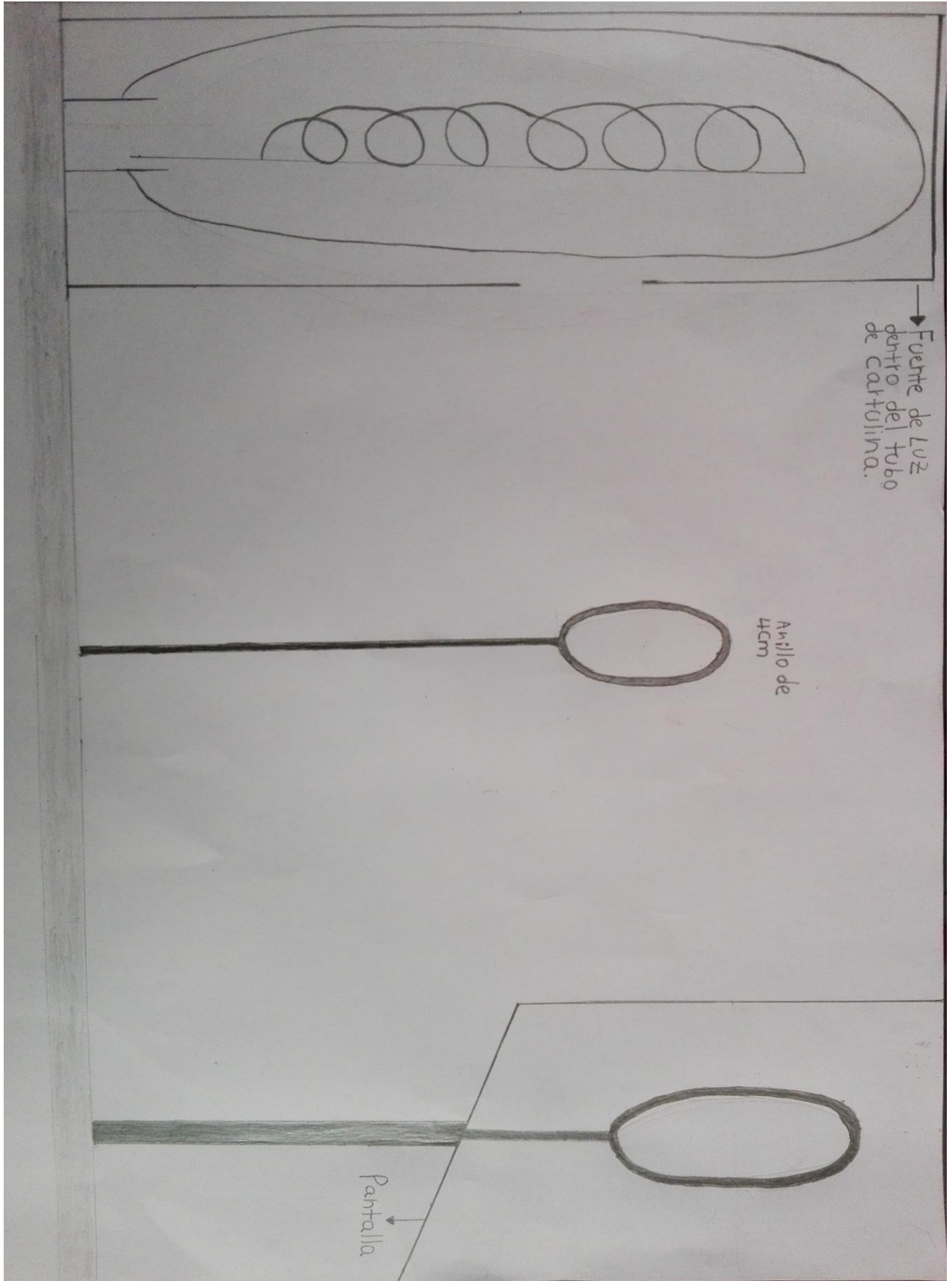
- ¿Qué relación existe entre la **distancia de los aros a la pantalla** con la variable **diámetro de los aros**?

Actividad 5: ¡Deduciendo el modelo de rayos!**Nombre:** _____

Hasta esta parte, por medio de actividades de interpretación y deducción; experimentación y diálogos con tu profesor y compañeros, has aprendido acerca de la propagación de la luz en línea recta desde una fuente; la noción de rayo de luz y su representación; la formación de una sombra y el papel que la luz desempeña en ello, de igual forma también aprendiste acerca de la proporcionalidad que puede darse entre sombras, pues bien...!ahora todos esos aspectos tu los vas a utilizar para la construcción de

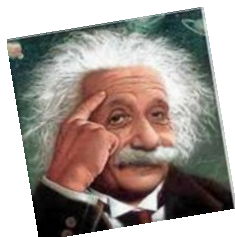


1. El siguiente dibujo es una representación un poco más grande y detallada del montaje de la fuente de luz, el aro de 4 cm de diámetro y la pantalla. De manera individual Sitúa de nuevo los aros de 3 cm y 5 cm (dibujándolos) esta vez de manera más detallada (similar a como está representado el aro de 4 cm).



ACTIVIDAD ADICIONAL DE RAZONAMIENTO: ¡Jugando con la Posición de los Aros a Partir de los Rayos de Luz!

Nombre: _____



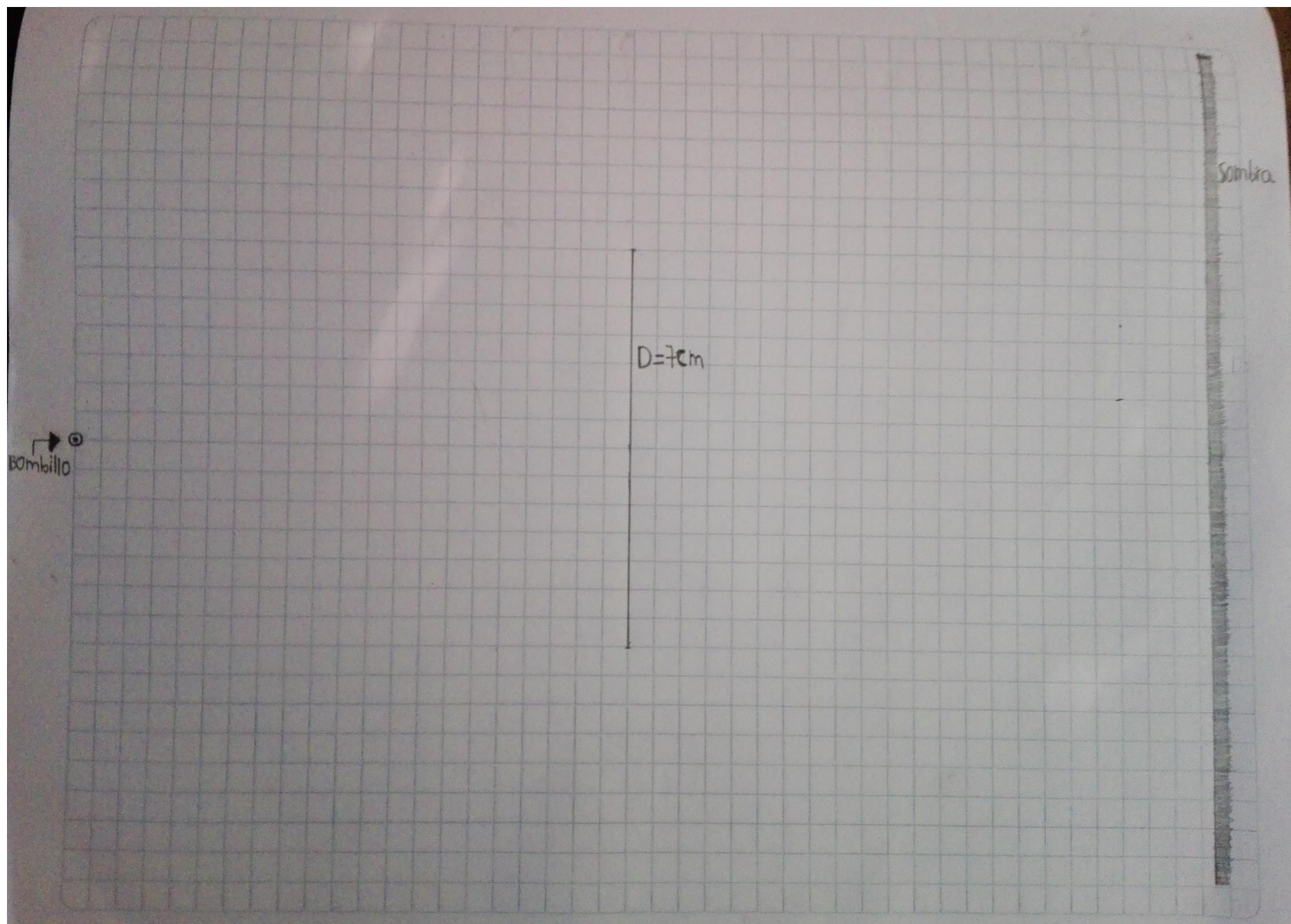
Después de toda una travesía por las actividades 1, 2, 3 y 4, finalmente en la actividad 5 construiste una explicación en la que involucraste el modelo de rayos de la propagación de la luz en línea recta y su representación gráfica.

¡Pues bien! Ahora aprovechando que has construido la idea de rayo, vas a utilizarla en esta actividad para probar tu destreza ubicando la posición de los aros a partir de dos rayos de luz.



Nota: Esta actividad requiere de mucha concentración, por lo que debes ser muy cuidadoso y lo más exacto posible al medir con la regla; lo que llevaras a cabo aquí constituye una especie de fusión entre la actividad 4 y la actividad 5 solo que en términos un poco más cuantitativos por lo que no se te dificultará llevarla a cabo.

El esquema que se muestra a continuación es algo parecido al esquema de la actividad 5 sobre el cual dibujaste, solo que en este caso particular los aros son de un tamaño diferente; en dicho esquema está representado la ubicación de uno de los tres aros (aro de 7 cm de diámetro), una fuente de luz (bombillo) y la pantalla.



Con respecto a lo anterior realiza lo siguiente:

1. Traza sobre el esquema los dos rayos de luz principales que definen la sombra del aro de 7cm. Luego mide con la regla el diámetro de la sombra y la distancia de la sombra a la fuente de luz (o lo que es igual, de la pantalla a la fuente). Escribe los datos en la segunda fila de la tabla y calcula la razón entre el diámetro de la sombra y su distancia a la fuente, escribiéndolo en la última columna.

Tabla # 3

Diámetro de los Aros	Diámetro sombra	Distancia a la Fuente de luz (Bombillo)	Razón (diámetro/distancia)
Pantalla			
7 cm			
3 cm			
13 cm			

1. Ahora mide la distancia del aro de 7 cm a la fuente de luz y calcula la razón entre su diámetro y dicha distancia medida, y escríbela en la tabla.
2. Ubica el aro de 3 cm de diámetro de tal forma que su sombra coincida con la sombra del aro de 7cm. Luego mide la distancia a la fuente de luz y calcula en este caso también la razón entre el diámetro del aro y la distancia. Realiza también lo mismo con el aro de 13 cm de diámetro, ubicándolo de modo que su sombra coincida con la sombra de los otros dos aros. Mide la distancia a la fuente de luz, calcula la razón y consigna el valor en la tabla.
3. Si al aro de 3 cm y de 13 cm se les diera una ubicación diferente a la que le diste se seguirá formando una sola sombra? (explícalo teniendo en cuenta aquello de la propagación de la luz en forma de rayos)
4. Concluyan que se deduce de la comparación de las razones en la última columna de la tabla.

PROGRAMAS GUÍA PARA EL DOCENTE.

Actividad 1: Explorando la Luz y su Presencia en la Vida.

Introducción.

Esta actividad consiste primeramente provocar en los educandos un análisis acerca de la proveniencia de la luz y su origen, es decir reflexionar acerca de que la luz proviene de fuentes que la emiten de diferentes clases, que a menudo están presentes en su cotidianidad, y la segunda cuestión que se aborda es el “¿cómo llega la luz desde aquellas fuentes?” como pretexto para llegar a la deducción de que la luz se propaga de forma rectilínea y así mismo que esta presenta una direccionalidad, con el fin de introducir la noción de rayo.

Es necesario tener en cuenta que no se debe enseñar formalmente a los alumnos el concepto de propagación en línea recta de la luz aunque la actividad se preste para ello; tan solo el material didáctico y unas pocas intervenciones por parte del profesor que sean aclaratorias y que también pongan al estudiante en situaciones de conflicto cognitivo con respecto a las fuentes de luz y a su trayectoria, serán lo único por lo que este se debe preocupar para que estos puedan llegar a deducirlo.

Objetivos.

- Comprender la proveniencia desde una fuente ya sea natural o artificial.
- Deducir a manera general que la luz se propaga en línea recta.
- Tener una primera aproximación a la propagación de la luz en forma de rayos.
- Crear un desafío cognitivo con ayuda de un texto refutacional expositivo con el fin de desarraigar la falsa creencia de que la luz es un efecto instantáneo.
- Potenciar la interacción social como pilar fundamental para el aprendizaje.

Material Requerido.

Hoja de trabajo.

Regla (larga).

Lápiz

Hojas de trabajo.

Plan de clase.

- 1) Para esta actividad, Es necesario que los estudiantes respondan la primera pregunta desde sus preconcepciones, y luego entrar a hacer una intervención corta mediante la cuestión de si ¿la luz solo proviene del sol o podrá originarse desde otras cosas? Esto con el propósito de que sirva como puente para realizar una charla breve con los estudiantes acerca de la proveniencia de la luz desde fuentes y de igual manera los tipos de fuentes (naturales y artificiales) mediante la evocación de vivencias cotidianas como interacción con luciérnagas, interacción con una linterna, situaciones donde la luz del sol tenga un papel protagónico como un día en la playa, una situación en donde se encienda un bombillo para poder ver, entre otras que el docente es libre de proponer.

- 2) La pregunta 3 está planteada a manera de conflicto cognitivo y trata una de las mayores dificultades de aprendizaje de la propagación de la luz; muy seguramente varios de los estudiantes responderán que es un efecto instantáneo intentando argumentarlo desde sus concepciones previas, para lo que posteriormente con el texto refutacional expositivo que se les presenta los educandos podrán adoptar la idea de que la luz viaja, por lo que aprovechando la contradicción que se presenta es necesario aquí plantear entonces la cuestión ¿es un efecto instantáneo o viaja hasta nosotros? Y provocar una discusión en torno a ello; de manera que los educandos que sostienen aquello del “efecto instantáneo” puedan acomodar en sus estructuras cognitivas la nueva idea que se les presenta acerca de que la luz viaja.
- 3) Es pertinente que después de responder la pregunta 4 se ponga a consideración el hecho de que a pesar de que no se perciban, no se trata de un solo rayo como muy seguramente lo representa la mayoría de los estudiantes en las imágenes, sino que son infinitos rayos, es solo que no son perceptibles a la vista por algunos factores que se verán en la próxima actividad (como abre bocas de la actividad posterior).

Actividad 2: ¡Experimentemos para Observar la Trayectoria de la Luz!

Introducción.

Es importante que para que se dé el proceso de acomodación de las nuevas ideas en las estructuras cognitivas de los educandos, estos puedan evidenciar la ocurrencia del fenómeno; por lo que esta actividad gira en torno a dos vivencias experimentales en las cuales se puede observar e interactuar fácilmente con la propagación rectilínea de la luz en forma de rayos.

El primer experimento consiste en hacer pasar el rayo láser por polvo de tiza, con el objetivo de que se haga perceptible a la vista y por ende se pueda observar la trayectoria rectilínea que sigue “el rayo”.

De igual forma en el otro experimento se hace pasar el rayo láser esta vez por agua-leche contenida en un vaso de cristal para observar también su trayectoria, es importante resaltar que en esta parte es fácilmente observable el fenómeno de refracción de la luz por la curvatura que toma la el rayo láser al entrar en el agua, pero para efectos de este trabajo dicho fenómeno solo se dejara para conocimiento del profesor mas no de los estudiantes ya que lo que interesa aquí es evidenciar la propagación en línea recta que sigue la luz.

Por otra parte la luz no es perceptible a simple vista, necesita de un medio para propagarse y hacer visible dicha propagación en algunos casos; como por ejemplo que se propague en un medio de muchas partículas que hagan visibles los rayos de luz, o en el caso del agua que esta posea algún tipo de turbiedad o coloración que haga visible aquella trayectoria rectilínea. Es decir que de la naturaleza del medio depende en gran parte el que se pueda percibir o no los rayos de luz.

En cuanto a los rayos de luz, gran mayoría de las veces se observa una sola trayectoria de luz pero dicha trayectoria de luz o rayo está compuesta por muchos rayos, en general la luz está compuesta por infinitos rayos que se propagan, pero que no son visibles por algunas características del medio.

Esta actividad es en un 95% grupal de tal manera que se estimule la zona de desarrollo proximal de los educandos mediante interacción con compañeros y profesor a medida que se le presenta tareas cognoscitivas como por ejemplo obtener conclusiones concretas.

Objetivos.

- Realizar dos prácticas experimentales donde se evidencie la propagación rectilínea que sigue la luz; y de igual forma los rayos de luz.
- Comprender que la percepción de la propagación rectilínea de la luz depende en gran medida del medio en el que se esté propagando.
- Propiciar mediante aceleración cognitiva en los educandos la construcción de una explicación acerca de la forma en que se propaga la luz.

Materiales Requeridos.

4 almohadillas para tiza

Un láser.

Gafas de seguridad

Un tapabocas por cada integrante del grupo.

Un vaso de cristal liso (es decir sin grabados).

Una bolsa de leche pequeña.

Una botella con agua.

Un trapo.

Lápiz

Regla (larga)

Hojas de trabajo.

Plan de clase

IMPORTANTE:

Es de suma importancia que antes de empezar el maestro (a), establezca una norma de bioseguridad muy importante: No apuntar con el láser a los ojos de los compañeros ni profesor ya que puede causar lesiones en la retina del ojo, ceguera temporal, o pérdida definitiva del 60 % de la visión.

No obstante con ello de igual forma el docente debe estar muy pendiente durante toda la práctica del manejo del láser por parte de los educandos, para evitar cualquier imprevisto.

- 1) En la primera pregunta debe hacerse una puesta en común corta acerca de que es lo que están observando en la exploración que hacen apuntando con el láser hacia varias partes, de tal manera que se logre sembrar en los estudiantes la duda del por qué no es visible la trayectoria que está siguiendo el rayo láser, como abre bocas para la posterior práctica experimental.
Es de vital importancia que desde un principio se advierta a los estudiantes no apuntar con el láser hacia el rostro de sus compañeros y más específicamente hacia los ojos, ya que este puede causar daños graves a la vista.

- 2) El profesor debe estar muy pendiente de la logística del experimento (que la formación de la hilera así como la posición de cada estudiante en ella sean adecuadas, que las almohadillas estén lo suficientemente empapadas del polvo de tiza, que cada integrante tenga puesto su respectivo tapabocas, en el experimento con el vaso: que se viertan solo las gotas de leche necesarias, que se explore haciendo incidir el láser desde varias posiciones, entre otros), ya que de su correcta planeación y montaje depende su éxito.
- 3) En la pregunta número 2 del experimento como tal, teniendo en cuenta que la percepción de la trayectoria de la luz depende de muchos factores asociados al medio: en agua por ejemplo, variar su coloración o provocar turbiedad en ella. En aire agregarle partículas que por sus características hagan visibles los rayos de luz y su trayectoria (humo, polvo, talco, etc) es pertinente que se realice una lluvia de ideas acerca del por qué es perceptible la trayectoria de la luz en la situación del polvo de tiza así como también en la situación del agua-leche y las causas. Realizando preguntas como: ¿será que el hecho de que en la primera situación donde apuntaron con el láser a varias partes y se veía incidir en la pared, tablero, etc, implica que la luz no se está propagando por que no era observable su trayectoria? Esta pregunta los hará cuestionarse acerca de la razón o razones que hacen perceptible el rayo láser (las partículas de polvo en el experimento con las almohadillas, y la coloración del agua por la leche; esto como una aproximación al estudio de la importancia de la naturaleza del medio). Antes de hacer la puesta en común debe darse unos cuantos minutos para que los alumnos discutan entre ellos.

Actividad 3: Las Sombras.

Introducción.

La propagación en línea recta de la luz posibilita la ocurrencia de otro fenómeno físico bastante presente en la vida cotidiana, y más específicamente justifica su ocurrencia en el modelo de rayos.

Cuando un objeto opaco obstruye los rayos de luz que se están propagando desde una fuente se crea una zona oscura que se le denomina sombra.

Esta actividad consiste en evidenciar e interactuar con el mecanismo de formación de sombra mediante una práctica experimental en la cual se ilumina un monigote con una linterna para generar su sombra en la pared, y mediante las preconcepciones que los estudiantes poseen acerca de este fenómeno integradas con las evidencias del experimento podrán llevar a cabo un proceso de transformación de dichas preconcepciones, terminando por justificar la formación de sombras desde la obstrucción de la trayectoria de la luz.

Se requiere un nivel un poco más avanzado de pensamiento por parte de los educandos ya que se hace una primera aproximación al modelo de rayos en la pregunta número 3 en donde deben trazar algunos de los rayos de luz desde la fuente, que están ayudando a formar las sombras; por lo que en esta parte la aceleración cognitiva que el profesor lleve a cabo es crucial para que los alumnos puedan llegar a deducir el mecanismo de la formación de sombra. De esta manera ya se va estimulando un poco el desarrollo del pensamiento de los estudiantes hacia la competencia científica de modelos formales.

Objetivos.

- Llevar a cabo una vivencia experimental donde se evidencie el mecanismo de formación de sombras.
- Atribuir una explicación a la formación de sombras desde la propagación rectilínea de la luz.
- Promover un nivel de pensamiento más avanzado en los estudiantes mediante un primer acercamiento a la construcción del modelo de rayos.
- Fomentar la discusión entre estudiantes y entre profesor-estudiantes como estrategia de aprendizaje.

Materiales Requeridos.

Linterna

Monigote de cartón paja

Regla (larga)

Lápiz

Hojas de trabajo.

Plan de Clase.

1) Para la pregunta dos es importante plantear algún desafío cognitivo para que los estudiantes deduzcan o por lo menos se acerquen a la premisa de que la formación de sombra se da por un cuerpo opaco que obstruye la trayectoria de la luz que se está propagando (o que obstruye los rayos de luz).

Se puede plantear el desafío mediante preguntas como: ¿si se quita el cuerpo opaco y se pone un cuerpo transparente, sigue habiendo formación de sombra? Pida que lo expliquen o den razones del porque hay o no formación de sombra. Con esto se verán forzados a construir una explicación de ello sustentada en que el cuerpo opaco no deja pasar una parte de los rayos de luz y el transparente si, debe hacerse hincapié en que deduzcan el mecanismo completo, por lo que si es necesario haga énfasis en interrogantes que relacionen la proveniencia (la fuente) de los rayos de luz, y también en como es el paso de los rayos por el cuerpo opaco y como es el paso de los rayos por el cuerpo transparente.

Con esto tendrán algunas herramientas que les permitirán construir una explicación general y simple de la formación de una sombra.

2) En la pregunta tres no importa que no tracen los rayos de manera perfecta, es suficiente con tres rayos que los educandos logren trazar desde la fuente pasando por el cuerpo opaco (monigote) hasta la pared donde se forma la sombra, a manera de proyección; esté es un primer acercamiento al modelo de rayos el cual sirve como elemento base para la actividad número 5.

Actividad 4: Proyección Sombras (desde una perspectiva de la proporcionalidad). Tomada del programa “Pensar con la Ciencia”.

Introducción.

Esta actividad pretende a partir de una situación problema de la cual resulta un interrogante, que el estudiante encuentre la relación entre el diámetro de un anillo y la longitud anillo- fuente para obtener una sola sombra con varios anillos sobre una pantalla fija.

Se ejemplifica la relación de compensación entre variables, que se puede expresar en los siguientes términos “si se ubican dos anillos de diferente diámetro entre una fuente de luz y una pantalla fija, podemos hacer que sus sombras coincidan ubicándolos de tal forma que el anillo de menor diámetro esté más cerca a la fuente y el anillo de mayor diámetro este más alejado de la fuente; es decir, el diámetro es compensado con la distancia que debe tener a la fuente de luz”.

En la última parte se presenta la proporcionalidad a nivel cuantitativo lo que hace posible cuantificar la relación (diámetro del anillo y su distancia a la fuente de luz) utilizando una serie de datos que se toman de la experimentación con la proyección de sombras.

Esta actividad conlleva a que el estudiante al final construya una regla que cuantifique la relación que se le presenta (proporcionalidad directa), la cual le permitirá en lo posible hacer predicciones.

Por otra parte, el desafío cognitivo que plantea es considerable, por lo cual no se preocupe si algunos alumnos no llegan a la solución: lo importante es que se hayan enfrentado al problema con sus propios recursos, haciendo así que se “estiren” (de modo casi imperceptible, pero real).

Otro aspecto importante que se debe tener en cuenta por parte del profesor que es que la presente actividad debe ser llevada a cabo en un 90 % por los estudiantes y que solo al final es pertinente que el docente entre a concretar algunos aspectos mediante discusión, pero durante el desarrollo de la actividad este debe encargarse más de aspectos logísticos como: los momentos en que se debe apagar el bombillo, realizar bien las mediciones, el que sea visible la formación clara de las sombras en la pantalla, y el que los estudiantes discutan a lo largo de la práctica experimental.

Objetivos.

- Encontrar la relación entre el diámetro de un anillo y la distancia entre anillo y fuente de luz y entre anillo y pantalla para obtener una sola sombra con varios anillos sobre una pantalla fija.
- Suscitar implícitamente mediante las sombras, la competencia científica de proporcionalidad en los educandos.
- Dotar a los estudiantes de los últimos elementos claves para el desarrollo de la competencia científica de modelización teórica en la próxima actividad.

Materiales Requeridos.

Fuente de luz (un foco o linterna).

Tres aros con un soporte vertical de 3, 4, y 5 cm de diámetro.

Pantalla (trozo de cartón o triplex)

Regla (larga)

Plastilina (para ajustar anillos y pantalla).

Lápiz

Hoja de trabajo.

Plan de Clase.

1) Es vital que el profesor se asegure de que los estudiantes lean la situación problema para contextualizar un poco el experimento que van a llevar a cabo, por ende es lo primero que se debe hacer antes de realizar la distribución de los materiales.

2) Distribuya los materiales para todos los grupos; los pasos a seguir para la actividad están especificados en la hoja de trabajo.

Asegúrese de que los alumnos distribuyan la plastilina a modo de regla entre la fuente de luz y la pantalla, colocar el anillo pequeño entre la fuente de luz y observar la sombra que genera el anillo. Luego haga que quiten el anillo y coloquen en el mismo lugar un anillo grande. Este procedimiento lo deben repetir con todos los anillos. Debe estar pendiente de que escriban sus observaciones en la tabla No. 1 que aparece en la hoja de trabajo y contesten las preguntas.

3) Haga hincapié en el hecho de que fue precisamente en este momento donde Lina se llevó aquel gran asombro, esto con el objetivo de despertar un poco más la curiosidad de los estudiantes y su concentración en esta parte. Habiendo destacado lo anterior Pida que observen nuevamente el anillo pequeño y piensen lo que pasará cuando lo acercan a la pantalla o cuando lo alejan de ella. Aclare que primero deben escribir lo que ellos creen, es decir su predicción; y luego hacer la prueba haciendo el experimento y escribir los resultados de sus observaciones en los cuadros de la tabla 2, además de contestar las preguntas que allí aparecen.

4) Los estudiantes toman dos anillos de diferente diámetro y piensan como ubicarlos entre la fuente de luz y la pantalla para que sus sombras coincidan. Primero escriben sus predicciones y luego realizan la experiencia. Colocan sus resultados en la hoja de trabajo.

5) Hacer énfasis en que fue exactamente en este momento donde Carlos descubre aquello sobre las sombras para ponerle un poco de misterio y curiosidad al asunto por parte de los educandos; luego de esto se debe estar muy pendiente de que los estudiantes jueguen con la ubicación del anillo de 3 cm y el de 5 cm sobre la plastilina hasta que sus sombras coincidan lo más posible en una sola. Cuando hayan obtenido lo anterior asegúrese de que midan el diámetro de los anillos y su distancia a la fuente de luz, y completen la tabla.

6) En la discusión con la clase trate de concretar la interpretación de los datos utilizando el concepto “compensación”: una variable crece (diámetro) la otra debe disminuir (distancia) para mantener el tamaño de la sombra constante.

Actividad 5: ¡Deduciendo el Modelo de Rayos!

Introducción.

La presente actividad constituye la finalización de la secuencia didáctica y por ende en esta el estudiante debe relacionar todo lo tratado en las anteriores actividades para construir una explicación sustentada en el modelo de rayos; es en esta actividad donde realmente se podrá constatar si el estudiante alcanzó un nivel de pensamiento formal que le permitió el desarrollo del esquema de pensamiento o competencia científica de modelización, ya que en la parte evaluativa debe construir una premisa explicativa en la cual justifique la formación de sombra de los aros desde el modelo de rayos destacando todos los componentes del mecanismo de formación de sombras: fuente de luz, cuerpo opaco, rayos de luz, y superficie donde se forma la sombra, (en este caso la pantalla), y también la posición estratégica de los aros; anterior a esto el estudiante debe haber realizado una representación gráfica los rayos propagándose ayudando a formar la sombra de los aros, lo cual le ayudara a construir la premisa explicativa en donde fundamente ello desde la propagación rectilínea de la luz.

Es pertinente solo cuando sea realmente necesario, que el profesor haga recuerdo de algunos aspectos importantes de las actividades anteriores, como ayuda para el buen desarrollo de la actividad, esta es la única ayuda que el docente puede brindar ya que se debe recordar que su papel es estrictamente de mediador para efectos de este trabajo, por lo que los estudiantes se enfrentaran en un 95% solos a esta actividad.

Objetivos.

- Justificar desde la propagación de la luz en línea recta, la sombra que forman los tres aros ubicados estratégicamente.
- Mediante representación gráfica deducir el modelo de rayos (ilustrando el paso de algunos de los rayos de luz por los aros).
- Construir un modelo teórico integrando elementos proporcionados en las actividades anteriores.

Materiales Requeridos.

Hoja de trabajo

Regla (larga)

Lápiz

Plan de Clase.

1. Para hacer un poco de recuerdo a los estudiantes se puede empezar realizando las siguientes preguntas: ¿será que la luz se está originando de la nada? ¿De qué forma viaja o se propaga la luz y que ocurre cuando un objeto se interpone? Con estos dos interrogantes es suficiente para que los educandos hagan un escaneo rápido por las demás actividades, y por ende reúnan y sintetizen aspectos importantes que les ayuden en la deducción tanto grafica como escrita que exige la actividad en cuestión. Estas dos preguntas solo son a manera de sugerencia el profesor es libre de implementar otros interrogantes o cualquier otro recurso didáctico.

2. No debe ser motivo de preocupación que en la pregunta 2 que los estudiantes no tracen rayos perfectos, bonitos y en gran cantidad, lo que realmente interesa es que así tracen solamente unos 5 rayos, muestren claramente que están pasando por el contorno de los aros sin ser obstruida su trayectoria hasta formar la sombra en la pantalla.

ACTIVIDAD ADICIONAL DE RAZONAMIENTO: ¡Jugando con la Posición de los Aros a Partir de los Rayos de Luz!

Introducción.

Esta actividad consiste específicamente en ubicar la posición de los aros teniendo como eje orientador la el modelo de rayos construido en la actividad 5, para constatar si realmente hubo una apropiación de todas las actividades anteriores, especialmente de la 4 y la 5. Las anteriores actividades a excepción de la 4 tienen un carácter altamente cualitativo, la presente tiene un enfoque más hacia lo cuantitativo e integra el pensamiento geométrico y el pensamiento hipotético-deductivo mediante el razonamiento que deben llevar a cabo los estudiantes.

Teniendo en cuenta que el nivel de pensamiento se eleva un poco más en esta actividad que en todas las anteriores, solo los estudiantes más diestros que hayan alcanzado el desarrollo de la competencia científica de modelos formales resolverán sin ningún problema esta actividad ya que se requiere de un razonamiento abstracto basado en el modelo de rayos de propagación de la luz en línea recta que ya dedujeron; como elementos guías en el croquis se les da la fuente de luz, la ubicación del aro de 7cm, y la ubicación de la pantalla; a partir de estos podrán ubicar y construir lo que se les solicita.

Los estudiantes que logren resolver la actividad exitosamente deben llegar a una conclusión a partir de la ubicación que les han dado a los aros y de las razones calculadas basándose en su diámetro y distancia a la fuente de luz.

Objetivos.

- Potenciar en los educandos un razonamiento de tipo hipotético-deductivo.
- Corroborar si realmente hubo un desarrollo de la competencia científica de modelización teórica (modelos formales) y por ende si los estudiantes alcanzaron un nivel de pensamiento formal alto.
- Poner a los estudiantes en una situación abstracta que los fuerce a pensar y a deducir integrando algunos elementos de las actividades anteriores.

Materiales.

Regla (larga)

Lápiz o portaminas

Calculadora

Hojas de trabajo.

Plan de Clase.

1. Es pertinente que el maestro (a) de apertura a la actividad retomando de la forma más resumida posible en un tiempo no mayor a 12 minutos aspectos importantes de las actividades pasadas mediante preguntas tipo conflicto cognitivo de tal manera que sean los educandos los que vayan hilando o entretejiendo respuestas de forma oral que formen una explicación de lo que hasta el momento se ha trabajado.

2. El desarrollo de esta actividad en principio es totalmente autónoma por parte de los alumnos, solo asegúrese de insistir constantemente en que realicen bien las mediciones con la regla y en que estén siguiendo las indicaciones correctamente.
3. En la tercera pregunta es pertinente que el docente incite a los estudiantes a hacer recuerdo de la actividad 5 del por qué a pesar de que eran 3 aros solo se veía una sola sombra en la pantalla.
4. Es necesario que en la última pregunta se realice una plenaria a partir de la interpretación de las razones calculadas, puede utilizar preguntas para generar conflicto como: ¿qué significa el hecho de que las razones sean aproximadamente iguales? ¿Si una de las razones hubiese dado un valor mucho más elevado o muy bajo que significaría?.