



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**EL COLOR Y LA EXPERIMENTACIÓN: NUESTRA  
CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTO  
CIENTÍFICO CONTEXTUALIZADA EN LA  
ENSEÑANZA DE LA ÓPTICA**

Autores

Bladimir Agudelo Castrillon

Kevin Yadhilton Caro Betancur

Universidad de Antioquia

Facultad de Educación

Medellín, Colombia

2021



El color y la experimentación: nuestra construcción de conocimiento científico contextualizada en la enseñanza de la Óptica.

**Bladimir Agudelo Castrillon**  
**Kevin Yadhilton Caro Betancur**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Licenciado en matemáticas y física**

Asesora:

Olga Luz Dary Rodríguez Rodríguez. Magíster en docencia de la física

Línea de Investigación:  
Epistemología, historia y enseñanza de la física.

Universidad de Antioquia  
Facultad de Educación  
Medellín, Colombia  
2021.

## **Dedicatoria**

Agradecemos profundamente a nuestra asesora Olga Luz Dary Rodríguez por su paciencia, dedicación y compromiso con nuestro trabajo, que desde su conocimiento nos instruyó en toda nuestra investigación y nos orientó a construir una mirada de la ciencia como maestros de física.

A nuestros compañeros del seminario de práctica pedagógica Sebastián Vásquez, Andrés Felipe Justacaro, Yomaira Gutiérrez y Sergio Arturo Orozco; quienes en cada seminario contribuyeron a construir entre todos una postura experimental en la física, y con sus comentarios y recomendaciones aportaron significativamente a este trabajo. A Sergio Orozco, paz en su tumba, este trabajo en su memoria.

A nuestras profesoras cooperadoras Angélica Molano y Diana Lucía Londoño, quienes confiaron en nosotros al dejarnos entrar a sus clases y hacer parte de ellas. A la Institución educativa Presbítero Antonio José Bernal Londoño por abrirnos sus puertas y enseñarnos todo lo concerniente a la vida institucional. A los estudiantes del grado décimo y once de los años 2018 y 2019, de dicha institución, porque con sus experiencias ayudaron a fundamentar esta investigación y nuestra concepción de maestros de física.

A nuestra compañera y amiga Lina María Flórez porque siempre fue un apoyo moral en nuestro trabajo, nos leía, nos daba ideas y nos motivaba para terminar esta investigación. A todos los compañeros y amigos de la Universidad de Antioquia quienes, con una palabra de aliento, un comentario o una sugerencia aportaron a nuestro trabajo. A la Universidad de Antioquia que nos enseñó a crecer como personas y cumplir el sueño de ser profesionales.

A nuestras familias porque en toda nuestra carrera tuvieron siempre la confianza en nosotros; nos ayudaron a salir adelante y son un motor para continuar. A Dios y a la vida que nos permitieron ingresar a una universidad hermosa y retornos todos los días.

Por último, a cada lector que se acerque a este trabajo de investigación, nos responsabiliza con el conocimiento y la educación en ciencias, ojalá puedan llevarse una buena mirada de este trabajo. A todos ¡gracias!

## Contenido

Capítulo 1: El color en la enseñanza de la óptica	8
1.1 Nuestra experiencia de las clases de física	8
1.2 El libro de texto Santillana y el color	11
<b>1.2.1 El caso del color en otros contenidos de óptica.</b>	11
<b>1.2.2 El color como contenido del libro Santillana.</b>	13
1.3 El color en un libro de CLEI de física	14
1.4 La óptica en los Derechos Básicos de Aprendizaje	15
1.5 Nuestra problemática a la luz de otra investigación	17
1.6 Objetivos	17
<b>1.6.1 Objetivo General</b>	17
<b>1.6.2 Objetivos Específicos</b>	17
Capítulo 2: Nuestra Construcción de conocimiento físico sobre el color.	19
2.1 Nuestra metodología.	19
2.2 El color de la mano de la experimentación.	25
2.3 Nuestra construcción epistemológica del color	37
<b>2.3.1 Nuestra reflexión del trabajo de Newton en óptica acerca del color</b>	37
<b>2.3.2 Nuestra interpretación del color desde la teoría de los colores de Goethe</b>	41
Capítulo 3: Talleres experimentales	53
3.1 Justificación taller preliminar. El vacío recreado a partir de la experimentación, a propósito de la construcción de conocimiento científico.	58
<b>Taller Preliminar: El aire y su ausencia.</b>	61
3.2 Justificación taller 1. Los colores como efecto de la luz del sol.	63
<b>Taller experimental 1: Los colores desde la luz</b>	67
3.3 Justificación taller 2. Luz-oscuridad y color	69
<b>Taller experimental 2: Los colores a partir de la luz y la oscuridad</b>	76
3.4 Justificación taller 3. El color, la luz y la oscuridad	78
<b>Taller experimental 3: Los colores según el medio y los colores fijados</b>	83
Capítulo 4: Análisis de resultados desde nuestra propuesta sobre el color	86
4.1 Posturas para construir conocimiento físico, nuestra experiencia previa en el aula a partir del vacío.	86
4.2 En el descubrimiento de cualidades de la luz.	91
4.3 Cantidad de luz en el órgano visual y sombras de colores.	96

4.4 Los colores en medios opacos y los colores fijados en los objetos.	103
Conclusiones	110
Recomendaciones:	111
Bibliografía	114
Cibergrafía:	115
Anexos	118

## Lista de Figuras

- Figura 1.** Portada de la unidad 1 del libro de texto Santillana.
- Figura 2.** Unidad 4 del Hipertexto física 2 Santillana.
- Figura 3.** colores primarios y secundarios para la luz (imagen de la izquierda) y la pintura (imagen de la derecha).
- Figura 4.** Unidad 3 del libro Física 6 CLEI.
- Figura 5.** Primera bomba de vacío de Robert Boyle.
- Figura 6.** Carátula del libro Opticks: or, a treatise of the reflexions, refractions, inflexions and colours of light, de Isaac Newton tomada de su versión inglés de 1952.
- Figura 7.** Desviación de la luz al pasar por un prisma.
- Figura 8.** Círculo cromático de Goethe, en frente de cada color está su complementario.
- Figura 9.** Construcción de montaje experimental. Imagen propia.
- Figura 10.** Brillo de la luz solar del espejo fuera del agua. Imagen propia
- Figura 11.** Colores formados de la luz solar del espejo dentro del agua. Imagen propia.
- Figura 12.** Fotografías del efecto de la luz al pasar por agua, tomadas en el seminario de práctica pedagógica.
- Figura 13.** Esquema de los cubos de igual tamaño sobre las cartulinas vistos desde la parte superior. Imagen propia.
- Figura 14.** Representación de un cubo sobre cartulina negra y otro sobre cartulina blanca vistos desde la parte superior; el cubo negro es una quinta parte más grande que el cubo blanco. Imagen propia.
- Figura 15.** Gráfico de dos cilindros con la misma tonalidad de gris sobre dos cartulinas, una blanca y una negra. Imagen propia
- Figura 16.** Configuración de una hoja de papel amarilla sobre una cartulina blanca, con otra cartulina del mismo color al lado. Imagen propia.
- Figura 17.** Colores violeta, naranja, azul, púrpura y verde respectivamente sobre una cartulina de color blanca, al lado de otra del mismo color sin nada encima. Imagen propia.
- Figura 18.** Luz del sol luego de pasar por un medio de agua y jabón. Imagen propia.
- Figura 19.** En la imagen izquierda está la llama de una vela sobre un fondo blanco; en la imagen de la derecha la llama de una vela sobre un fondo negro. Ambas imágenes son propias.

**Figura 20.** Secuencia de tapar un vaso de porcelana con anilina color amarillo dentro. Imagen propia.

**Figura 21.** Proceso de tapar un vaso de porcelana inicialmente con color azul dentro. Imagen propia.

**Figura 22.** Estudiantes realizan el experimento del taller preliminar, momento 1.

**Figura 23.** Respuesta de un estudiante luego de realizar el experimento del taller preliminar, momento 1.

**Figura 24.** Estudiantes realizan el experimento del taller preliminar. Momento 2.

**Figura 25.** Respuestas de estudiantes luego de hacer el experimento del taller preliminar. Momento 2.

**Figura 26.** Colores producidos por luz blanca de linternas de celulares. Fotografías de los estudiantes.

**Figura 27.** Colores provocados con la forma del movimiento del agua. Fotografía de los estudiantes.

**Figura 28.** Montaje experimental del momento 1, taller 2.

**Figura 29.** Diagrama que representa las respuestas que los estudiantes contestaron en el caso 2.1, taller 2.

**Figura 30.** Diagrama de las respuestas de los estudiantes en el caso 2.2, taller 2.

**Figura 31.** Diagrama de las respuestas de los estudiantes en el momento 2 del taller 2.

**Figura 32.** Colores vistos por los estudiantes al observar previamente una hoja de color sobre una cartulina blanca. Momento 3 del taller 2.

**Figura 33.** Realización del experimento del taller 2, momento 3.

**Figura 34.** Estudiantes realizan el experimento del taller experimental 3, apartado 3.4.

**Figura 35.** Gráfico de las respuestas a la primera pregunta del taller 3.

**Figura 36.** Gráfica de las respuestas de los estudiantes en la segunda pregunta del momento 1, taller 3.

**Figura 37.** Gráfica de la respuesta de los estudiantes al poner la llama de una vela sobre un fondo de color blanco, taller 3.

**Figura 38.** Respuesta de los estudiantes al observar la llama de una vela sobre un fondo negro.

**Figura 39.** Estudiantes realizan el experimento del momento 2 del taller 3.

**Figura 40.** Última respuesta de los estudiantes luego de realizar el taller 3.

## Resumen

El presente trabajo de investigación es una propuesta epistemológica sobre el fenómeno del color en el campo de la óptica, basados en la experimentación. Surge a partir de nuestra experiencia tradicional en las clases de física, en donde los temas se dictan por separado de los métodos de enseñanza y se desconectan los contenidos de la estrategia utilizada para impartirlo. También, indagamos sobre el color en los libros de textos escolares en tanto material para dar las clases de física, en el cual el color es un compendio de información de contenidos. La metodología que asumimos es la autobiográfica narrativa como proceso de descolonización, puesto que, nos permite pensar nuestra historia de vida en el transcurso de la práctica pedagógica, según nuestras vivencias; y asumirnos partícipes del conocimiento físico. Los resultados obtenidos son producto de nuestros talleres experimentales como estrategia pedagógico-didáctica que surge de nuestra construcción del conocimiento sobre el color desde obras científicas. Así, encontramos que los conceptos físicos son cercanos a nosotros como maestros y estudiantes, tenemos la capacidad para construir fenómenos por el contacto directo con el mundo físico; de modo que, la experimentación es una alternativa para enseñar y aprender la física.

**Palabras claves:** Color, construcción científica del conocimiento, experimentación, óptica, relatos.



### **Abstract**

This research is an epistemological proposal on the phenomenon of color in the field of optics based on experimentation. It arises from our traditional experience in physics classes where the subjects are far from the teaching methods, they are dictated separately; We also inquired about color in school textbooks as a material to teach physics classes, in which color is a compendium of content information. The methodology we assume is the autobiographical narrative as a process of decolonization, since it allows us to think about our life history in the course of pedagogical practice according to our experiences and assume we are participants in physical knowledge. The results obtained are the product of our experimental workshops as a pedagogical-didactic strategy that arises from our construction of knowledge about color from scientific works. Thus, we find that physical concepts are not removed from us as teachers or students, but rather, experimentation is an alternative to teach and learn physics.

**Keywords:** Color, experimentation, optics, scientific construction of knowledge, stories.

## Capítulo 1: El color en la enseñanza de la óptica

### 1.1 Nuestra experiencia de las clases de física

Para llevar a cabo las temáticas que estipula el Ministerio de Educación Nacional, (MEN) respecto a la asignatura de física, hay libros de texto escolares que han sido base para presentar contenidos de física en los colegios del territorio colombiano. Cuando éramos estudiantes de once una profesora utilizaba libros de texto como apoyo para darnos las clases de física; de ahí nos dictaba el tema, exponía lo que quería decir el texto y luego, promulgaba diferentes ejercicios para desarrollarlos en el tablero o para que nosotros los hiciéramos. Particularmente, para darnos una clase de termodinámica nos puso a pasar todo lo relacionado con este contenido de un libro de texto al cuaderno y luego nos evaluó que sí hubiésemos escrito lo que mencionaban en él, textos, imágenes, preguntas sobre el tema, hasta las actividades que planteaban; esta es una manera muy particular de enseñar la física, se reduce a pasar de un libro de texto a un cuaderno; la consecuencia de enseñar física de esta manera es que, como estudiantes que fuimos en ese tiempo, no le veíamos sentido a la termodinámica, no entendimos las fórmulas, ni las escalas de temperatura; en pocas palabras, es como si no hubiésemos visto este contenido en el colegio.

Algo similar sucedía con el profesor de física de décimo; recordamos la clase de movimiento parabólico, luego de dictar las fórmulas y manifestar el significado que estas tenían por medio de un gráfico en el tablero, nos puso unos ejercicios que consistían en hallar: velocidades, tiempos, alturas, etc.; todos se resolvían adecuadamente si sabíamos qué fórmula específica usar, tal vez despejar alguna de ellas, reemplazar los datos y operar. Era una generalidad en las clases de física proceder de esta manera, según el contenido a tratar había diferentes fórmulas, nos dábamos cuenta de cuál usar según los datos que tenía cada ejercicio; ocasionó que pensáramos que la física se trata de resolver ejercicios y operar fórmulas ya dadas por los libros de texto.

Ahora en la práctica pedagógica, desarrollada en la Institución Educativa Presbítero Antonio José Bernal Londoño, Medellín, Antioquia, comuna 5, con los grados décimos y

onces; evidenciamos que los maestros cooperadores, los cuales fueron en total 3 durante todo nuestro proceso, utilizaron los libros de textos escolares en algunas ocasiones para enseñar según los contenidos que hay en ellos; es decir, los usaron para algunos temas de física, por medio del tablero aclaraban definiciones, fórmulas y ejemplos trabajados en el libro de texto. En una clase de oscilaciones, la profesora cooperadora manejó el libro de texto de física de Santillana para el grado once como base para el tema: A partir de la imagen de la figura 1 abarcó una de las aplicaciones de oscilaciones en la música; seguidamente mostró las definiciones, las fórmulas y terminó con algunos ejemplos; de modo que, la enseñanza de la física está ligada a los libros de textos escolares para dictar los contenidos de física.



Figura 1. Portada de la unidad 1 del libro de texto Santillana.<sup>1</sup>

La maestra cooperadora de la que hablamos anteriormente se caracterizaba por esforzarse en llevar diferentes métodos para sus clases. Estos métodos son formas de enseñar contenidos de física, herramientas didácticas que se utilizan para las clases, son estrategias pensadas para la enseñanza de la física. En la clase de movimiento armónico simple que mencionamos en el párrafo anterior, la profesora llevó varios videos: unos mostraban secuencias de diferentes objetos en movimiento reiterativo; otro, mostraba repeticiones en la

<sup>1</sup> (Romero & Bautista, 2011, p. 8)

música; eran aplicaciones del tema que se trabajaba. Algo particular de esa clase fue que la tarea que dejó a los estudiantes: buscar una práctica que hiciera explícito el contenido de movimiento armónico simple; observamos que en la clase se abordó el contenido, pero no el aspecto práctico, entonces los estudiantes presentaron su montaje frente al grupo en la clase siguiente. El tema trabajado se separó de la práctica puesto que se aborda el contenido antes que la práctica; explícitamente, las prácticas en física son alejadas de las definiciones, fórmulas, ejemplos, aplicaciones de los contenidos. Entonces, si bien los recursos didácticos ayudan para llevar contenidos al aula, lo previo se convierte en un método porque sugiere un orden en las estrategias utilizadas para las clases.

Otro profesor cooperador, con el que estuvimos presentes en el primer semestre de práctica pedagógica, se limitaba a enseñar sus clases a partir de tiza y tablero; se basaban en libros de texto que él mismo había escrito, estos tenían información sobre los contenidos de física y varios problemas para responder, el proceso de sus clases era dictar lo que él llamaba “teoría”, trataba de expresar su postura frente a lo que decía el libro de texto, esto es, formulaba su posición frente a la información brindada y luego procedía a hacer una actividad del libro de texto en grupos; cuando nos acercábamos a los estudiantes para ayudarles en la actividad correspondiente, nos manifestaban el no entender al profesor sus “explicaciones”, notamos un desencanto por las clases de física, en una ocasión escuchamos que al entrar al salón una estudiante mencionó en voz alta: “vamos a ver si hoy si entiendo”, cosa que nos parecía desalentador, pues no había motivación alguna por la física.

En una clase de movimiento parabólico, el profesor usó la imaginación para su sesión: imaginemos que tiramos una pelota hacia arriba, vamos a ver que ésta sube y vuelve a bajar, en un movimiento parabólico, la distancia máxima es hasta donde sube la pelota... si bien no escatimamos el poder imaginarnos lo que puede pasar en una determinada situación, se convierte en una estrategia usada después de dar el contenido, hay una separación entre la imaginación y el contenido trabajado puesto que uno se aborda antes que el otro, la imaginación en este sentido se utiliza meramente como una aplicación de un contenido ya dado.

Respecto a la profesora que nos acompañó en el segundo semestre de práctica, pocas fueron las veces que la vimos dar una clase de física, pues este semestre se caracterizó en que interviniéramos en la preparación y ejecución de nuestras propias clases de física; estas consistían en tener ciertas pautas dadas por la profesora, un tema, una práctica y una actividad. Lo particular de esto es que nos muestra las prácticas como una forma didáctica de llevar las ciencias al aula, también apartada de los contenidos que pretendíamos enseñar.

En la enseñanza de las ciencias las prácticas han tomado un papel de aplicación, de tal modo que la manera en que nuestra profesora concibe estas prácticas es como recurso, como una ayuda para la enseñanza de la física, meramente un método. Así los recursos didácticos, las estrategias para la enseñanza de la física, las prácticas en física son un tratamiento superficial de contenidos puesto que se alejan de estos; el estudiante se convierte en un recipiente de información adquirida desde diferentes métodos, se aleja el aprendizaje de los sujetos, a pesar de ser un intento se desliga la práctica al contenido por separarse uno del otro, desde las definiciones y las aplicaciones del tema a tratar.

## **1.2 El libro de texto Santillana y el color**

Al ser los libros de texto utilizados para llevar los contenidos de física al aula, resulta conveniente indagar sobre la forma en que estos trabajan los temas de física. En el caso de nuestra investigación, nos enfocamos en la óptica, específicamente en el color. De modo que utilizamos el libro de texto de la editorial Santillana, al ser el libro principal que se emplea en las clases de física de nuestro centro de práctica pedagógica.

### **1.2.1 El caso del color en otros contenidos de óptica.**

En la introducción a la unidad 4 de óptica del libro de texto de la editorial Santillana, de física 2 (grado once), nos mencionan que: “Nuestro sentido de la visión recibe incontables estímulos que provienen de diversos objetos. La luz que incide sobre estos cuerpos nos permite percibir... el color de los mismos.” (Romero & Bautista, 2011, p. 97); el color es mencionado para hablar del ojo humano, el ojo capta el color ¿de qué forma? ¿cómo lo hace? Además, es

también como una cualidad de los objetos, como si cada objeto tuviera un color específico y lo único que hace la luz es mostrar ese color en el ojo humano (¿cómo darse cuenta de esto?), no nos mencionan un ejemplo específico con el cual sea posible evidenciar el enunciado, ¿acaso todos los colores que vemos son propios de cada objeto?, si es así, ¿qué pasa con el caso particular del arcoíris?, ¿o con los colores que se forman en el vidrio? Este apartado nos muestra a la ligera cómo ver el color en los objetos.

En el tema 1 del libro de texto en cuestión, llamado *la luz*, nos mencionan el color en algunos subtemas: En la naturaleza de la luz se nombra para hablar acerca de algunos planteamientos de Newton y de Huygens; en ese sentido, enuncian los colores formados en películas delgadas observadas por Newton, pero explicadas por Huygens, esto es retomado en interferencia de la luz: “Si la luz es de un solo color, es decir, de una sola longitud de onda, en la superficie de la película se observarán regiones brillantes y regiones oscuras. Pero, si la película es iluminada por luz blanca se observará una región iluminada.” (Ibíd., p.105). Pongamos atención qué es el color en esta cita: Se reduce a ser una longitud de onda, cada uno de estos es entonces una onda diferente; esto nos genera conflicto porque se trabaja a partir de contenidos ondulatorios sin haberlo abordado como un tema específico; es decir, se toma el color como algo evidente para definirlo a partir de otros temas de óptica.

Luego, en la sesión 3.4 (ver figura 2), el libro de texto menciona el color para ejemplificar lo que pasa con este en unos casos específicos de la naturaleza. Consideremos este ejemplo:

(...) cuando la luz incide en la frontera de dos medios una parte se refleja y otra se transmite, o es absorbida por el medio. El color de un material es la luz reflejada. Por ejemplo, al iluminar con luz blanca una planta la vemos verde, debido a que su superficie absorbe todas las otras frecuencias de la luz y refleja la frecuencia de la luz verde. (Ibíd., p. 125)

Aquí el color lo plantean como la luz que se refleja en un material, es decir, vemos los colores porque el material refleja únicamente ese color, los otros los absorbe. Así, el color es

basado en otros contenidos de la óptica desde temas, definiciones, fórmulas y demás tratados en la unidad: reflexión, refracción, frecuencias de luz; pero, en ningún momento es trabajado previamente aparte de los demás, pareciera entonces que el color es algo evidente puesto que se considera como un ejemplo o una aplicación de otros contenidos de óptica, como si tener la capacidad de ver los colores nos diera la facultad de relacionarlos con los otros temas.

Unidad 4. Óptica		96	
<b>Tema 1. La luz</b>	98		
1.1 La naturaleza de la luz			
1.2 La velocidad de la luz			
1.3 Interferencia de la luz			
1.4 Polarización de la luz			
1.5 La fotometría			
<b>Tema 2. Reflexión de la luz</b>	109		
2.1 Rayos de la luz			
2.2 Reflexión de la luz			
2.3 Imágenes por reflexión			
2.4 Espejos esféricos			
<b>Tema 3. Refracción de la luz</b>	118		
3.1 Refracción de la luz			
3.2 Algunas aplicaciones de la refracción			
		3.3 Dispersión de la luz	
		3.4 El color	
		<b>Tema 4. Instrumentos ópticos</b>	126
		4.1 Las lentes	
		4.2 Cámara fotográfica	
		4.3 El ojo humano	
		4.4 La lupa	
		4.5 El microscopio	
		4.6 El telescopio	
		■ Desarrollo de competencias	138
		■ Actividades	139
		■ Laboratorios	148
		■ Ciencia + tecnología	150

Figura 2. Unidad 4 del Hipertexto física 2 Santillana<sup>2</sup>

### 1.2.2 El color como contenido del libro Santillana.

En la sesión 3.4, se toma un apartado para hablar del color (ver figura 2), nos mencionan la existencia de *colores primarios* de la luz y *colores primarios* en la pintura; en esta parte nos llamó la atención que los colores primarios que consideramos, por lo que aprendimos en nuestros colegios, son diferentes a los que propone el libro, para nosotros eran el amarillo, azul y rojo; los que propone el libro son (ver figura 3): en la luz el color rojo, azul y verde, y mencionan que la combinación de estos colores da luz blanca, y en la pintura son el magenta, turquesa y amarillo, y la combinación de estos tres colores da el negro; algo peculiar es la relación de colores primarios y secundarios que hacen del comportamiento del color en la pintura y la luz, pues son diferentes, desde la composición inicial de sus colores hasta el resultado de la combinación de ésta; sin embargo, no nos mencionan un proceso por el cual podamos interactuar con ellos; es decir, nosotros mismos llegar a las conclusiones de

<sup>2</sup> (Romero & Bautista, 2011, p. 1)

combinación de colores mencionadas, como si fuera suficiente solamente mencionar lo que posiblemente puede ser, pero no dar pautas para hacerlo y vivirlo; entonces, ¿por qué nos hacen esta relación?, ¿cuál es el sentido de plantear diferentes combinaciones de colores?; ahora bien, nosotros mismos tenemos un conocimiento sobre la combinación de colores, recordamos trabajarlos con temperas en donde combinábamos los colores primarios (amarillo, azul y rojo) entre ellos, y nos daban otros colores que llamábamos secundarios, porque salían de los anteriores; esto entonces nos produce una confusión, porque si bien ya teníamos un aprendizaje del color, el libro de texto nos trae información sobre otras clasificaciones de colores posibles.

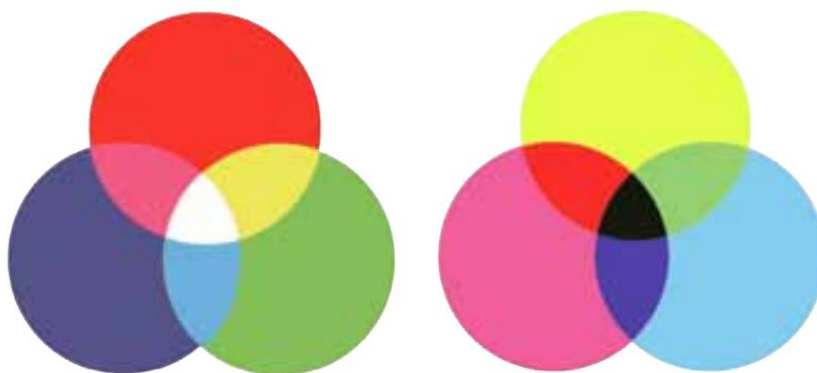


Figura 3. colores primarios y secundarios para la luz (imagen de la izquierda) y la pintura (imagen de la derecha)<sup>3</sup>

### 1.3 El color en un libro de CLEI de física

Por otro lado, analizamos otro libro de texto de física para un Ciclo Lectivo Especial Integrado CLEI, hecho por una institución que se dedica a preparar a los estudiantes para las pruebas de estado ICFES y el examen de admisión a la universidad, lo que encontramos es que en el índice hay un espacio para los contenidos de óptica dentro de la unidad 3; entre estos *reflexión, refracción, dispersión e interferencia*; como mostramos en la Figura 4, el color no es propuesto como un tema a tratar, nosotros esperaríamos que estuviera porque hace parte de la luz, pensaríamos que tal vez le dedicaran una parte por ser parte de la óptica.

<sup>3</sup> (Romero & Bautista, 2011, p. 125)



<b>UNIDAD DIDÁCTICA TRES</b>	
<i>ONDAS Y FENÓMENOS ONDULATORIOS</i>	
Queremos lograr.....	61
Pregunta problematizadora .....	63
¿Qué sabemos? .....	63
Propagación y características de una onda .....	64
Formación y propagación de ondas.....	64
Características de las ondas .....	65
Ecuaciones de ondas.....	66
Problemas resueltos .....	67
Ondas en cuerdas .....	70
Problemas resueltos .....	71
Sonido .....	73
Características del sonido .....	74
Efecto Doppler .....	74
Tubos sonoros .....	75
Problemas resueltos .....	76
Óptica geométrica .....	79
Teorías sobre la naturaleza de la luz .....	79
Propagación y recepción de la Luz .....	79
Instrumentos y fenómenos ópticos .....	80
Reflexión, refracción, dispersión e interferencia .....	80
Convergencia y divergencia de la luz .....	82
Tipos de lentes y características .....	83
Mapa conceptual .....	85
Actividad evaluativa 3 .....	86

*Figura 4.* Unidad 3 del libro Física 6 CLEI<sup>4</sup>

Indagamos dentro de toda la unidad de óptica y no encontramos el color en ella; en los ejemplos, las definiciones, las fórmulas o las aplicaciones no se encuentra incluido. De modo que, se vuelve interesante para nosotros indagar sobre el color, en tanto es un contenido no explícito en algunos libros de textos escolares.

#### 1.4 La óptica en los Derechos Básicos de Aprendizaje

---

<sup>4</sup> (Física 6 CLEI, s.f)

El MEN establece lineamientos curriculares<sup>5</sup>, estándares básicos<sup>6</sup> y Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA)<sup>7</sup> como guía para garantizar lo que enseñamos en las instituciones educativas; allí plantean los contenidos en los que los maestros nos basamos para llevar al aula. Dentro de los DBA (2016), específicamente de Ciencias Naturales para el grado once, nos plantean la luz y el sonido como primer eje; allí mencionan, con respecto al estudiante que este: “Comprende la naturaleza de la propagación del sonido y de la luz como fenómenos ondulatorios (ondas mecánicas y electromagnéticas, respectivamente)” (p. 37); según esto, la luz está presente en el currículo, enseñada a partir de ondas a la par con el sonido; la luz es onda electromagnética.

En este DBA (2016) vemos que mencionan unas evidencias de aprendizaje, en donde plantean que para garantizar que el estudiante sí aprendió: “explica los fenómenos ondulatorios de sonido y luz en casos prácticos (reflexión, refracción, interferencia, difracción, polarización)” (p.37); de esto, resaltamos que dentro de la óptica existan varios contenidos para enseñar, que se proponen a partir de la luz como un fenómeno ondulatorio; en este sentido, mencionan seguidamente que el estudiante: “Explica las cualidades del sonido (tono, intensidad, audibilidad) y de la luz (color y visibilidad) a partir de las características del fenómeno ondulatorio (longitud de onda, frecuencia, amplitud)” (Ibíd.); se enuncia el color para evidenciar una longitud de onda, frecuencia y amplitud, en la misma línea de la enseñanza de contenidos ondulatorios; quiere decir que, el color desde esta mirada es sólo una aplicación de contenidos de óptica, algo donde es posible evidenciar los otros temas.

---

<sup>5</sup> “Con los lineamientos se pretende atender esa necesidad de orientaciones y criterios nacionales sobre los currículos, sobre la función de las áreas y sobre nuevos enfoques para comprenderlas y enseñarlas.” (MEN,1998, p.3)

<sup>6</sup> “El Ministerio de Educación Nacional, bajo la coordinación de la Asociación de Facultades de Educación y en conjunto con maestros, catedráticos y miembros de la comunidad educativa, viene trabajando en el mejoramiento de la calidad de la educación, basado en la definición de unos estándares básicos que pretenden desarrollar en los niños las competencias y habilidades necesarias que exige el mundo contemporáneo para vivir en sociedad.” (MEN,2004, p.3)

<sup>7</sup> “Explicitan los aprendizajes estructurantes para un grado y un área particular. Se entienden los aprendizajes como la conjunción de unos conocimientos, habilidades y actitudes que otorgan un contexto cultural e histórico a quien aprende. Son estructurantes en tanto expresan las unidades básicas y fundamentales sobre las cuales se puede edificar el desarrollo futuro del individuo.” (MEN, 2016, p.6)

## **1.5 Nuestra problemática a la luz de otra investigación**

La profesora Tobón (2016) en su tesis de maestría, nos menciona sus cuestionamientos sobre el quehacer del docente de ciencias en la enseñanza de la Ciencia. En el análisis sobre qué y cómo enseñar nos cuenta lo siguiente: “¿Qué hacemos los maestros de ciencias ante la pregunta por el qué enseñar? Tomamos un libro de texto y resolvemos el asunto. La ciencia está allí compilada, los hechos científicos y la historia ya están predeterminados y el maestro es sólo un reproductor...” (p. 14).

Bajo este argumento el libro de texto no solamente nos separa el contenido de las estrategias, sino que se basa en una herramienta para que, como profesores de física en formación, repitamos los temas que están allí en nuestras clases. Entendemos entonces que, para enseñar ciencia ya está todo fríamente calculado en un libro de texto, el trabajo del profesor aparta la mirada en pensar sobre los contenidos dados, aún más, del proponer un tema y una ruta para trabajar en las clases.

Basados en los problemas planteados anteriormente, nuestra pregunta de investigación es: ¿Cómo concebir el color más allá de la información de contenidos y la aplicación de temas de física, en el contexto de la enseñanza de la óptica?

## **1.6 Objetivos**

### **1.6.1 Objetivo General**

Construir una postura epistemológica sobre el color a partir de la experimentación, contextualizados en la enseñanza de la óptica.

### **1.6.2 Objetivos Específicos**

- Establecer la construcción epistemológica a partir de nuestra interpretación de obras científicas de Isaac Newton y Wolfgang Von Goethe sobre el color.

- Elaborar una propuesta pedagógico-didáctica sobre el color.
- Interpretar las evidencias de los talleres experimentales puestos en práctica para la validación de nuestra construcción de conocimiento sobre el color.

## Capítulo 2: Nuestra Construcción de conocimiento físico sobre el color.

### 2.1 Nuestra metodología.

Es importante preguntarnos por nuestro quehacer como maestros en formación desde la enseñanza y el aprendizaje de la física, en el sentido que las experiencias que hemos tenido a lo largo de los años, el cambio a medida que realizamos esta investigación; nuestra postura al principio, en el transcurso de ésta y cómo nuestra postura se ha transformado, constituye un aporte fundamental al ser maestros de física en la actualidad, porque es un proceso en el que nosotros somos partícipes y actores principales.

En nuestra investigación la metodología que nos permite pensar sobre nuestra práctica docente, enfocada en nuestras experiencias vividas, es la autobiográfica narrativa; pues, como maestros tejemos nuestras historias de vida desde la reflexión sobre nuestra práctica pedagógica:

(...) los y las profesoras, tanto desde el punto de vista de la enseñanza como desde la investigación, trabajan a fondo sus propias historias de vida, deconstruyendo y reconstruyendo sus identidades, recuperando las historias del grupo y compartiendo significados y sentidos de las narrativas producidas (Rivas, 2019a, p. 69).

Nuestras historias de vida nos brindan una oportunidad para que como maestros nos despojemos de comportamientos, pensamientos y actitudes que tengamos; pero, que también nos construyamos, es decir, se trata de repensar nuestra imagen de maestros a la luz de nuestra práctica docente.

Antes de ahondar más sobre lo que ponemos en juego al utilizar esta metodología de investigación, vale la pena que nos preguntemos ¿por qué la autobiografía narrativa? ¿Qué tiene de especial?

Podemos notar que la mayoría de las investigaciones en educación, que hasta ahora han surgido, tienen una estructuración metodológica rigurosa: Del qué hacer, cómo hacer, para qué hacerlo, todo está fríamente calculado. Las metodologías son construidas a partir de investigaciones que otros ya hicieron, de la forma en que la hicieron, la forma en que recolectaron los datos de su finalidad; todo pensado desde otras investigaciones donde se obtuvo éxito y que garantizarían una investigación “no errada”.

(...) La investigación (la educativa en concreto) está sufriendo procesos de colonización a partir de prácticas y políticas hegemónicas, neoliberales y neoconservadoras, congruentes con las dinámicas que están teniendo lugar en la mayoría de los ámbitos de la sociedad actual. Entiendo que este proceso está teniendo éxito en la medida que ha sabido ocupar el espacio del discurso y de las prácticas sociales, por lo tanto, de la moral. (...) Una buena parte de la aceptación de esta colonización radica en que niega el carácter ideológico y político de todo proceso social, presentándose desde el absoluto que representa la “verdad” construida científicamente. Lo cual se acentúa en el caso de una práctica construida desde el núcleo de sentido de la construcción social, como es el conocimiento y los procesos implicados en su desarrollo, sean estos del tipo que sean. (Rivas, 2019b, pp. 27-28)

Las investigaciones en educación son colonizadas porque apuntan a una verdad absoluta, a mostrar todo en términos de beneficios; de cómo tendría que ser la educación y de qué hacer para adelantar determinados procesos en ella. Como nos plantea Rivas, esto ha tenido gran impacto en las prácticas sociales; por ejemplo, en las socializaciones de nuestra práctica pedagógica<sup>8</sup> identificamos que algunos de los presentes hacían críticas a la forma de investigar y mostraban la manera en que sería posible aplicar alguna metodología, de modo que la colonización se da en el discurso que invita a reproducir lo que otros ya han hecho. Con esto se garantiza la verdad, la certeza, la exactitud. Así, los puntos de vista diferentes tienen poco interés, ya hay un camino a seguir.

---

<sup>8</sup> En el proceso de nuestra práctica pedagógica tuvimos dos socializaciones: una en el semestre 2018-2 y otra en el 2019-1; allí mostramos los procesos adelantados en esta investigación a profesores, estudiantes y directivos.

Usar el término colonización implica que hay otros que ocupan la posición de investigadores y nos dicen qué y cómo investigar, no tratamos de subestimar y desvalorizar las prácticas investigativas que personas con gran recorrido han hecho, al punto que vamos es que para los que comenzamos a hacer parte de la investigación educativa pareciera que ya todo está listo, sólo es elegir un tema de interés y comenzar a buscar material bibliográfico para sostener la metodología a tratar, esto nos subyuga, no tenemos voz porque callan nuestros intereses para imponer los suyos: “(...) colonización en los diversos ámbitos de la vida social: el proceso por el cual una posición dominante se adueña de todos los espacios públicos (también buena parte de los privados) desarrollando una visión única y excluyente.” (Ibíd., p. 29).

¿Qué hacer, entonces, para investigar en educación? Nos vemos en la tarea de descolonizar las prácticas actuales de investigación: “todo proceso de descolonización no lo es del todo mientras no sea capaz de generar un sistema alternativo desde el punto de vista ideológico, epistemológico y moral que recupere el punto de vista de las comunidades afectadas. (...)” (Ibíd., p. 47), nuestra finalidad es presentar una alternativa para que construyamos investigaciones en el campo de la educación, así como maestros tendremos la oportunidad de elegir, nuestro punto de vista será valorado respecto a otras investigaciones. Con este trabajo no deseamos imponer que nuestra construcción es la verdadera y la única que tiene valor, sino más bien mostrar que nuestra voz como maestros de física en formación también vale, que nuestro conocimiento sobre la física es una alternativa a las investigaciones hasta ahora realizadas.

En nuestra investigación hacemos uso de la *narrativa*; esta es un relato oral, escrito o gráfico que nos cuenta una experiencia. “Podemos decir que los humanos en su relación con los demás y consigo mismos no hacen más que contar/imaginar historias, es decir narrativas. Es, entonces, tanto un modo básico de pensamiento, de organizar el conocimiento y la realidad” (Bolívar & Domingo, 2001, p 19). Las narrativas nos permiten plasmar nuestras experiencias, nuestras historias, en el caso de esta investigación nos referimos a aquellas vividas en la práctica docente; estas son valiosas porque representan nuestro proceso de

concepción y enseñanza de la física; no es una historia que otra persona vivió, las valoramos en tanto nos representan, expresan la realidad que vivimos.

Con nuestros relatos podemos apreciar cómo nos cambia la concepción de las explicaciones que le damos a nuestras vivencias en la práctica pedagógica, desde el comienzo de ésta hasta el final, en el contacto con otros seres:

Esto da lugar a un entendiendo del ‘Yo’ y del ‘Yo social’, como la estructura compuesta por varias historias, por el cruce de distintos ‘Yoes’ dentro de uno mismo en relación con las estructuras de otras personas y sistemas (...) el elemento disruptivo que tiene el cruce de experiencias y significados hace de nuestros relatos un entramado complejo, no lineal y controvertible, de la propia realidad y de lo que somos (Cortés, 2019, p. 187).

Al mirar nuestra historia nos encontramos con distintos planteamientos relacionados al quehacer del maestro en nosotros mismos, precisamente por el contacto que tenemos con la sociedad; esto es, como maestros construimos nuestro conocimiento y su sentido en el contexto de la práctica pedagógica; esto hace que nos confrontemos respecto a lo que ya hemos pensado, es un proceso de reflexión sobre lo ya construido desde el yo y el yo social.

Además de hacer visibles las voces y sentimientos del cuerpo docente o de poder ejercer el dispositivo de reafirmación del conocimiento profesional, las historias de vida pueden constituir una plataforma para conocer los efectos de la reestructuración de la educación en las vidas docentes, así como una potente plataforma desde la que explorar y reimaginar discursos alternativos, que puedan conducir a lo que deba ser la escuela y al papel de los docentes dentro de ella. (Bolívar & Domingo, 2018, p. 888)

Pensarnos como maestros de física sobre nuestro quehacer en la escuela, permite que nuestra historia tenga una relevancia para nosotros mismos, pues consideramos nuestras vivencias en la escuela para proponer discursos alternativos y formas de enseñanza en el aula, nuestra voz toma sentido en ese contexto, nos sirve para cambiar nuestras prácticas docentes, al



proponer nuevas estrategias según lo que ya interpretamos de nuestra realidad en la escuela. Entonces, nuestra reflexión es importante porque permite idear nuevas formas de significar el conocimiento en las clases de física. Seremos nosotros, según nuestras prácticas, gestores de las transformaciones.

Al escribir un texto autobiográfico nos vemos en la tarea de plasmar aquellos relatos que nutren nuestra investigación, y son una base para el reto que asumimos de ser maestros. Para Daniel Suárez (2007) un texto autobiográfico: “es el que facilita el desarrollo del carácter reflexivo de los relatos y, en ese mismo movimiento, el que colabora a componer la intriga narrativa que articula el sentido pedagógico con el vivencial y emotivo de la experiencia en cuestión” (p. 32). Nuestras experiencias fortalecen los relatos que compartimos; pues, son una manera de reflexionar sobre aquello que vivimos como maestros, desde las clases de física, se vuelve importante porque es tratada nuestra mirada de la física en su enseñanza, desde los escritos que reflexionemos y analicemos; así, tiene sentido nuestro quehacer en la escuela, pues nos pone a pensarnos aquellas vivencias que tenemos.

Nuestra problemática apunta a la concepción que, como maestros de física, tenemos de la misma desde el uso de libros de texto que hemos utilizado a lo largo de nuestra formación en física; a partir de allí, proponemos nuestra pregunta de investigación sobre cómo cambiar nuestra imagen tradicional de la física. Un evaluador del Centro de Investigaciones Educativas y Pedagógicas CIEP (2019)<sup>9</sup> nos dice respecto al planteamiento del problema: “...Se plantean varios elementos desde lo encontrado actualmente en algunos libros de texto, pero el problema como tal no se justifica desde lo académico, científico, social, tecnológico, cultural o educativo...” (p. 2). Nosotros procedimos desde los libros de texto para plantear la problemática porque como profesores de física es de lo que nos nutrimos para llevar las clases, se trata más de un problema que tenemos nosotros respecto a las clases de física, nuestra voz como maestros en la práctica pedagógica es relevante para pensarnos sobre aquello que hemos vivido en la escuela, en este caso una de las fuentes son los libros de texto.

---

<sup>9</sup> Participamos en una convocatoria hecha por el CIEP con respaldo de la Facultad de Educación de la universidad de Antioquia entre el 2018 y 2019, para ser financiados durante el proceso de trabajo de grado; en esta convocatoria no fuimos seleccionados.

Creemos que el conocimiento es más que un método, por esto nuestra pregunta de investigación comienza con el cómo concebir, porque se trata de nuestra mirada hacia la física y su enseñanza, a partir de nuestras historias de vida desde la práctica pedagógica; en este sentido nuestro trabajo es de naturaleza epistemológica. Un evaluador del CIEP (ibíd.), respecto a nuestros objetivos, nos plantea:

... Dado que el problema planteado no es claro, es difícil encontrar coherencia entre este y los objetivos formulados. De la misma manera, estos no se relacionan con la perspectiva metodológica asumida (autobiografía narrativa), y los verbos utilizados (indagar, construir, elaborar, recolectar) no son de investigación, y más parece un listado de actividades a desarrollar en la ejecución de la propuesta (p.3).

El preguntarnos por nuestro conocimiento no es algo que resolvamos con una actividad, pues creemos que las actividades van más en resolver tareas, como con una solución específica que puede ser fácil de resolver; nosotros acá ponemos en tela de juicio nuestra perspectiva de física y de maestros de física durante toda la investigación; los objetivos los consideramos pertinentes, en tanto nos plantean una ruta para nuestra propuesta, los hicimos al pensar de qué forma nuestra experiencia de la práctica docente puede ser evaluada, para mostrar el cambio en nuestra perspectiva durante la misma. Sobre la metodología que asumimos en esta investigación, el evaluador del CIEP (ibíd.), nos dice:

...La primera parte de la metodología sugiere un trabajo narrativo, pero a medida que avanza se sugiere un trabajo de naturaleza empírico-analítica. El autor debe argumentar la relación entre estas dos posturas metodológicas, aparentemente contradictorias, para responder a la pregunta de investigación (p. 4).

Sencillamente nuestra investigación es de corte autobiográfico y narrativo, en este sentido nuestras vivencias son puestas a lo largo del trabajo según el proceso que llevamos; no es que planteemos una problemática que tiene solamente una salida, como lo mencionamos es una alternativa para llevar la enseñanza del color al aula de física, es la que construimos en el

tiempo de práctica pedagógica y que poco tiene que ver con una respuesta exacta y acertada como para ser empírico analítico. De esta manera, nuestros relatos a lo largo de la investigación salen de las reflexiones que, como maestros de física, hicimos de nuestro conocimiento, de la manera en que éste cambió al transcurrir la misma, no se trata de plantear cuestiones meramente teóricas.

## **2.2 El color de la mano de la experimentación.**

Comenzaremos con una parte que es esencial para nosotros, conocer la manera en que los conceptos son desarrollados en la física. Es importante porque se trata de cómo nuestra mente logra construir cuestiones sobre la naturaleza. Desde los planteamientos de Ernst Mach (1905) "... los conceptos generales no son puras palabras, resulta netamente que las proposiciones muy abstractas son comprendidas y son correctamente aplicadas en los casos concretos" (p.110); en el caso del movimiento armónico simple lo pudimos potencializar en una clase<sup>10</sup> con el uso de resortes y guitarras; de tal manera que, comenzó a tomar forma hablar sobre un movimiento que se repite al ser creado con los instrumentos.

Pensemos en una silla, al hablar de ella tenemos en nuestra cabeza una imagen de lo que es, pensamos en una con espaldar, en otra sin espaldar, una de diferente material, diferente color, la palabra nos sitúa en la misma representación. Para Mach (1905) "En la palabra, el hombre posee un rótulo del concepto que generalmente puede ser captado en forma sensible, aun cuando la representación típica sea insuficiente o no exista" (p. 112); es a partir de la palabra que es posible tener una imagen que represente el término en cuestión y por la cual comprendamos el concepto. Vale la pena que miremos entonces si hay algo que nos diferencie de los animales en lo que a representar se refiere; veamos este ejemplo que plantea Mach (Ibíd.):

Un pájaro se alimenta de bayas rojas azucaradas. La sensación azucarada es para él biológicamente importante y su organismo tiene para esa sensación una disposición

---

<sup>10</sup> Esta experiencia surgió en una clase de física dada en nuestro centro de práctica pedagógica.

*innata*. Este mismo organismo *asocia* poco a poco el carácter rojo, que es sorprendente, y se descubre desde lejos. En otros términos, el organismo presenta frente a los dos elementos, azucarado y rojo, una reacción mucho más sensible. Preferentemente su atención será dirigida hacia esos dos elementos, pero, al contrario, despreciará otros elementos del conjunto baya (Ibíd., pp. 115-116).

Desde acá, vemos que los animales tienen la capacidad de asociar según sus necesidades biológicas por las reacciones a ciertas características con las que se siente identificado; en este caso, el pájaro responde significativamente al color rojo y al azúcar de las bayas, es más sensible a estas dos sensaciones a tal punto que puede identificar fácilmente una baya, pero los otros elementos de la baya son innecesarios para el pájaro. Los seres humanos desde las experiencias vividas elegimos lo que nos gusta, lo que nos causa curiosidad, aquello que nos llama la atención.

Para Mach (Ibíd.) el proceso de conceptualización se da mediante las relaciones que establecemos con las personas y los fenómenos; la forma de establecer las relaciones habla de nosotros mismos, de nuestras convicciones y pasiones, es por esto que esas relaciones y la forma como se establecen da cuenta de lo que somos y configura lo que es para cada uno de nosotros importante conocer; cuando tenemos una experiencia que es repetitiva y la compartimos con otro sujeto, podemos hacer una nueva configuración de nuestro pensamiento según lo que es importante para cada uno de nosotros, “el hombre forma sus conceptos (...) potentemente sostenido por el lenguaje y por las relaciones con sus compañeros” (Ibíd., pp. 111-112). Así tenemos el lenguaje y las relaciones con los demás, es decir, toda conceptualización está permeada por la capacidad de interactuar en sociedad a partir del lenguaje, precisamente por las conexiones que hemos hecho por medio de las palabras. De esta forma, el lenguaje se constituye en aquello que nos diferencia de los animales y que garantiza que como seres humanos interpretemos el mundo físico.

Así, un concepto no es más que una formación psicológica, hablamos en este sentido en tanto depende estrechamente de lo que nuestra mente desarrolle; toda construcción de un concepto es un asunto de *abstracción*, “las cosas (cuerpos) son para nosotros complejos

relativamente estables de sensaciones unidas entre sí, dependiendo unas de otras. Pero todos los elementos de este conjunto no tienen igual importancia biológica” (Ibíd., p. 115). Al interactuar con el mundo físico, tenemos ciertas sensaciones estables, de tal modo que ellas en conjunto permiten construir conceptos; a diferencia de los animales, que sólo dirigen su atención a aquello que está biológicamente estructurado, los seres humanos unimos todas las sensaciones de entre sí para construir el concepto.

Bajo esta concepción, plantea Mach (Ibíd.) que “(...) el procedimiento de la *abstracción* consiste esencialmente en la división de la atención y el interés (...)” (p. 116); el entramado de sensaciones forma entre sí conceptos; porque además de interesarnos, atendemos el mundo físico hasta tener una representación concreta. Esto es, si retomamos el ejemplo de la palabra silla, los seres humanos atendemos hasta tener un concepto de silla; de modo que la atención y el interés tiene lugar en la representación de la silla y no en la silla como tal.

Así las cosas, ningún concepto de la física ha surgido de la noche a la mañana, sino que ha sido una construcción de cada científico, desde su forma de abstraer la naturaleza, el modo en que interpreta el mundo físico. Bajo esta postura, nos proponemos abordar aspectos de construcción de conceptos físicos y la experimentación, el papel del lenguaje y las relaciones con las demás personas en el proceso de validación o legitimación del conocimiento; a partir de una discusión en la filosofía natural<sup>11</sup> sobre la existencia del vacío en el siglo XVII y la creación de una bomba de vacío por Robert Boyle<sup>12</sup>. Tomaremos los aportes de Steven Shapin<sup>13</sup> y Simon Schaffer<sup>14</sup>, historiadores de la ciencia, con su libro “El leviathan y la bomba

---

<sup>11</sup> “La filosofía de la naturaleza, a veces llamada filosofía natural o cosmología fue el estudio filosófico de la naturaleza y el universo físico que era dominante antes del desarrollo de la ciencia moderna. Se considera el precursor de lo que hoy conocemos como las ciencias naturales y física hasta mediados del siglo XIX” (Filosofía de la naturaleza, s. f).

<sup>12</sup> “Robert Boyle (Waterford, 25 de enero de 1627-Londres, 31 de diciembre de 1691) fue un filósofo natural, químico, físico e inventor (...)” (Robert Boyle, s. f).

<sup>13</sup> “Steven Shapin (nacido en 1943) es un historiador y sociólogo estadounidense de la ciencia. Es el profesor de investigación Franklin L. Ford de Historia de la Ciencia en la Universidad de Harvard. (...)” (Steven Shapin, s.f)

<sup>14</sup> “Simon J. Schaffer (nacido el 1 de enero de 1955) es profesor de historia y filosofía de la ciencia en el Departamento de Historia y Filosofía de la Ciencia de la Universidad de Cambridge y fue editor de The British Journal for the History of Science de 2004 a 2009.” (Simon Schaffer, s. f)

de vacío. Hobbes, Boyle y la vida experimental” (1985/2005), sin dejar de lado obras de diferentes científicos que sirvan para fundamentar nuestra propuesta.

Hablaremos sobre la disputa provocada por la creación de la bomba de vacío basados en los historiadores Shapin y Schaffer. Boyle creó la bomba de vacío e interpretó sus experimentos enfocados en el resorte, la presión y el peso del aire: decía que el aire tiene la capacidad de contraerse y expandirse; de empujar o tensionar un recipiente y de tener un determinado peso. Los historiadores nos muestran que los hechos de la bomba de vacío no solamente fueron vistos por Robert Boyle, sino que surgieron varios oponentes a sus planteamientos; al ver los experimentos llevados a cabo en la bomba de vacío y la interpretación que se les daba a los mismos, otras personas dieron sus puntos de vista a los experimentos y se convirtieron en adversarios del punto de vista de Boyle sobre los mismos, los más representativos fueron: Thomas Hobbes<sup>15</sup>, Franciscus Linus<sup>16</sup> y Henry More<sup>17</sup>.

Con la bomba de vacío Boyle logró crear un fenómeno que llamó vacío, porque era el resultado de sacar aire del interior de un recipiente; los hechos mostrados en la bomba de vacío eran ocasionados con una máquina, “(...) los hechos que constituían los fundamentos de la nueva ciencia se manifestaban por medio de una máquina científica construida a propósito (...)” (Ibíd., p. 58). La primera máquina de vacío fue construida con herramientas muy sofisticadas, resistentes, ésta era supremamente pesada, miremos cómo funcionaba (ver figura 5):

(...) Con la llave cerrada y la válvula “R” insertada, el émbolo era subido a la parte superior del cilindro; en este punto no había aire entre el émbolo y la cima del

---

<sup>15</sup> “Thomas Hobbes (...) Westport, cerca de Malmesbury, 5 de abril de 1588 – Derbyshire, 4 de diciembre de 1679), en ciertos textos antiguos Thomas Hobbes of Malmesbury, fue un filósofo inglés considerado uno de los fundadores de la filosofía política moderna. (...) Además de en el ámbito filosófico, trabajó en otros campos del conocimiento como la historia, la ética, la teología, la geometría o la física.” (Thomas Hobbes, s. f)

<sup>16</sup> “Francis Line (Londres, 1595 - Lieja, 15 de noviembre de 1675), también conocido como Linus de Lieja) fue un sacerdote jesuita y científico residente en el Colegio de jesuitas ingleses de Lieja donde enseñaba matemáticas y gnomónica.” (Francis Line, s. f)

<sup>17</sup> “Henry More (12 de octubre de 1614 - 1 de septiembre de 1687) fue un filósofo inglés de la escuela de Cambridge.” (Henry More, s. f)

cilindro. Luego el émbolo se bajaba y la llave se abría, permitiendo el pasaje de una cantidad de aire del recipiente al cilindro. Se cerraba la llave, se quitaba la válvula y el émbolo era forzado a subir, expulsando de tal modo el aire al exterior. El proceso se repetía, requiriendo cada vez más fuerza a medida que disminuía el aire remanente en el recipiente (Ibid., pp, 60-61).

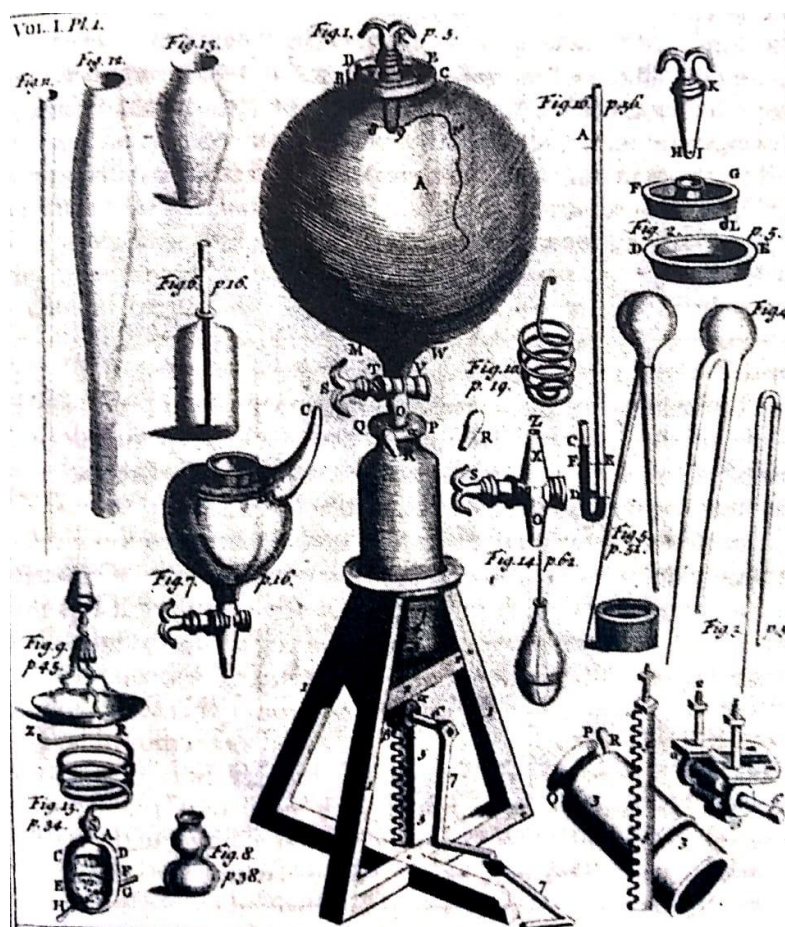


Figura 5. Primera bomba de vacío de Robert Boyle<sup>18</sup>

La llave a la que nos hacen referencia es aquella que se encuentra debajo del globo de la bomba, en la figura 5 podemos verla como la parte “S” de la máquina, ésta permanecía cerrada para comenzar a accionar la bomba, también el émbolo permanecía dentro del cilindro completamente, igual al émbolo que se mantiene dentro de una jeringa común; la válvula es

<sup>18</sup> (Shapin & Schaffer, 1985/2005, p. 59)

como un tapón puesto en la parte superior del cilindro. El émbolo es jalado hasta la parte de abajo del cilindro, luego se abría la llave S para que el aire que estuviese en el globo de la bomba bajara hasta el cilindro, se cerraba la llave, se quitaba la válvula y se introducía nuevamente el émbolo para que el aire dentro del cilindro saliera por el agujero donde estaba puesta la válvula, este procedimiento se repetía varias veces hasta que saliera la mayor cantidad de aire posible dentro de la máquina, en términos de Boyle, se provoca un vacío; lo interesante de esto es el producto luego de gestionar la máquina, nos mencionan la percepción de una fuerza que era cada vez más grande a medida que era sacado el aire.

Para Boyle, los hechos experimentales tenían que estar acordados en una cierta comunidad; varias personas tendrían que presenciar el experimento y acordar todas las condiciones para desarrollarse; es decir, eran como unos acuerdos entre diferentes personas que determinaban el proceso para llevar a cabo el experimento:

(...) Bajo la mirada de Boyle, la capacidad de los experimentos para producir hechos dependía no sólo de su efectiva realización sino esencialmente de la seguridad brindada que tenga la comunidad relevante acerca de las condiciones de su realización. Así, estableció una distinción fundamental entre los experimentos efectivos y lo que hoy son llamados “experimentos mentales”. Si, como insistían Boyle y otros experimentadores ingleses, el conocimiento habría de ser empíricamente fundado, la experimentación debía ser testificada. Las realizaciones experimentales y sus productos debían ser atestiguados por testigos oculares. (Ibíd., p. 94)

En el caso de Boyle, éste se encontraba en una comunidad específica, “(...) los ensayos con la bomba de vacío, por caso, fueron realizados rutinariamente en las salas de sesiones ordinarias de la Royal Society<sup>19</sup>, siendo la máquina llevada allí especialmente para la ocasión (...)” (Ibíd., p. 97); de modo que, el conocimiento científico no es algo que solamente venga a ser sostenido por una persona, la comunidad favorece un punto crucial para testificarlo. Aun así, diferentes personas que no pertenecían a la Royal Society tenían acceso a los escritos en

---

<sup>19</sup> “La Royal Society es una beca de muchos de los científicos más eminentes del mundo y es la academia científica más antigua en existencia continua” (The Royal Society, s.f).



los que se explicaba el paso a paso de los experimentos realizados en la bomba de vacío; entre esas personas están Hobbes, More y Linus, los cuales interpretaron diferente los hechos experimentales: Linus ofreció una explicación fuera del funcionamiento de la bomba de vacío del por qué sacar totalmente el aire del recipiente era imposible, mencionó que “era evidente porque se podía ver a través del espacio; si hubiera vacío ninguna especie visible podría alcanzar el ojo a partir de él o a través de él” (Ibid., p. 221); para éste el vacío es algo impensable, puede que haya cualquier cosa dentro de la bomba, pues concebía que si hubiese vacío no podría ser visto por el ojo humano.

(...) Linus explicó la fuerza cuando era retraído el émbolo<sup>20</sup> en la bomba de vacío. Su explicación dependía de dos afirmaciones: 1) la retracción del émbolo rarificaba el aire dentro del recipiente, y 2) cuanto más rarificado estaba el aire, más fuerte era el poder de contracción del funículo<sup>21</sup> (...) (Ibid., p. 224)

Para Linus lo que hacía la bomba de vacío era enrarecer el aire, cuando la bomba se ponía en función el aire no se contraía, sino que era el funículo el que se contraía según lo rarificado que estuviese el aire; de modo que, la fuerza percibida era el resultado de la contracción del funículo. Nos parece interesante que este científico negara rotundamente la palabra vacío, pues para Boyle cuando el émbolo de la bomba era ya sacado varias veces, cada vez el aire se hacía menor en el recipiente hasta que haya un momento en el que dentro de la bomba no haya más aire. Si analizamos, los planteamientos de Linus hacia Boyle por la bomba de vacío no son hacia la construcción de la máquina, tampoco sobre la resistencia o fuga de los materiales ni sobre la escritura de los experimentos de Boyle, pues en esta escritura se basó para él mismo hacer los experimentos, sino más bien niega que dentro de la bomba de vacío haya la cantidad de aire comprimido que menciona Boyle.

---

<sup>20</sup> Ver figura 5.

<sup>21</sup> “Si usted realiza el experimento de Torricelli, cerrando el orificio superior del tubo que contiene el mercurio con su dedo, usted sentirá que su dedo es chupado dentro del tubo ... Para Linus este fenómeno significaba que había una sustancia en el espacio de Torricelli y que esa sustancia tenía el papel de sostener la posición del mercurio. Se trataba de cierta cuerda interna (funiculus) cuya extremidad superior estaba unida al dedo y su extremidad inferior al mercurio ... (un funículo podía, sin embargo, ser elaborado a partir de otras sustancias, en cuyo caso cumplía aun la misma función)” (Shapin & Schaffer, 1985/2005, p. 222).

Otro de los adversarios y el más fuerte de ellos es Thomas Hobbes; él y Boyle “compartían una concepción mecanicista general de la naturaleza, pero diferían acerca de los medios por los cuales debía producirse el conocimiento” (ibid., p. 238). Para Hobbes no era importante la experimentación como estrategia para llegar a conclusiones tales como la existencia del vacío, decía que en la bomba de vacío el aire se filtraba de alguna manera en la máquina de tal forma que dentro había presencia de aire, lo atribuía a una capacidad etérea del aire, tenía una perspectiva etérea también de la atmósfera. Al considerar la respuesta de Hobbes a la bomba de vacío, Boyle hizo unas reformas a la misma:

(...) Los cambios más importantes que Boyle le hizo al diseño original de 1659 fueron tres: 1) el aparato de bombeo fue sumergido en un tanque de agua; 2) el recipiente estaba ahora indirectamente conectado con la bomba propiamente dicha, colocada en una plataforma chata de madera y hierro; 3) fueron hechas varias mejoras en el cemento y en los sellos utilizados para asegurar el dispositivo contra la intrusión de aire externo. (...) (Ibid., p. 239)

Sobre la refutación de Hobbes a la utilización de la máquina al decir que en ella se filtraba aire de alguna manera, Boyle procedió a meterla en un tanque de agua y nuevamente mostrar que, a pesar de ello, ocurría en el interior de ella el mismo hecho, así la máquina no funcionaba a partir de aire externo, sino más bien, el hecho se producía a partir del aire dentro del recipiente.

Pero la principal razón, en la mirada de Boyle, por la cual Hobbes no había producido ningún “hecho” nuevo era que su adversario denigraba sistemáticamente la realización de experimentos. (...) Los escritos de Hobbes no eran menos peligrosos por el hecho de no haberse tomado el trabajo de realizar experimentos, dado que esta clase de ataque demostraba cuán fácil era erosionar los fundamentos de la auténtica filosofía; el trabajo de laboratorio podía arruinarse por las críticas de sillón. Boyle expresó su esperanza que en una comunidad filosófica apropiadamente gobernada la autoridad de un crítico sería medida por su reconocida facilidad para realizar experimentos. Para criticar experimentos se debería ser experimentador (ibid., pp. 243-244)

Es bastante fuerte la crítica porque se muestran dos posturas excluyentes entre sí; por un lado, Boyle utiliza sus experimentos y los interpreta a partir del fenómeno del vacío; por otro lado, Hobbes niega que el proceder experimental utilizado por Boyle pueda dar cuenta que verdaderamente hay un vacío dentro de la bomba; vemos entonces dos posiciones epistemológicas distintas de los físicos hacia la filosofía natural. Lo importante de reconocer estas posturas, es que cobijan el pensamiento de una comunidad en la que se está inmerso; Boyle tenía como testigos a la Royal Society en su proceder experimental, para esta comunidad los hechos experimentales sostenían el planteamiento de Boyle sobre el vacío; sin embargo, Hobbes pudo manifestar que el proceder experimental utilizado no es pertinente para dar cuenta del vacío desde su interpretación de los hechos.

More, por otro lado, será el último adversario analizado según los historiadores Shapin y Schaffer:

El texto de More de 1662 argumentó 1) que la materia en sí misma era pasiva, inerte y estúpida; 2) que su movimiento estaba guiado por “algún Ser inmaterial que ejercita su actividad directiva sobre la materia del mundo”; 3) que el mecanismo por sí mismo era un modo inadecuado para dar cuenta de los fenómenos de Boyle (...) (Ibíd., p. 290).

Encontramos en la interpretación de los historiadores que More tiene una perspectiva más espiritual de la filosofía natural, el atribuirle ciertos hechos a una divinidad, planteaba que la materia en sí no era libre de moverse de un lado a otro; por ser religioso, proponía ciertas cuestiones de la naturaleza como un misterio que no es posible comprender; si bien le acusamos esto a la época en que fue desarrollada la disputa, nos parece interesante en el sentido que da una explicación sobre lo que pasa en la bomba de vacío, es un argumento diferente a los hechos experimentales.

“Boyle argumentó que debido a que el espíritu aducido por More no era un principio físico éste no podía ser parte del lenguaje de los experimentadores organizados (...)” (Ibíd., p.

298). Para Boyle los argumentos de More dejan la rigurosidad de las situaciones experimentales a especulación de cada persona, como si los hechos en la naturaleza fueran magia, en pocas palabras son argumentos sin justificación.

Esta controversia de Boyle con sus adversarios nos muestra como una teoría es desarrollada en la física; a lo largo de este capítulo hemos interpretado el desarrollo de la experimentación, la manera de experimentar en la física y cómo ésta es validada y corroborada por una comunidad; sin embargo, no podemos negar que los hechos en la bomba de vacío tuvieron una interpretación por Boyle; éste habló sobre la elasticidad del aire; es decir, la capacidad de contraerse al comenzar a salir de la bomba; del peso del aire y la presión del aire; estas son teorías de la física, pues son explicadas, expuestas, desarrolladas, aclaradas, construidas; en este caso, por Boyle y las discusiones con sus adversarios; aquí vemos una conexión especial entre la teoría y la experimentación, pues no existe la una sin la otra, ambas las llevamos por igual en la construcción de conocimiento en las ciencias.

Centrémonos un momento en la manera en que se testifican las situaciones experimentales desde el lenguaje oral y escrito: oral en el sentido que ya expusimos, la comunidad observa un proceder experimental y afirma su pertinencia, pero también la reproducción literaria sirve como fundamento para producir los experimentos:

(...) si se escribían informes experimentales de modo correcto el lector podía confiar en que estas cosas habían pasado. Más aún, sería como si el lector hubiera estado presente en los procedimientos. Sería reclutado como testigo y puesto en una posición en la que pudiera validar los fenómenos experimentales como hechos. De tal modo, la atención puesta en la escritura de los informes de los experimentos era de igual importancia que hacer los experimentos en sí mismos (Ibíd., p. 104).

Una clara descripción de la manera en que ocurren los hechos aprueba la forma de proceder experimental, contar cómo pasaron las cosas en el experimento es un pilar para la construcción de hechos, la interpretación de situaciones físicas desde los hechos es constituida en la manera en que se plasman los relatos. Sobre la teoría, Duhem (1914/2003) nos plantea:

“es la interpretación teórica la que permite al experimento científico penetrar mucho más que el sentido común en el análisis detallado de los fenómenos, dar de ellos una descripción cuya precisión supera en mucho la exactitud del lenguaje ordinario.” (p. 216). Cuando los científicos construyen teorías físicas son relatadas todas las observaciones, todos los hechos, lo que sucedió en el transcurso del experimento, todos esos detalles son importantes porque son el material examinado e interpretado. En esto consiste un fenómeno físico, es una conversación continua de experimentos e interpretaciones la que nos permite establecer que se trata de un fenómeno natural.

Basados en la misma línea de los puntos de vista en la ciencia, es pertinente que miremos un ejemplo que plantea Duhem de óptica, puesto que la óptica es nuestro enfoque en esta investigación. Duhem (Ibid..) nos dice:

Tenemos dos hipótesis acerca de la naturaleza de la luz: para Newton<sup>22</sup>, Laplace<sup>23</sup> y Biot<sup>24</sup>, la luz consiste en proyectiles lanzados a una extraordinaria velocidad; para Huygens<sup>25</sup>, Young<sup>26</sup> y Fresnel<sup>27</sup>, la luz consiste en vibraciones cuyas ondas se propagan en el éter. Estas dos hipótesis son las únicas que se consideran posibles: o el movimiento se lo lleva el cuerpo al que anima y al que permanece vinculado, o pasa de un cuerpo a otro. Si seguimos la primera hipótesis, nos anuncia que la luz se mueve a mayor velocidad en el agua que en el aire; si seguimos la segunda, nos anuncia que la luz se mueve a mayor velocidad en el aire que en el agua. Montemos el aparato de Foucault, pongamos en movimiento el espejo giratorio y aparecerán ante nuestros ojos dos manchas luminosas, una incolora y otra verdosa. ¿la

---

<sup>22</sup> “Isaac Newton (Woolsthorpe, Lincolnshire; 25 de diciembre de 1642/4 de enero de 1643-Kensington, Londres; 20 de marzo/31 de marzo de 1727) fue un físico, teólogo, inventor, alquimista y matemático inglés. (...)” (Isaac Newton, S. f)

<sup>23</sup> “(...Normandía, Francia, 23 de marzo de 1749-París, 5 de marzo de 1827) fue un astrónomo, físico y matemático francés...” (Pierre-Simon Laplace, s.f)

<sup>24</sup> “(París, 21 de abril de 1774 - ibídem, 3 de febrero de 1862) fue un físico, astrónomo y matemático francés” (Jean Baptiste Biot, s.f)

<sup>25</sup> “(La Haya, 14 de abril de 1629-ibídem, 8 de julio de 1695) fue un astrónomo, físico, matemático e inventor neerlandés” (Christiaan Huygens, s.f)

<sup>26</sup> “(13 de junio de 1773-10 de mayo, 1829) fue un científico inglés” (Thomas Young, s.f).

<sup>27</sup> “(10 de mayo de 1788 - 14 de julio de 1827) fue un físico e ingeniero francés que contribuyó significativamente a la teoría ondulatoria de la luz” (Augustin Fresnel, s.f)

mancha verdosa está a la izquierda de la banda incolora? Esto significa que la luz va a mayor velocidad en el agua que en el aire, y la hipótesis de las ondulaciones es falsa. Por el contrario, ¿la mancha verdosa está a la derecha de la banda incolora? Quiere decir que la luz va a mayor velocidad en el aire que en el agua, y la hipótesis de la emisión es falsa... (pp. 249-250)

La discusión de la naturaleza de la luz desde la emisión y las ondulaciones corresponden una manera más sólida de fundamentar lo que hemos construido hasta el momento. En situaciones precisas, la teoría de la emisión de la luz de Newton, Laplace y Biot funciona tan bien que no queda duda que la luz es un cuerpo que está en movimiento; pero también hay momentos en los que la teoría de las ondulaciones de la luz de Huygens, Young y Fresnel se ve con tal precisión que se acepta que la luz es una onda que se propaga en un medio. No es posible decir que una teoría es verdadera y la otra no, puesto que ambas funcionan y son una interpretación basada en experimentos; por lo tanto, son dos puntos de vista diferentes sobre la naturaleza de la luz igualmente aceptados. Nos parece que es importante porque Duhem recalca de estas teorías físicas que no se podría decir que si una es verdadera entonces la otra es falsa, la luz puede ser un cuerpo o la propagación de una onda, ambas tienen el mismo grado de veracidad.

Son entonces las interpretaciones de una situación experimental aquello que constituye los diferentes puntos de vista en la física, sin desmeritar ni desmentir ninguno, puesto que vemos que son basados en la observación de cada científico; según Einstein & Infeld (1938/1986): “el investigador desea poder predecir los sucesos y determinar experimentalmente si la observación confirma sus predicciones y, en consecuencia, las suposiciones iniciales” (p. 20); el trabajo de cada científico constituye una obra de gran relevancia, puesto que en ella nos proporcionan un desarrollo: aclaran, exponen, explican su punto de vista para que la comunidad sea partícipe de sus observaciones y sea discutido el punto de vista.

Estas interpretaciones son importantes en toda la historia de la ciencia, vemos que los científicos en el transcurrir de la ciencia han puesto en discusión sus propios pensamientos para

que el conocimiento fluya y se construya en sociedad, aún hasta para aceptar las críticas y ponerlas en discusión con sus observaciones. En el caso de nuestra investigación nos acercamos al campo de la óptica para desde allí construir el conocimiento que nos han otorgado diferentes científicos.

### **2.3 Nuestra construcción epistemológica del color**

El interés que tenemos en construir la fenomenología del color recae en que, como lo vimos en el apartado anterior con Mach, es una de las vivencias que tenemos diariamente, comenzamos a apreciar de forma diferente aquello que nos causa especial atención e interés y pase por nuestra abstracción. En el caso de nuestra investigación<sup>28</sup> abordaremos diferentes posturas físicas específicamente en óptica basados en la interpretación de científicos que desarrollaron su fenomenología del color.

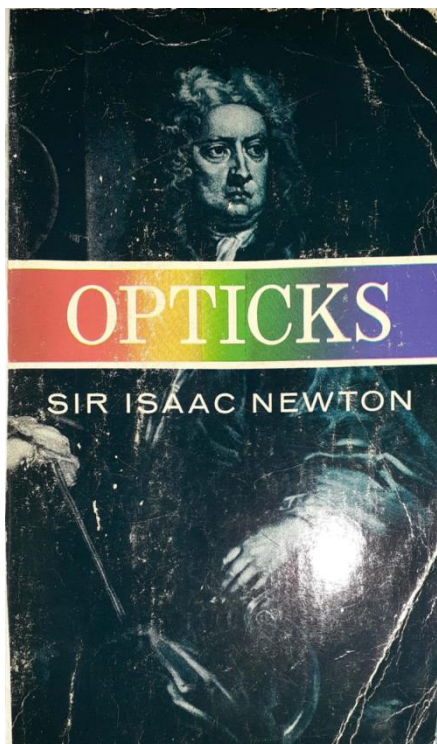
#### **2.3.1 Nuestra reflexión del trabajo de Newton en óptica acerca del color<sup>29</sup>**

Comenzaremos con el desarrollo de los argumentos planteados por Newton sobre el color en la composición de la luz, los cuales interpretaremos de su libro “Óptica o tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y luces de colores” (1704/1977), vemos la imagen de esta obra en la figura 6.

---

<sup>28</sup> Tenemos en cuenta investigaciones como la de la profesora Tobón (2016) en su análisis con fundamentación histórica y epistemológica sobre los fenómenos cromáticos en la enseñanza; si bien tenemos en común los científicos estudiados para construir la fenomenología del color, nuestras investigaciones son fundamentadas en metodologías y maneras de proceder diferentes; lo que hace que en ambos trabajos sea posible ver enfoques distintos desde el planteamiento del problema, el marco teórico, los análisis y las conclusiones.

<sup>29</sup> Parte de este apartado lo presentamos como ponencia oral con el trabajo “Construcción epistemológica en torno al color. Nuestra reflexión como maestros en formación” en el 9 Congreso Nacional sobre la Enseñanza de la Física y la Astronomía llevado a cabo en Bogotá- Colombia del 7 al 9 de noviembre del 2018. También participamos con ponencia oral con el trabajo “El color desde una perspectiva fenomenológica: nuestra construcción como maestros en formación” en el X Congreso Iberoamericano de Educación Científica llevado a cabo en Montevideo- Uruguay del 25 al 28 de marzo del 2019.



*Figura 6.* Carátula del libro *Opticks: or, a treatise of the reflexions, refractions, inflexions and colours of light*, de Isaac Newton tomada de su versión inglés de 1952.

Estudiamos uno de los experimentos de Newton, en donde se refiere al origen del color desde la luz; nos menciona que “la luz del sol consta de rayos de diferente refrangibilidad” (Newton, 1704/1977, p. 32), esta proposición está sostenida por el experimento que traeremos a continuación.

Hasta ahora hemos utilizado una palabra que todavía no hemos definido, se trata de refrangibilidad. Según Newton, la luz posee una capacidad de determinar otro rumbo en su camino: “la refrangibilidad de los rayos de luz es su disposición a refractarse o desviarse de su camino al pasar de un cuerpo o medio transparente a otro (...)” (Ibíd., p. 10); esto, lo toma como un eje para construir su óptica desde el experimento que plantea. Vemos que los dos rayos de luz de la figura 7 desvían su camino, cada uno toma rumbo diferente hasta llegar a la hoja de papel.



Newton se sitúa en una habitación oscura, tapa todas las entradas de luz y deja un agujero en una ventana por el que pasa luz del sol; dentro de la habitación pone un prisma de vidrio que es atravesado por esta luz, de tal modo que ésta pueda ser vista en una pared de la habitación; pone una hoja de papel blanca donde percibe la luz que ve después de atravesar el prisma. Así, observa el comportamiento de la luz del sol al pasar por diferentes medios: de aire a vidrio y luego nuevamente al aire; el vidrio, al ser transparente, es posible que veamos a través de él, basta pensar en una ventana, posee vidrios, pero el interior está iluminado, de modo que la luz del sol viaja también a través de estos. La imagen que se formó en la pared era de colores: rojo, amarillo, verde, azul y violeta (ver figura 7): “dicha imagen o espectro PT era de colores, presentando el rojo en el extremo menos refractado, T, el violeta en el más refractado, P, y amarillo, verde y azul en los lugares intermedios (...)” (Ibíd., p. 37); tenemos en cuenta que Newton además de investigar desde lo experimental, esto es, utilizar sus experiencias y orientarlas hacia sus intereses particulares, maneja un gran dominio de la geometría plana, por eso para explicarnos su postura las utiliza como base. Respecto a esta cita, en la figura 7 nos muestra el procedimiento llevado por Newton, de modo que el espectro PT se refiere a la imagen de los colores en la hoja de papel puesta en la pared; Newton vio el color rojo en la parte de abajo de la hoja, en el punto T, en el intermedio vio los colores amarillo, verde y azul, no sabemos específicamente el orden, y el color violeta en la parte superior de la misma, en el punto P.

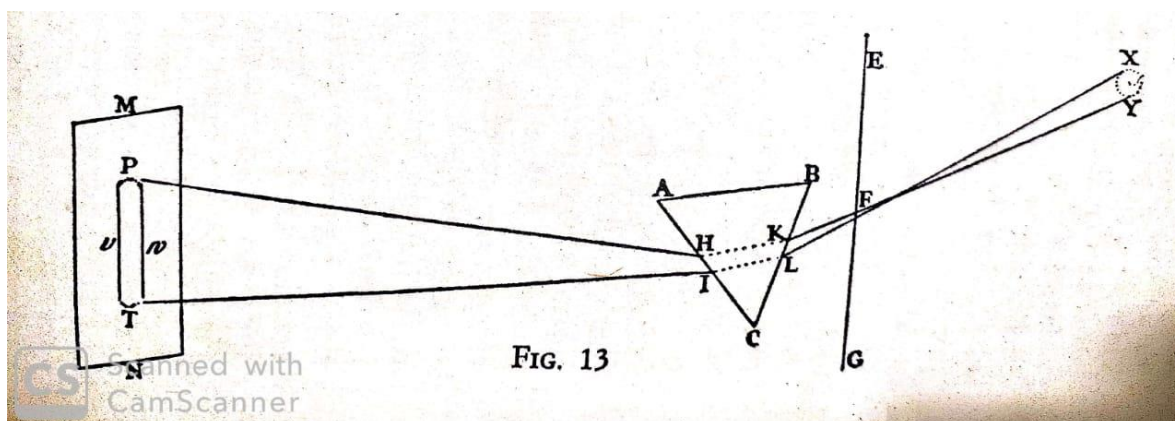


Figura 7. Desviación de la luz al pasar por un prisma.<sup>30</sup>

<sup>30</sup> (Newton, 1704/1977, p. 35). Imagen citada como figura 13.

Analicemos la construcción del montaje de Newton:

(...) Efectivamente, sea EG el postigo de la ventana, F el agujero practicado allí, por el que el haz de luz solar penetra en la habitación y ABC un plano triangular imaginario que representa un corte transversal del prisma por donde pasa la luz; o, si se prefiere, ABC puede representar el prisma mismo, visto directamente por un extremo desde la posición del espectador. Sea XY el sol, MN el papel sobre el que se proyecta la imagen del Sol o espectro y PT la imagen misma, cuyos lados son rectilíneos y paralelos hacia  $v$  y  $w$ , terminando en semicírculos hacia P y T. YKHP y XLJT son dos rayos, el primero de los cuales va de la parte de abajo del sol a la parte superior de la imagen, tras refractarse en el prisma en K y H, mientras que el segundo va de la parte alta del Sol a la parte inferior de la imagen, refractándose en L y J (...) (Ibíd., p. 36).

Identificamos que la luz que llega hasta la hoja de papel blanca sufre un cambio al pasar por el prisma, los rayos de luz van: uno desde el extremo de arriba del sol hasta la parte de abajo de la imagen y el otro, desde la parte de abajo del sol hasta la parte de arriba de la imagen; en un principio pensaríamos que para la presencia de los colores solamente es necesario uno y sólo un rayo de luz, que puede desviarse en el prisma; sin embargo, vemos que son utilizados dos rayos de luz, desde los extremos del Sol vienen hacia el prisma dos rayos de luz que pasan por el agujero de la habitación, el rayo YKHP de la figura 7, tiene una refrangibilidad porque viene de Y hasta K de forma directa, luego acá al entrar en contacto con el prisma se desvía hasta llegar a H, en donde al pasar del prisma al aire nuevamente desvía su camino hasta llegar a P; así mismo, el rayo XLJT, vemos que viene de X hasta L, allí cambia su camino hasta J, en donde nuevamente se desvía hasta llegar a T.

Nos llama la atención que en esta definición nos plantea Newton que hay un caso de refrangibilidad al pasar de un medio transparente a otro, de modo que la refrangibilidad no es una cualidad solamente del prisma como lo esperaríamos nosotros por su composición geométrica, si bien es un instrumento para que logremos evidenciar el resultado en la pared, Newton nos lo plantea como la capacidad de refrangibilidad de un rayo de luz, porque es una

propiedad de la luz, la luz se va por otra parte; en este experimento (el experimento 3 de la obra de Newton) los colores que son vistos son producto de una desviación de la luz: “dicha imagen o espectro PT era de colores, presentando el rojo en el extremo menos refractado, T, el violeta en el más refractado, P, y amarillo, verde y azul en los lugares intermedios (...)” (Ibid., p. 37); como si en la luz blanca estuviesen los colores rojo, naranja, verde, amarillo, azul y violeta, todos dentro de ella; de tal manera que, el medio transparente, como el prisma en el caso de Newton, interviene para que surjan colores.

Seguiríamos en el análisis de esta gran obra del científico Newton, si no fuera porque desde nuestra construcción de conocimiento nos alejamos del fenómeno que queremos estudiar; llegamos a otro fenómeno supremamente importante, el de la refrangibilidad de la luz; si nuestro propósito fuera el de estudiar cualidades de la luz, sería pertinente seguir por esta ruta, pero al ser nuestro eje principal el color, intentaremos desde otra postura construirlo.

### **2.3.2 Nuestra interpretación del color desde la teoría de los colores de Goethe**

Con la intención de seguir en la construcción de la fenomenología del color, dejamos a un lado la Óptica de Newton y leímos otro científico que también habló sobre el color, cien años después que Newton publicara su interpretación, se trata de Wolfgang Von Goethe<sup>31</sup> en su obra “teoría de los colores” (1810/1945).

Desde los planteamientos de Goethe nuestro órgano visual es nuestra fuente de visión, por medio de nuestros ojos podemos ver y percibir; Goethe (1810/1945) nos dice: “la retina se haya, según que obre sobre ella la luz o la oscuridad, en dos estados distintos, diametralmente opuestos el uno al otro” (p. 28). Nuestro ojo no solamente percibe luz, estamos ligados también a la oscuridad; la sensibilidad que tenemos en nuestro ojo se direcciona hacia la luz y hacia la oscuridad, ambas nos provocan cierta apreciación en el ojo. Para Goethe:

---

<sup>31</sup> “Johann Wolfgang von Goethe ((...) Fráncfort del Meno, 28 de agosto de 1749-Weimar, 22 de marzo de 1832) fue un poeta, novelista, dramaturgo y científico alemán, contribuyente fundamental del Romanticismo, movimiento al que influyó profundamente.” (Johann Wolfgang Von Goethe, s. f)

Cuando en una habitación completamente oscura mantenemos abiertos los ojos, notamos que falta algo. El órgano, librado de su propia suerte, se repliega sobre sí mismo por falta de ese contacto estimulador y grato en virtud del cual se vincula con el mundo exterior y llega a ser lo que es. (Ibíd.)

Cuando estamos dormidos en la noche y por alguna razón nos levantamos, vemos todo oscuro, miramos alrededor y observamos todo muy preciso; según Goethe, nuestro ojo está incompleto; esto es, al haber ausencia de luz, el ojo queda en un estado como de pasividad, está ausente de aquello que hace que veamos el mundo.

Nos menciona Goethe que: “Cuando luego volvemos los ojos hacia una superficie blanca crudamente iluminada, quedamos deslumbrados y por un tiempo no somos capaces de distinguir objetos estrictamente iluminados” (Ibíd.). La luz nos asombra y nos sorprende, deja nuestro ojo como en un efecto de conmoción; por ejemplo, al estar dentro de una caverna todo es oscuridad, no logramos ver mayor cosa; pero al salir nuevamente al sol, inmediatamente cerramos los ojos para impedir el paso de tanta iluminación, nuestros ojos no soportan ese cambio en tan poco tiempo, hay una significación especial entre estos sucesos, no solamente percibimos la luz, si bien el ojo se abruma al salir a la luz luego de estar en completa oscuridad, también si estamos netamente en un lugar iluminado es abrumador para los ojos, como cuando hay un día muy soleado, que cuesta bastante mirar fijamente hacia el horizonte, toca cerrar los ojos un poco. Dice Goethe:

Cada uno de estos dos estados extremos abarca, del modo indicado, la totalidad de la retina, de modo que no pueden coexistir en ella. En aquel caso hemos encontrado el órgano visual en el estado de máxima relajación y sensibilidad, en éste, en el de una tensión e insensibilidad extremas (Ibíd.).

Nuestra retina percibe luz o percibe oscuridad; al ser opuestas, si hay más luz en el ambiente entra poca oscuridad en ella, pero al haber mucha oscuridad entra poca luz, son acciones inversas en nuestro órgano visual. Es posible entonces que hagamos una semejanza: la oscuridad con la tranquilidad, el alivio, la calma; y la luz, por el contrario, con la presión, la

angustia, lo rígido o tosco; hacemos esta relación para marcar diferencias en lo que nuestro órgano visual percibe, bien sea la luz o la oscuridad, obran de manera diferente sobre nuestra retina.

Vale la pena que reflexionemos si hay alguna diferencia entre pasar de la iluminación a la oscuridad y, en el caso contrario, de la oscuridad a la iluminación; Goethe (Ibíd.) nos plantea:

Quién de la luz del día pasa a un lugar bastante oscuro, por lo pronto no puede distinguir nada; poco a poco los ojos recobran su sensibilidad, los agudos antes que los débiles, aquellos ya al cabo de un minuto, en tanto que éstos requieren de siete a ocho minutos (p. 29).

Al pasar de la luz a la oscuridad, nuestros ojos se impresionan, no reconocemos nada por un cierto tiempo; pues, el ojo está acostumbrado a la luz, a la iluminación, a ver con claridad; al quitarle la luz, toma cierto tiempo habituarse a la oscuridad, comenzamos a ver las cosas con más nitidez luego de cierto tiempo, es un proceso que hace des acostumbrarse de tener cierta iluminación, a no tener como esa “fuerza” que lo perturbe. Miremos el caso contrario que nos propone Goethe:

Quien pasa de un lugar completamente oscuro a otro en que da el sol, queda deslumbrado. El que pasa del crepúsculo a una claridad más bien discreta, distingue todos los objetos con mayor nitidez. De lo cual se infiere que el ojo reposado es más sensible a las impresiones moderadas (Ibíd.).

Cuando nos levantamos al estar todavía de noche, abrimos los ojos y ellos se adaptan a la poca luz que hay en el momento, de manera que podemos ver las cosas alrededor más fáciles, nos podemos mover en el espacio e identificamos cada parte de la habitación; en la oscuridad nuestro ojo es más receptivo a encontrar la luz, está en completa calma, pero está alerta de los cambios de iluminación en el entorno.

Así, la forma en la que vemos depende netamente de la iluminación y la oscuridad, ambas opuestas entre sí; en el sentido que, al haber más luz, nuestro ojo no es tan sensible a la oscuridad, a no ser que deje de estar iluminado en el entorno, en este caso sufre una perturbación que le impide ver a su alrededor; si hay oscuridad, nuestro ojo percibe la luz con más facilidad, es decir, si hay algún cambio en la iluminación este inmediatamente va a responder a esa diferencia.

Vamos a casos más concretos, si analizáramos algunas imágenes en blanco y negro en tanto son percibidas por nuestro ojo como la luz y la oscuridad; Goethe nos dice que: “(...) cuando imágenes blancas y negras excitan simultáneamente los ojos, determinan en la retina a un tiempo los estados que la luz y la oscuridad originan sucesivamente” (Ibíd., p. 30); el blanco y el negro son una forma de reproducir la luz y la oscuridad, establecen en nuestro ojo el mismo proceder, de modo de las imágenes blancas y negras determinan en nuestro órgano visual cambios. Según Goethe:

Un objeto oscuro parece más pequeño que otro claro del mismo tamaño. Si dibujamos un disco blanco sobre fondo negro, y otro negro, idéntico en diámetro, sobre fondo blanco y a continuación miramos simultáneamente los dos discos desde alguna distancia, éste se nos aparecerá una quinta parte, aproximadamente, más pequeño que aquél. Si se aumenta en la proporción correspondiente al tamaño de la imagen negra, ambas imágenes aparecerán del mismo tamaño (Ibíd.).

Cuando tenemos objetos de igual tamaño, uno negro y uno blanco, sobre superficies blanca y negra respectivamente, se ven de diferente tamaño; y caso contrario, al tener un objeto negro una quinta parte más grande que un objeto blanco sobre superficies blanca y negra respectivamente, se ven de igual tamaño, ¿por qué? Goethe nos propone:

El negro, representante de la oscuridad, deja el órgano visual en estado de reposo; en cambio el blanco, lugarteniente de la luz, lo excita. Pudiera inferirse del citado fenómeno que la retina en reposo, librada a sí misma, se contrae ocupando un

espacio más reducido que en el estado de la actividad en que la sume el estímulo de la luz (Ibíd., pp. 30-31).

Al estar el objeto blanco en el fondo negro, nuestra retina recibe la poca luz proporcionada por el objeto que está rodeado por completa oscuridad, se centra en advertir la presencia de luz en un sitio donde el fondo es oscuro; en el objeto negro sobre el fondo blanco, nuestra retina es afectada por tanta iluminación a su alrededor; la oscuridad del objeto es menor, a comparación de toda la luz ocasionada por ella, esto es, la cantidad de iluminación interviene para que veamos los objetos diferentes. También pasa al poner el objeto negro una quinta parte más grande, la retina ve ambos de igual tamaño por la perturbación de la luz en presencia de la oscuridad sobre los fondos blanco y negro.

Analicemos otro caso que plantea Goethe, donde la luz y la oscuridad intervienen en las imágenes que vemos: “Una imagen gris aparece mucho más clara sobre fondo negro que sobre fondo blanco. Miradas una al lado de la otra, cuesta creer que las dos imágenes son de idéntico color (...)” (Ibíd., p. 35); al ver dos objetos del mismo tono de gris, sobre un fondo negro y otro blanco, uno al lado del otro, tendremos la sensación que el objeto gris en el fondo blanco es de color más oscuro que el objeto gris en el fondo negro.

Como ya hemos dicho desde la interpretación de Goethe, nuestro ojo es perceptivo de la cantidad de luz que haya en el ambiente, sin dejar de lado la oscuridad que provoca un reposo en él; pero al mirar los dos objetos de color gris, uno al lado del otro sobre el fondo blanco y negro, el objeto sobre el fondo blanco se verá más oscuro; “(...) al serle ofrecida al ojo la oscuridad, pide la luz; al serle brindada la luz, pide la oscuridad. Demuestra su vitalidad, su derecho a captar el objeto precisamente dando de sí algo opuesto al objeto” (Ibíd., pp. 35-36). El fondo blanco provee al objeto de color gris una cierta iluminación, tal que al mirarlo nos provoca la oscuridad que tiene, o sea, la luz del ambiente es tan grande a comparación del objeto, que éste le brinda la oscuridad que posee, sea mucha o poca, se verá más oscuro. En el fondo negro, la percepción del objeto más claro tiene que ver también con la cantidad de oscuridad que hay alrededor de él, este fondo le proporciona al cilindro tanta oscuridad que muestra la poca iluminación que posee el color gris. Entonces, entre la claridad y la oscuridad

existe una conexión especial, al haber luz el ojo reclama la presencia de oscuridad y así mismo al estar en completa oscuridad, solicita la asistencia de la luz, ambas son un complemento.

Hasta este punto se ha desarrollado desde Goethe un punto importante para la visión, se trata de la manera como nuestro ojo ve; sin embargo, poco hemos hablado de los colores; de modo que, parados en la postura propuesta hasta esta parte, vale la pena que nos centremos específicamente en la construcción de los colores, desde la luz y la oscuridad propuesto por el científico.

Cuando se mira fijamente un pedacito de papel o de seda de color vivo sobre una pantalla blanca poco iluminada y al cabo de algún tiempo se lo retira, sin apartar la mirada, se percibe en la pantalla blanca el espectro de otro color (...) (Ibíd., p. 39).

El reto que nos propone Goethe es mirar fijamente por un tiempo los colores de la figura 8 en un fondo blanco, lo que se encontrará es que, al apartar la mirada hacia otro fondo totalmente blanco, se percibirá otro color diferente al visto anteriormente. De esta manera, Goethe nos presentó su círculo cromático (ver figura 8), donde al frente de cada color podemos ver un color complementario desde la mirada del científico; es decir, si por ejemplo, viéramos el color naranja por un determinado tiempo sobre un fondo blanco, y luego retiramos la mirada hacia otro fondo blanco completamente, veríamos el color azul y viceversa.



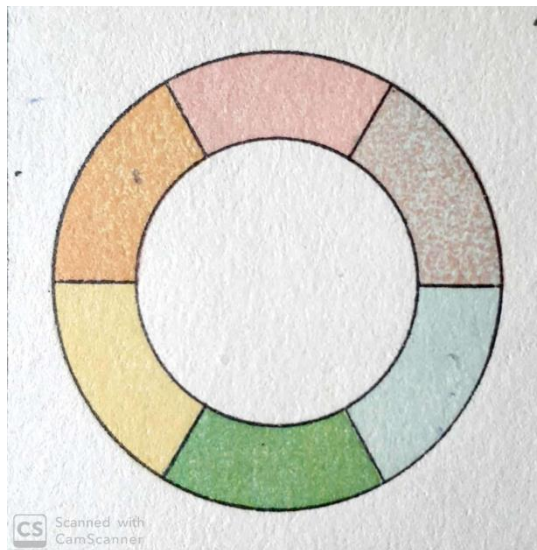


Figura 8. Círculo cromático de Goethe, en frente de cada color está su complementario.<sup>32</sup>

Esto es importante porque nos muestra que el color en sí no es algo que esté fuera de nosotros, nuestra visión tiene la capacidad de producirlo, a partir de él surgen los colores que todos los días apreciamos. Goethe (Ibíd.) nos dice que: “(...) el órgano visual tiende, esencialmente, a la totalidad y contiene en sí toda la gama de colores (...)” (p. 43) nuestro ojo origina colores en presencia de otros, son como iluminaciones de colores provocadas por otro color diferente.

Entonces las sombras de colores son producidas por la iluminación que tenemos alrededor de un color específico, nuestro ojo percibe los colores y tiene un complemento para él, la luz estimula nuestra visión y provoca que sea más activa hacia donde esté, contrario a la oscuridad, que pone en descanso el ojo, proporciona un reposo para la retina. Sin embargo, la luz y la oscuridad, ambas se complementan en nuestra visión, si hay oscuridad el ojo busca luz, si hay mucha luz pide oscuridad. Hasta esta parte los colores que trabajamos son llamados por Goethe (Ibíd.) “colores fisiológicos”, en tanto nacen por el análisis de nuestro órgano visual.

Por otro lado, examinemos los colores a raíz de la teoría de los colores de Goethe (Ibíd.) que llamó “colores físicos”:

---

<sup>32</sup> (Goethe, 1810/1945, p. 48) Citado como Lámina I.

Denominamos colores físicos a aquellos cuya producción requiere determinados medios materiales, que sin embargo pueden ser incoloros y transparentes, traslúcidos u opacos. De modo que tales colores son producidos en nuestra retina por determinadas causas exteriores o, si ya existen de un modo u otro fuera del ojo, reflejados en ella (...) (p. 61).

La diferencia de esta parte con la ya mostrada es que nos centraremos más que en nuestra visión, en aquellos colores que son determinados por el mundo exterior, ya no los que nuestro mismo ojo produce, sino los que podemos encontrar en el entorno, aquellos que son determinados según situaciones fuera de nuestro órgano visual pero engendrados allí; es decir, los podemos ver, pero nuestro ojo no los crea, ahí radica la diferencia, desarrollaremos esto por partes.

Estudiaremos básicamente, dentro de estos colores físicos, los llamados por Goethe (Ibíd.) “colores dióptricos”:

Llámense colores dióptricos aquellos cuya producción requiere un medio incoloro a través del cual la luz y la oscuridad obran o sobre la retina o sobre las superficies que se interpongan. Se requiere, pues, que el medio sea transparente o, cuando menos, traslúcido (p. 63).

La parte que estudiaremos son los colores a través de características específicas de un medio, nos llama la atención que Goethe no deja de lado lo construido ya sobre la luz y la oscuridad, sino más bien lo fortalece en su teoría del color. Estos colores dióptricos Goethe los divide en dos clases: unos que son llamados traslúcidos, por su capacidad de no dejar ver con nitidez, y los que se manifiestan cuando el medio es totalmente transparente; nosotros nos centraremos en los primeros, aquellos que vemos en los medios que no son transparentes, esto porque de una u otra manera hemos construido desde Newton una manera de ver los colores a pasar por medios transparentes, si bien Goethe habla parado desde otra visión de la naturaleza, profundizaremos más bien en estudiar los colores desde aquellos medios opacos.

Es interesante que profundicemos un poco sobre lo que es un medio; Goethe (Ibíd.) nos expresa:

El espacio, concebido como un vacío, se nos antoja transparente. Si se llena en forma que nuestros ojos no se dan cuenta de ello, se origina un medio material más o menos físico, transparente, que puede ser aeriforme o gaseoso, líquido o bien sólido (Ibíd.).

En el sentido que aborda Goethe, un medio es aquello que llena un lugar específico, algo que está en algún entorno, puede que no lo veamos, tal vez sea transparente, pero se caracteriza por consistir un espacio determinado de alguna forma: en el caso de ser sólido, por ejemplo, un vidrio grueso, este tiene la posibilidad de ser transparente; sin embargo, ocupa un lugar, tiene un sitio específico en el espacio, es rígido, severo, esto lo hace un medio sólido. Para un medio líquido, pensamos en todos aquellos entornos que tienen cierto grado de viscosidad; por ejemplo, el agua tiene la posibilidad de fluir en una superficie, tiene un sitio que llena, puede ser transparente, es un medio líquido. Respecto al medio gaseoso, son todos aquellos medios que habitan cierto ambiente, pero que no son posibles tocar; por ejemplo, el aire tiene una extensión significativa, provee una posición determinada en el espacio; sin embargo, no lo podemos tocar. Estos tres tipos de medios convergen en ser situados en un espacio específico, ocupan un sitio.

Estos medios no siempre los encontramos transparentes, hay algunos en los que no podemos ver a través de ellos, Goethe (Ibíd.) nos precisa que “la turbiedad pura, traslúcida, se deriva de la transparencia, de modo que puede a su vez manifestarse bajo las tres formas citadas” (Ibíd.); por ejemplo, el humo es un medio que por sus condiciones turbias no podemos ver a través de él; o el aceite, si bien es posible ver a través de él, no es transparente; es decir, todo aquello que tenga cualquier otra característica que haga que no sea transparente, es un medio turbio.

Goethe (Ibíd.) nos dice que: “Lo transparente, empíricamente considerado, es el primer grado de lo turbio iniciando la gama infinita de la turbiedad que va hasta el blanco opaco” (p. 64); los medios transparentes también hacen parte de lo turbio, son lo más puro que podemos considerar relacionado a los medios, desde ahí comienzan una infinitud de diferentes tipos de turbiedad, la singularidad que manejan estos grados de lo turbio es que algunos son más que otros; es decir, al comparar dos medios turbios podremos relacionar el que esté más turbio que el otro, por su opacidad, por el que sea más difícil mirar, éste será el de mayor grado de turbiedad, de manera que hay infinitud de grados, porque siempre va a ser posible comparar lo turbio de un medio a otro; hasta que lleguemos al grado máximo, el blanco opaco; cuando pensamos en un medio blanco opaco nos imaginamos la neblina, sobre la cual es muy difícil ver y percibir alguna estructura o silueta.

Ahora, miremos la conexión de estos medios con los colores, en la postura de Goethe sobre los colores físicos, se trata que consideremos los cambios que tenemos al hacer pasar la luz por medios que son turbios. Por ejemplo, en algún momento hemos visto el color naranja en el cielo, cuando hay muchas nubes densas, la luz pasa a través de ellas y llega hasta nuestros ojos de ese color específico, “visto a través de la neblina, el sol se presenta como un disco amarillento. Muchas veces el centro aparece aún de un color amarillo saturado, en tanto los bordes ya son rojos (...)” (Ibíd., p. 65); la luz luego de pasar el medio produce esa sensación específica, luego la neblina produce la presencia del color, es un medio que, si bien no es posible ver a través de él, la luz lo traspasa y muestra un color determinado.

Consideremos este experimento propuesto por Goethe (Ibíd.):

(...) Si se mira la llama sobre un fondo blanco, no se percibe ni asomo de azul; mas este color aparece en seguida si se le mira sobre un fondo negro. (...) De modo que cabe considerar la base de la llama como un vaho que, por más que infinitamente tenue, se torna visible sobre el fondo oscuro; tan tenue es que puede leerse sin dificultad a través de él. La punta de la llama, en cambio, que oculta a la vista los objetos, ha de tenerse por un cuerpo que brilla con luz propia (p. 66).

Hay una correspondencia entre lo que se refiere a la luz y la oscuridad y los colores específicamente, en el estudio del azul en la llama de una vela, el científico nos invita a observar que en un fondo negro es más visible el color azul de la llama de una vela, que puesta esa misma llama sobre un fondo blanco; la oscuridad, entonces, también resalta los colores. Goethe (Ibíd.) nos dice al respecto:

(...) Vemos, de un lado, la luz, la claridad, y del otro, las tinieblas, la oscuridad; intercalamos entre ellas la turbiedad, y de estos contrastes, con ayuda de dicho intermediario, se desarrollan, asimismo en contrastes, los colores, los cuales, en virtud de su correlación, sugieren, sin embargo, inmediatamente, una unidad superior (Ibíd., p. 70).

Los colores, al estar relacionados entre sí, nos muestran su bondad a raíz de la luz, y la oscuridad por medio de la turbiedad; es decir, las condiciones para que aparezcan son puestas por lo turbio, pero el color en sí aparece gracias a la claridad u oscuridad en el sitio, cada grado de turbiedad, cada material, hace que salgan diferentes tipos de colores.

La última parte que nos proponemos estudiar se trata sobre los “colores químicos”, desde la teoría de Goethe (ibid..) que queremos resaltar:

Llamamos químicos a los colores que podemos originar, fijar en mayor o menor grado y exaltar en determinados objetos, volver a quitarles y comunicar a otros objetos, a los cuales atribuimos en consecuencia una propiedad inmanente. En general se caracterizan por su persistencia (Ibíd., p. 143).

Estos son tal vez los colores que estamos acostumbrados a mirar todos los días, la silla roja, el taxi amarillo, la manzana verde, el balón azul, etc., todos estos objetos tienen ya un color que es particular de ellos; dura por un largo tiempo, no dependen de ninguna fuente para que podamos verlos, cada objeto lo tiene incorporado, como menciona el científico, estos colores son propios y persistentes. Es necesario, entonces, indagar lo especial que tienen estos colores.

Estos colores son fijados, cada objeto los tiene, pero podemos hacer que cambien en cierto sentido, miremos este experimento que nos plantea Goethe (Ibíd.):

(...) Si se llena un vaso graduado de porcelana blanca de un líquido amarillo puro, éste aparece de arriba abajo, hasta el fondo, cada vez más rojo y finalmente anaranjado. Si en otro vaso así se vierte una solución azul pura, la coloración va, de arriba abajo, de un color celeste hasta un hermoso violeta. Si se coloca el vaso al sol, ya la parte sombreada de arriba toma una coloración violeta, y si con la mano u otro objeto se proyecta una sombra sobre la parte iluminada del vaso, esta sombra aparece a su vez rojiza (p. 150).

La invitación en este experimento recae en que, para el científico la oscuridad puede afectar el color específico de los objetos, a tal punto de poder observarlos más claros u oscuros, o de otro color diferente; esto nos provoca cierta confianza en hablar sobre la oscuridad en el color, pues es una mirada directa hacia lo que hace la oscuridad al tener un color fijado. “La exaltación se nos aparece como una saturación y oscurecimiento de los colores (...)” (Ibíd., p. 149); no es que el color se haga más oscuro en el sentido que cambie su composición inicial, o su naturaleza en el objeto; sino que, cambia para la vista la tonalidad del color, oscurece y no vemos el color como es en un principio.

Hemos construido hasta acá una mirada hacia la fenomenología del color desde Goethe, a partir de nuestro órgano visual, de la turbiedad del medio y del color específico en cada objeto, todo esto desde la luz y la oscuridad; además de ello, indagamos en la Óptica de Newton aspectos significativos para la presencia del color a partir de la luz. De esta manera, formamos una postura epistemológica sobre el color, fundamentada en la interpretación de obras científicas planteadas en diferentes momentos de la historia de la ciencia.

### Capítulo 3: Talleres experimentales

Estos talleres que presentamos a continuación los implementamos en nuestro centro de práctica pedagógica, la Institución Educativa Presbítero Antonio José Bernal Londoño; si bien hubiéramos podido aplicarlos en cualquier otro grado, utilizamos el grado 11 E porque los horarios en que tenían las clases de física se asemejaban con las horas disponibles con las que contábamos.

Los talleres surgen a partir de nuestra construcción de conocimiento sobre el color: como lo desarrollamos en el capítulo 2, los conceptos físicos se construyen desde la interpretación de los científicos de hechos experimentales en conversación con la comunidad a la que pertenezcan. Nuestros talleres son experimentales porque van en sintonía con nuestra concepción de cómo se construye el conocimiento físico, con la manera en que vemos las teorías en la física; por lo tanto, son nuestra propuesta pedagógico-didáctica que llevamos al aula, que en este caso fueron nuestra comunidad.

El proceso que tuvimos en nuestra práctica pedagógica sobre nuestra manera de ver la ciencia fue muy satisfactorio para nosotros, miremos por qué:

En el primer semestre de práctica pedagógica<sup>33</sup>, tuvimos la oportunidad de vivenciar la manera en que nuestros maestros cooperadores daban las clases de física, contamos con dos cooperadores porque uno de ellos dictaba física en décimo y el otro en once; de manera que, estuvimos presentes en la observación de las clases de física. En este semestre a la par comenzamos a construir nuestra postura sobre el conocimiento físico en los seminarios de la práctica pedagógica<sup>34</sup>. Entonces, por una parte, reflexionamos sobre las observaciones en el centro de práctica; por otra parte, fundamentamos el enfoque de nuestra propuesta a partir de cómo se construye el conocimiento físico, desarrollado en el capítulo 2.

---

<sup>33</sup> Tuvimos dos semestres de práctica pedagógica, el primer semestre en el 2018-2 y el segundo en el 2019-1.

<sup>34</sup> Los seminarios de práctica pedagógica los hacíamos una vez a la semana, nos reuníamos con nuestra asesora y nuestros compañeros de práctica. En estos seminarios discutíamos diferentes textos científicos que fueron base para edificar el capítulo 2 de esta investigación.

La experimentación dentro de la física no tiene un carácter meramente didáctico, pues las ciencias no son desarrolladas bajo la pregunta por el cómo enseñar; sino que la experimentación es un eje crucial para ella, vimos en el capítulo 2 que permite construir teorías e interpretaciones, entonces se trata más del devenir de la física. En las intervenciones que hicimos en el segundo semestre de práctica pedagógica en el aula, usamos experimentos que daban paso a explicar algunos conceptos trabajados. Sobre las leyes de Newton, en la explicación de las fuerzas, utilizamos una pelota de tenis para expresar cada una de las tres leyes, esta fue una de las primeras clases en las que intervinimos; al terminar encontramos un sentido a llevar experimentos para su desarrollo, pues para realizar la actividad escribimos varias posibilidades de dónde podríamos ver las leyes de Newton para analizarlas; como vimos en el capítulo 2 con Mach, las representaciones que tenemos de las cosas surgen desde el lenguaje usado para comunicarlas.

Dimos una clase también de movimiento armónico simple, para ella utilizamos una vela, en su centro de masa penetramos una aguja y los extremos de la aguja los reposamos sobre dos vasos. Encendimos la vela por ambos lados y esta comenzaba a subir y bajar con igual repetición, a medida que se derretía subía y bajaba más su recorrido, con esto explicamos la amplitud, la frecuencia, la distancia, etc., entonces para nosotros hubo una conexión característica entre la teoría y la experimentación, paulatinamente conversan ambas para construir un concepto físico, como lo trabajamos en el capítulo 2.

La profesora cooperadora decidió hacer un carrusel de la física, consistía en que cada uno de nosotros, los practicantes que estábamos con ella en física, tomáramos un tema específico y lo explicáramos a los grados onces, fue así como en el carrusel mostramos: el principio de Pascal, la presión, la energía, las leyes de Kepler, la electricidad y el magnetismo; en el caso de nosotros, estuvimos a cargo de estas dos últimas, nos empapamos bien del concepto y llevamos un experimento para cada “temática”; la jornada fue todo un éxito, mostramos a todos los onces del colegio una mirada de la física desde la experimentación que construimos a medida que les enseñamos a ellos. Este carrusel nos mostró que la propuesta que fundamentamos en el capítulo 2 sobre la experimentación son procesos similares para nosotros



en la práctica, pues estuvimos en divulgación y conversación de la ciencia a medida que edificábamos nuestra concepción de la construcción de conceptos físicos.

Así, nuestra propuesta radica en nuestra construcción de las interpretaciones de los conceptos físicos desde las obras de los científicos, de tal modo que resalte nuestra concepción desde la teoría-experimentación, como en el capítulo 2 lo desarrollamos, en una constante discusión y argumentación de interpretaciones basadas en experimentos; enfocados especialmente en el fenómeno del color. Diseñamos un taller preliminar, que surge de la manera en que la experimentación es importante para el conocimiento físico, desde la controversia por la existencia del vacío; además, de tres talleres experimentales que permiten construir el color desde la interpretación de Newton y Goethe.

Para asegurar el buen uso de la información que recogemos, planteamos un protocolo ético, en donde nos comprometemos como investigadores a utilizar la información suministrada netamente para esta investigación; éste fue firmado por el padre de familia o acudiente de cada estudiante del grado 11 E. A continuación, presentamos el mencionado protocolo ético, con nuestras firmas, la de nuestra asesora y la de nuestros compañeros de práctica, en caso de que necesiten algún material suministrado por este grupo específico:



## PROTOCOLO DE COMPROMISO ÉTICO Y ACEPTACIÓN DE LOS PARTICIPANTES EN LA INVESTIGACIÓN

Nombre de la investigación: *Experimentación y construcción de conocimiento científico: el caso de la óptica*.  
Licenciatura en Matemáticas y Física. Facultad de Educación, Universidad de Antioquia.

Investigadores: Yomaira Gutiérrez Zapata, Andrés Felipe Justacaro Florez, Sebastián Vásquez Barrientos, Bladimir Agudelo Castrillón, Kevin Yadhilton Caro Betancur, Sergio Arturo Orozco Mejía y Olga Luz Dary Rodríguez Rodríguez.

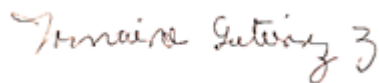
Esta investigación tiene como propósito elaborar y argumentar algunas propuestas pedagógico-didácticas en física, en particular en el campo de la óptica, para los grados once, apoyadas en la experimentación como eje de la construcción de conocimiento científico.

Esta investigación propone como protagonistas a los maestros en formación de la Licenciatura en Matemáticas y Física Yomaira Gutiérrez Zapata, Andrés Felipe Justacaro Florez, Sebastián Vásquez Barrientos, Bladimir Agudelo Castrillón, Kevin Yadhilton Caro Betancur y Sergio Arturo Orozco Mejía, quienes adelantan su práctica pedagógica en los grados décimo y once de la Institución Educativa Presbítero Antonio José Bernal Londoño, bajo la asesoría de la Docente de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia Olga Luz Dary Rodríguez. Para ello se considera como espacio de reflexión el aula de clase y las experiencias que de ella se desprenden, las cuales involucran tanto a los docentes en formación como a los estudiantes. Las docentes que nos apoyan por parte de la Institución Educativa son Angélica Liliana Molano Zárate y Diana Lucía Londoño Londoño, en tanto docentes de las áreas de física y matemáticas en los grados décimo y undécimo.

En virtud de lo anterior, les comunicamos que los estudiantes de los grados décimo y once del primer semestre del año 2019 de la I. E. Presbítero Antonio José Bernal son partícipes de esta investigación y les solicitamos su aceptación como representantes legales de los jóvenes para socializar públicamente los resultados de este proceso. Presentamos para ello nuestro compromiso ético, concerniente al uso adecuado, respetuoso y discrecional de la información por ellos suministrada. Esta información sólo será utilizada para los propósitos enunciados en el marco de esta investigación y presenta total independencia de la evaluación del año escolar en curso. Garantizamos además el proceso de retroalimentación con base en lo analizado y los créditos de carácter investigativo que como protagonistas de la investigación se merecen.

Así pues, las personas que firman este documento autorizan a los investigadores para que las fuentes de información como escritos, fotografías, entrevistas, grupos de discusión, y demás sean la base de análisis de esta investigación. Toda esta información se protege en atención a la Ley 1581 de 2012 cuyo objeto es el de proteger la información

personal que se recoge en bases de datos, archivos o similares. Les solicitamos comunicarnos las recomendaciones o sugerencias que consideren pertinentes.



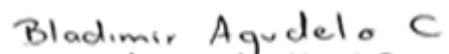
Yomaira Gutiérrez Zapata



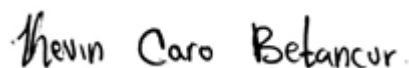
Andrés Felipe Justacaro Florez



Sebastián Vásquez Barrientos



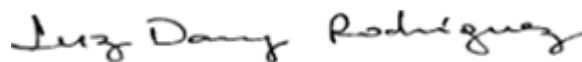
Bladimir Agudelo Castrillón



Kevin Yadhilton Caro Betancur



Sergio Arturo Orozco Mejía



Olga Luz Dary Rodríguez Rodríguez

Nombre del participante (estudiante): \_\_\_\_\_

Firma del acudiente: \_\_\_\_\_ Identificación: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### **3.1 Justificación taller preliminar. El vacío recreado a partir de la experimentación, a propósito de la construcción de conocimiento científico.**

Comenzamos nuestros talleres sobre el color con un preliminar, que surge de nuestra concepción para construir conocimiento científico basados en la experimentación. Si bien nuestro trabajo es en el campo de la óptica, consideramos pertinente comenzar con un taller preliminar, que se centre en la producción de fenómenos naturales en el aula como procesos similares a la concepción que hemos construido de las interpretaciones de los científicos a hechos experimentales, en este caso, para la creación del taller en mención nos inspiramos en Shapin y Schaffer, con su trabajo sobre la controversia de la bomba de vacío del siglo XVII trabajada en el apartado 2.2 del capítulo 2. Allí, mencionamos los adversarios de la experimentación de la bomba del vacío de Boyle, y respectivamente las respuestas a las que este filósofo natural recurre para explicar a sus principales críticos la forma en que es posible analizar el fenómeno del vacío; para esto Boyle, más que defender su trabajo, usa diferentes estrategias para proceder desde lo experimental; de modo que, es para nosotros una base de producción de hechos experimentales en las clases de física.

Según esto, experimentar no es necesariamente que repliquemos un montaje ya hecho por un científico, no es cuestión de traer los mismos materiales, de la misma manera; se trata de producir un fenómeno, usarlo para dar legitimidad y validez a los hechos desde una explicación.

Para producir el fenómeno del vacío en este taller preliminar usamos una jeringa, pues es un instrumento utilizado para introducir líquidos en el cuerpo, sin aire; puesto que, luego de tener un líquido en la jeringa y darle unos leves toques para que suba el aire a la boquilla, se puede introducir el émbolo y extraerlo, hasta que quede sólo el líquido. Si ponemos una bomba dentro de la jeringa y nos preguntamos: qué pasaría si haláramos el émbolo de esta cuando ponemos un dedo en la conexión de la aguja (ver imagen de la jeringa puesta en el taller preliminar), pensaríamos que el aire que hay en la bomba y en la jeringa saldría, de modo que se arrugaría la bomba; si le hacemos un nudo a la bomba, pensaríamos que al halar el émbolo el aire de la bomba queda dentro de ella y sólo saldría el que está alrededor; esto es una

conjetura que ponemos en tela de juicio al experimentar; nuestras predicciones nos dan la posibilidad de cierta curiosidad sobre lo que puede pasar, lo que posiblemente logremos observar, motiva a experimentar para que validemos los supuestos o cambiemos lo que creíamos encontrar. Al experimentar, encontramos que al halar el émbolo, con la bomba dentro sin el nudo, ésta se infla; y al hacerle un nudo y halar el émbolo se infla mucho más. ¿Por qué se inflan las bombas? En la máquina de la bomba de vacío de Boyle del capítulo 2, el aire era sacado poco a poco, salía a medida que se introducía y sacaba el émbolo de ésta; en nuestro caso, el émbolo de la jeringa está totalmente dentro de ella, es decir, entre la parte superior de la jeringa y el émbolo únicamente está la bomba, sacamos el aire al introducir el émbolo en la jeringa, de tal modo que es el mismo hecho en ambos casos. Podemos atribuirle esto a una capacidad específica del aire de expandirse o contraerse, es decir, el aire que está dentro de la jeringa es el causante de este efecto en las bombas, precisamente por ser elástico. En la bomba de vacío de Boyle, había una producción similar del aire a expandirse y contraerse según la interpretación de Boyle. Con estas cuestiones surgieron los planteamientos del momento 1.

Si hacemos el mismo experimento, pero esta vez con la jeringa dentro del agua, con la finalidad de aislar el aire que hay por fuera de la jeringa y solamente quede el que está dentro, pensaríamos que ocurriría en las bombas el mismo efecto que en el punto anterior. Al experimentar, efectivamente ocurre lo mismo y en la jeringa no entra aire, pues, de ser así entraría agua en esta; las bombas se inflan por la presencia de aire que queda dentro de ellas al halar el émbolo; como en el caso de la interpretación de Boyle de su bomba de vacío, el aire tiene la propiedad de expandirse o contraerse puesto que el émbolo saca paulatinamente el aire dentro de ella y el poco que queda produce una presión dentro. Proponemos entonces el primer punto del momento 2, el cual tiene la finalidad de indagar las posibles respuestas alrededor de la no presencia de aire en la jeringa.

En el segundo punto del momento 2 buscamos una posible manera de sacar todo el aire de la jeringa, de modo que sea posible hablar de la existencia o no del vacío, más que de la elasticidad del aire. Sacamos las bombas y en una jeringa nos cercioramos de sacar todo el aire: introdujimos la jeringa en el agua con el émbolo completamente dentro del cilindro; allí

halamos y metemos el émbolo varias veces de tal manera que salgan las burbujas de aire que están dentro de la jeringa.

Luego, con el émbolo totalmente dentro del cilindro, ponemos un dedo en la conexión de la aguja y halamos; se hace más difícil poder halar el émbolo, sentimos una presión en el dedo y hay que hacer más fuerza en la mano para sostener el émbolo. Cuando sacamos la jeringa del agua, luego de halar el émbolo, observamos que no hay agua dentro de ella, pero tampoco hay aire, entonces ¿qué hay? Nada, está vacío.

Como lo abordamos en el capítulo 2, los hechos en la bomba de vacío de Boyle eran mostrados a la comunidad científica para que se validaran. En nuestro caso, el seminario de práctica pedagógica fue un espacio donde validamos los hechos experimentales, nuestros compañeros fueron partícipes en esta construcción de conocimiento porque entre todos edificamos una postura experimental en las ciencias; el experimento de las jeringas que describimos líneas atrás lo mostramos en el seminario, por tanto, ellos testifican nuestra producción de hechos en éste. La experimentación, entonces, va más allá de la realización de una situación específica, como tenemos una comunidad en la que nos movemos, los hechos en la vida experimental toman validez si son vistos por diferentes personas; o sea, la legalización de los hechos en un experimento es aprobado en tanto haya una comunidad que los respalde, que sostenga el contacto directo con estos.

Dicho lo anterior, como en el caso de la interpretación de los hechos en la bomba de vacío de Boyle por Hobbes, Linus y More; pueden surgir diferentes posturas a los hechos experimentales; en nuestro caso, al utilizar la experimentación nos encontraremos con personas que no conciben la ciencia desde este fundamento, que nos mencionen otras posturas para trabajarla, porque ven las situaciones experimentales como un método o como una alternativa; para nosotros es importante utilizar la experimentación, en tanto nos hace partícipes del conocimiento.



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
 FACULTAD DE EDUCACIÓN  
 LICENCIATURA EN MATEMÁTICAS Y FÍSICA  
 I.E Presbítero Antonio José Bernal Londoño. Grado once



### Taller Preliminar: El aire y su ausencia.

Nombres: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Profesores: Bladimir Agudelo Castrillón, Kevin Yadilthon Caro Betancur.

El montaje experimental consiste en usar dos jeringas de 50 ml como la mostrada en la figura 1, en las cuales se insertan dos bombas lo suficientemente pequeñas que quepan en cada jeringa, una de estas bombas está atada con un nudo (jeringa 1) y la otra no (jeringa 2). El taller consiste en 3 momentos, en el primero se utiliza el montaje fuera del agua, en el segundo se introduce en agua y en el tercero se socializan las respuestas con todo el grupo. Responder los momentos 1 y 2 detrás de la hoja.



Montaje experimental. Donde se encuentra el dedo pulgar en la boquilla de la jeringa; la parte que se sostiene con los otros cuatro dedos es el cilindro y la parte no sostenida es el émbolo de la aguja.

#### Momento 1

1. ¿Qué crees que le sucederá a cada una de las bombas de las jeringas, si se empuja el émbolo hasta el fondo (ver imagen del montaje experimental); se tapa la boquilla de la jeringa con un dedo y sin quitarlo se saca el émbolo?
2. Proceda a usar ambas jeringas: empuje el émbolo, tape la entrada de la aguja con un dedo y sin quitar el dedo, hale el émbolo. Contraste su observación con la respuesta anterior ¿es igual? Ahora describa lo que observó, ya sea por medio de una imagen o un texto.

3. ¿Por qué les sucedió a las bombas lo observado?

### **Momento 2**

1. Ahora tome un recipiente transparente, llénelo con agua y responda los puntos del momento 1 nuevamente, pero esta vez las dos jeringas introducidas bajo el agua con las bombas adentro.
2. En este caso sólo use una jeringa. Con la jeringa bajo el agua y sin la bomba, llene y vacíe la jeringa de agua varias veces para sacar las burbujas de aire que se observan adentro; cuando se haya verificado que no hay aire introduzca el émbolo en su totalidad; luego ponga el dedo y hale el émbolo (**precaución: no suelte nunca el émbolo**). Si desea observar mejor puede sacar la jeringa del agua, ¿qué hay dentro de la jeringa?

### **Momento 3**

Socialización.



### 3.2 Justificación taller 1. Los colores como efecto de la luz del sol.

En este taller buscamos comprender el color en consideración con la luz blanca, en este caso la luz del sol. En el capítulo 1 manifestamos que, dentro de los libros de texto escolares, el color como consecuencia de la luz es trabajado como un compendio de información de contenidos; por lo que nos propusimos abordar el color desde otra perspectiva, para superar su tratamiento superficial. El color lo hemos visto en la cotidianidad desde diferentes enfoques: en la pintura, en las artes, en la preparación de alimentos; tiene cierta parte estética decidir, por ejemplo, pintar una pared de un color y no de otro; o que nos sintamos cómodos con vestuario de cierto color, es decir, ya hemos hecho relaciones de asociación en nuestra mente sobre él. Basados en Mach tenemos varias representaciones al hablar del color; de modo que, para nosotros resulta interesante construir la fenomenología del color desde la física.

Para la realización de nuestro montaje<sup>35</sup>, basados en la obra de Newton sobre Óptica (ver capítulo 2, apartado 2.3.1), introdujimos agua dentro de un recipiente; en donde pusimos además un espejo doble, de tal forma que se pueda tener una parte de este fuera del agua, y otra parte dentro del agua; como mostramos en la figura 9, esto con el fin de poder ver el comportamiento de la luz solar al chocar con en el espejo dentro y fuera del agua; si no hay a la mano un espejo que sea doble, podemos realizar el experimento ya sea primero fuera del agua y luego dentro del agua, o viceversa.



Figura 9. Construcción de montaje experimental. Imagen propia.

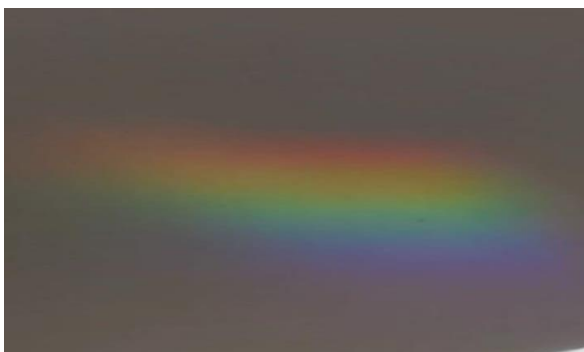
---

<sup>35</sup> Para llevar a cabo nuestro montaje experimental nos basamos en un video que encontramos en la web (Llegavideos, 2015). De este diremos que fue de gran ayuda para guiar la comprensión del color según la perspectiva de Newton.

Luego, buscamos con la hoja de papel blanca el lugar donde se ve la luz del sol después de incidir en el espejo, allí encontramos dos casos para que discutamos: el brillo de la luz que choca con el espejo fuera del agua, plasmado en la figura 10, y los colores formados de la luz que choca con el espejo dentro del agua, mostrada en la figura 11. Si comparamos estas figuras, 10 y 11, vemos que el brillo de la luz del sol del espejo que está fuera del agua refleja la luz blanca, contrario a lo que pasa en el otro caso, pues vemos que se forman los colores también vistos por Newton. Notamos así, que la luz del sol al pasar por dos medios; en nuestro caso el aire y el agua; se descompone en los colores rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta.



*Figura 10.* Brillo de la luz solar del espejo fuera del agua. Imagen propia



*Figura 11.* Colores formados de la luz solar del espejo dentro del agua. Imagen propia.

En el capítulo 2 construimos que la luz del sol desvía su camino al pasar de un medio transparente a otro; al desviarse, produce una serie de colores, en este caso al pasar de aire a agua y nuevamente a aire. Si hacemos esto con vidrio, que es otro medio transparente,

encontramos el mismo suceso; así nos lo muestra Newton en su Óptica, al hacer pasar un rayo de luz por medio de un prisma de vidrio, se ven los colores: verde, amarillo, rojo, azul y violeta. Si comparamos nuestro resultado con el de Newton, tendremos el mismo esquema que nos plantea el científico en la figura 7, ¿por qué?, tenemos dos rayos de sol que chocan con el agua, de tal modo que se apartan de su rumbo y se desvían hasta chocar con el espejo, allí rebotan con él y siguen hasta pasar del agua al aire, nuevamente cambian de rumbo; esta refrangibilidad, como lo llama Newton, hace que en la hoja de papel veamos colores, pues se trata del efecto de desviar dos veces un rayo de luz, hablamos de dos veces porque es un procedimiento que se da; en el caso nuestro, de aire a agua y nuevamente a aire; en el caso de Newton, de aire a vidrio y nuevamente a aire; hay una refrangibilidad de la luz.

El fin de tomar fotografías para cada caso (momentos 1 y 2) es que hagamos una comparación de lo ocurrido en cada uno de estos, para luego poder relatar similitudes y diferencias. Es importante, en cuanto a las similitudes, que tengamos en cuenta que ambas imágenes obtenidas son causadas por la luz del sol o artificial, ambas rebotan en el espejo y chocan finalmente en la hoja de papel. Las diferencias que observamos son el efecto en cada caso como tal, en uno aparece luz blanca y en el otro aparece una serie de colores.

El único cambio que hicimos respecto a cada momento del taller fue poner la cubeta con agua y el espejo dentro de ésta (momento 2); observamos que el efecto que fue causado por el cambio de aire a agua y luego nuevamente a aire tiene que ver con una facultad específica de la luz, notamos que la luz del sol genera colores luego de pasar por agua; así, surgió la primera pregunta, que tiene la finalidad de observar el efecto de la luz cuando pasa por el agua y brindar una explicación.

Pero, ¿qué relación tiene este efecto con el agua? Al tener dos medios transparentes, aire y agua, y hacer pasar un rayo de luz solar de modo que comience en aire, pase a agua y luego salga nuevamente al aire, ocasiona ver los colores. Y, ¿qué relación hay con la luz del sol? La luz al pasar por el agua desvía su camino, es decir, produce en ella una descomposición en colores a partir del medio transparente. La necesidad de centrarnos en el agua y la luz del sol nos llevó a plantear las preguntas 2 y 3. Esto lo notamos en varias ocasiones en el seminario

de práctica pedagógica, al estudiar algunos fenómenos de la luz, surgían colores al tener dos medios transparentes como se muestra en la figura 12.



*Figura 12.* Fotografías del efecto de la luz al pasar por agua, tomadas en el seminario de práctica pedagógica.

Con respecto a la pregunta 4, pretendemos establecer una conexión entre la luz y los colores; de modo que, los percibimos, en este caso, porque la luz blanca del sol se compone de colores, que son posibles de ver al pasar de un medio transparente a otro, según la teoría de Newton; cada uno de ellos tiene un grado de refrangibilidad, mayor o menor, producto de la desviación de la luz.



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
 FACULTAD DE EDUCACIÓN  
 LICENCIATURA EN MATEMÁTICAS Y FÍSICA  
 I.E Presbítero Antonio José Bernal Londoño. Grado once

### Taller experimental 1: Los colores desde la luz



Nombres: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Profesores: Bladimir Agudelo Castrillón, Kevin Yadilthon Caro Betancur.

#### **Materiales:**

- Un recipiente de plástico pequeño
- Un espejo de bolsillo
- Una hoja de papel blanca
- Cámara fotográfica (teléfono, Tablet, ...)

#### **Recursos:**

- Fuente de luz (luz solar en lo posible)
- Agua

#### **La luz del sol que choca en el espejo dentro y fuera del agua**

##### **Momento 1:**

Ponga un espejo debajo del sol, de tal forma que su luz pueda chocar en él y busque con una hoja de papel blanca la luz que choca ¿qué observó? Tome una fotografía de lo visto en la hoja de papel.

##### **Momento 2:**

Luego llene de agua un recipiente de poca profundidad e introduzca hasta el fondo el espejo en este, de tal forma que quede inclinado sobre un borde del recipiente, tenga la precaución que bajo el agua choque sobre él la luz del sol; busque en la hoja de papel blanca el resultado de este procedimiento, ¿qué observó? Tome una fotografía de la hoja de papel. Compare las imágenes de las fotografías tomadas en los dos momentos anteriores y relate las diferencias o similitudes entre ellas.

1. ¿Por qué cree que es posible ver este efecto?
2. ¿Qué relación tiene este efecto con el paso de la luz de aire a agua?
3. ¿Qué relación tiene este efecto con la luz del sol?
4. ¿Qué puede decir acerca de la luz luego de hacer este experimento?

### **Momento 3.**

Socialización.

### 3.3 Justificación taller 2. Luz-oscuridad y color

El haber interpretado los planteamientos de Newton, nos hizo pensar en qué era lo que queríamos saber sobre el color, pues hubo un momento en el que no nos sentíamos conformes con ella, opinamos que no es suficiente porque no nos construye específicamente el color, sino otros fenómenos de la óptica; por ejemplo, en el taller anterior construimos el color a raíz de la refrangibilidad de un rayo de luz; si bien al estudiar el color Newton nos lo propone desde este conocimiento, quisimos conocer otros puntos de vista sobre el color desde lo fenomenológico; de este modo, decidimos estudiar la teoría de los colores de Goethe para construir su interpretación de la fenomenología del color.

Hemos visto en el taller 1 los colores como efecto de la luz; es decir, que para que haya color es necesaria la luz; sin embargo, si indagamos la percepción de nuestro órgano visual, nos damos cuenta que no es solamente a partir de la luz, sino también de la oscuridad. Esto lo planteamos según la interpretación que damos sobre la teoría de los colores de Goethe, analizada en el capítulo 2; quien nos especifica dividir la teoría de los colores en colores: fisiológicos, físicos y químicos; cada uno basado en cuestiones muy puntuales, pero con el mismo enfoque que le da Goethe de acuerdo con la luz y la oscuridad (ver apartado 2.3.2). En este taller nos centramos en los colores fisiológicos, consideramos importante rescatarlos en tanto se trata de examinar la manera en que nuestro órgano visual percibe el color, desde Goethe, en consideración con la manera en que nuestro ojo es sensible a la luz y la oscuridad.

Basados en la teoría de Goethe del apartado 2.3.2, del capítulo 2, construimos un experimento con dos cartulinas, una blanca y una negra; encima de la cartulina blanca pusimos un cubo de color negro de 10 cm de lado; sobre la cartulina negra, colocamos un cubo blanco también de 10 cm, para garantizar que ambos cubos fueran del mismo tamaño. Pusimos ambas cartulinas una al lado de la otra, con los cubos situados encima de ellas (ver figura 13), nos alejamos un poco y comparamos los dos cubos, vemos que el cubo de color negro en el fondo blanco es más pequeño que el cubo blanco en la cartulina negra, a pesar que en su medida son de igual tamaño. Desde este punto de vista planteamos el caso 2.1.

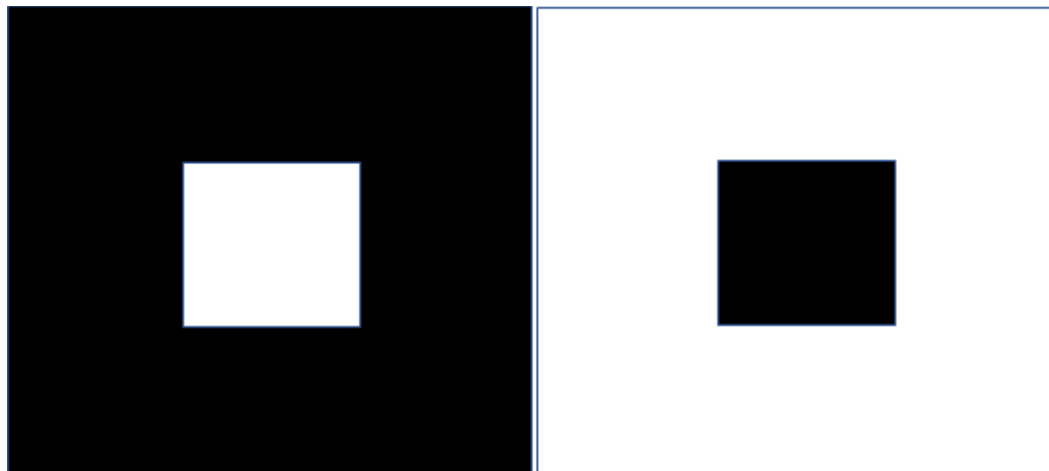
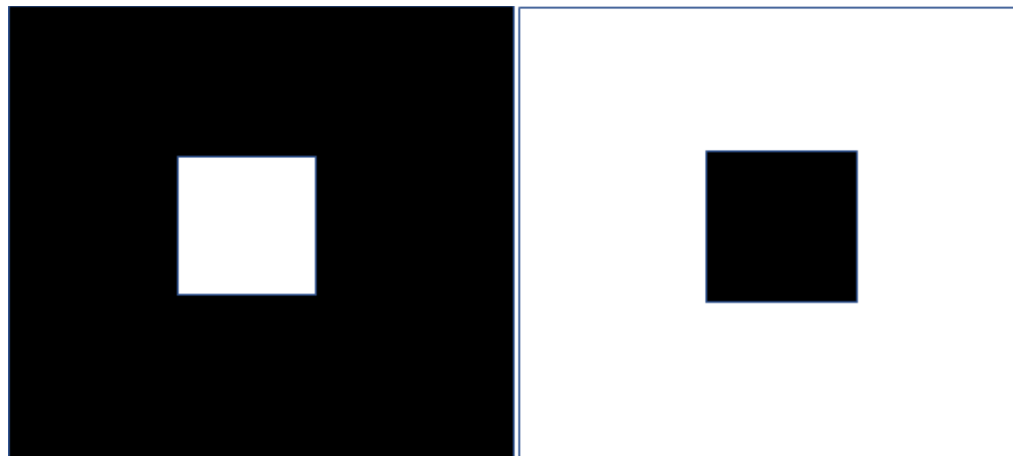


Figura 13. Esquema de los cubos de igual tamaño sobre las cartulinas vistos desde la parte superior.

Imagen propia

Hicimos una reforma en el cubo negro, según lo que dice Goethe, en su interpretación nos menciona que este cubo negro se aumenta una quinta parte de su medida, así que aumentamos en cada lado dos centímetros, de tal manera que quedara de 12 cm cada lado. Hicimos la misma situación, con el cubo blanco de 10 cm de lado y el negro de 12 cm de lado, los miramos uno al lado del otro; sin embargo, se ve inmediatamente que el negro efectivamente es más grande que el blanco, la diferencia es notoria; nos causó curiosidad porque el científico recalca que ambos se ven de igual tamaño, si bien es válido que nosotros los veamos diferentes, ¿qué pasó en este caso?; la quinta parte de la que nos habla el científico corresponde al tamaño total de la figura, como utilizamos un cubo, no tendríamos que aumentarle la quinta parte a cada lado, sino únicamente al volumen del cubo, de modo que cada lado del cubo tendría un valor de 10,6 cm; al poner el cubo blanco de 10 cm de lado en la cartulina negra, al lado de la cartulina blanca, que contenía encima el cubo negro de 10,6 cm de lado (ver figura 14); y alejarnos un poco, ambos cubos se ven de igual tamaño, con esto planteamos el caso 2.2.



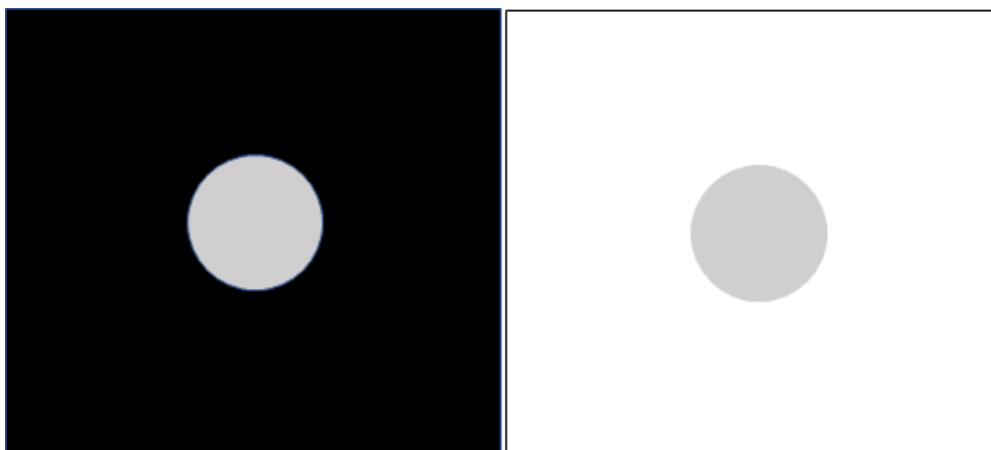


*Figura 14.* Representación de un cubo sobre cartulina negra y otro sobre cartulina blanca, vistos desde la parte superior; el cubo negro es una quinta parte más grande que el cubo blanco. Imagen propia.

Como construimos en el capítulo 2, las imágenes blancas y negras estimulan nuestro órgano visual, del mismo modo que la luz y la oscuridad provocan sensaciones distintas en el ojo; basados en Goethe, el que un cubo negro parezca ser más pequeño que el cubo blanco, como en el caso 2.1, se da porque la luz estimula la retina, de tal manera que al haber presencia de poca oscuridad, como en el caso del cubo negro en la cartulina blanca, la luz del color blanco provoca una excitación en nuestra retina; por otro lado, el color negro, en representación de la oscuridad, provoca en la retina descanso o reposo; de modo que, el cubo blanco en la cartulina negra se ve de mayor tamaño, al ser luz en presencia de tanta oscuridad alrededor. Cuando estamos en la oscuridad, los troncos de los árboles que están más alejados de nosotros se ven más oscuros comparado con aquellos que están más cerca; pero, si verificamos de cerca apreciaremos un tono diferente al que creíamos ver de lejos, esto es un efecto que tiene que ver con la cantidad de luz percibida por el ojo en cada objeto; dicha luz entra en la retina y, según su proporción de claridad-oscuridad, nos permitirá una apreciación de cuanta luz y sombra haya en éste.

En el momento 2, tenemos dos cilindros grises idénticos, como en la figura 15. Al poner un cilindro en un fondo blanco y el otro en un fondo negro y compararlos, es de notar que el cilindro del fondo blanco se ve más oscuro que el cilindro del fondo negro. Desde el apartado 2.3.2, del capítulo 2, mencionamos que en el ojo al tener en su entorno mucha luz, es

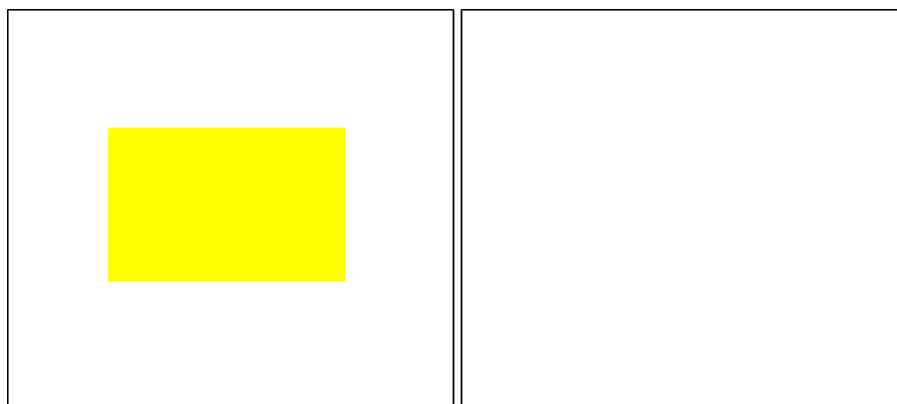
sensible a la oscuridad, y al haber oscuridad es sensible a la luz, una complementa a la otra. No fue fácil entender la razón por la cual el ojo nos genera esta forma de apreciar diferente a objetos, que sabemos son iguales en cuanto a su tono; lo que nos deja este momento es que es importante considerar que los objetos o, más bien, las tonalidades que vemos son producto de una acomodación de nuestro órgano visual a la cantidad de luz u oscuridad que haya en el ambiente.



*Figura 15.* Gráfico de dos cilindros con la misma tonalidad de gris sobre dos cartulinas, una blanca y una negra. Imagen propia

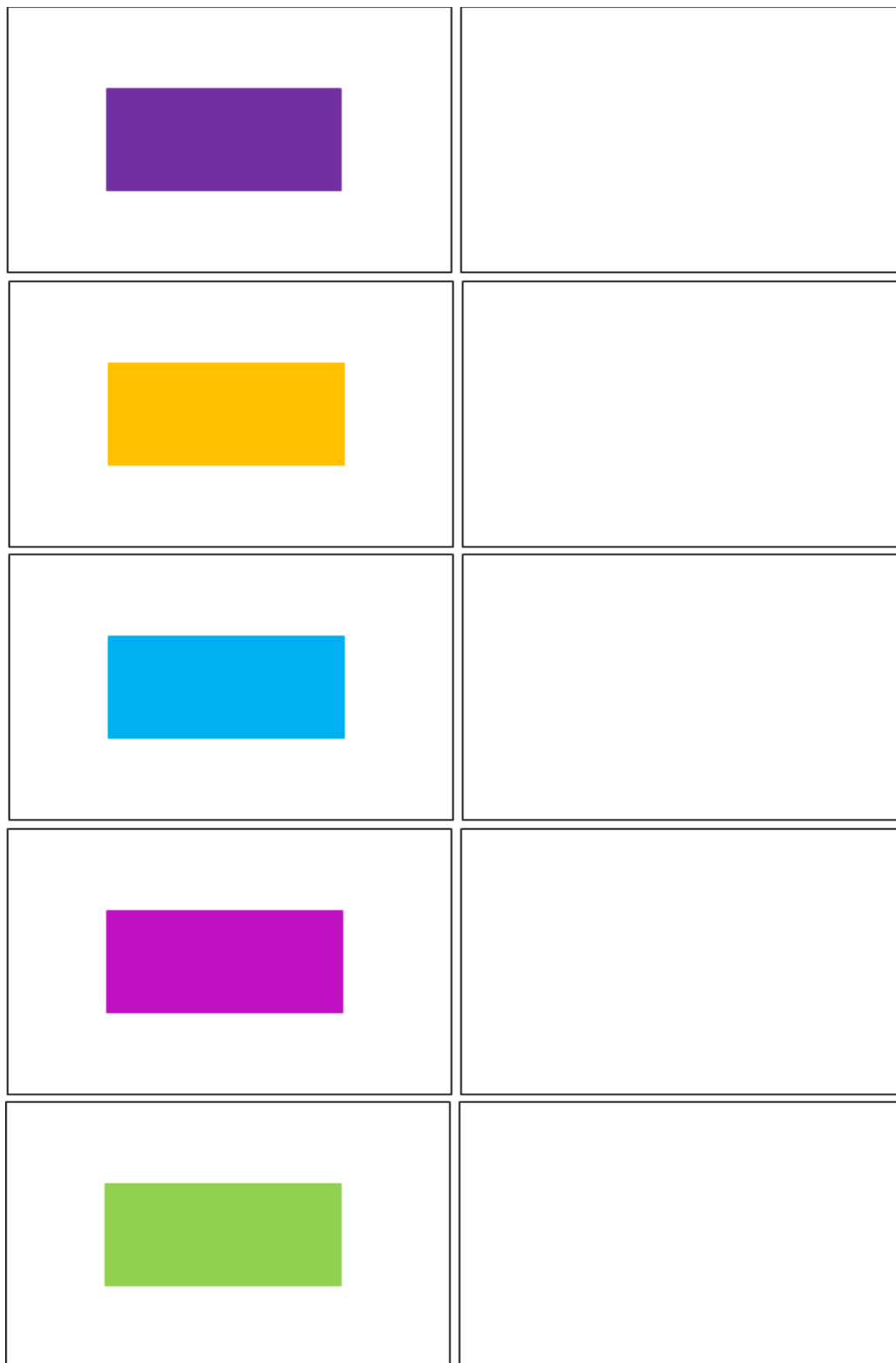
En el momento 3 buscamos asociar los colores a los cambios de luz y oscuridad que el ojo es expuesto. Miramos entonces lo que sucede al tener mucha iluminación con los colores; utilizamos nuevamente dos cartulinas, esta vez ambas de color blanco, allí comenzamos a poner diferentes papeles de colores, aquellos que nos hablaba Goethe en su círculo cromático (apartado 2.3.2) (figura 8); pusimos cada papel de color sobre una de las cartulinas y dejamos la otra al lado, sin nada encima. Consiste en mirar fijamente el centro de la hoja de color por un tiempo de alrededor 20 segundos, luego miramos inmediatamente la cartulina que está al lado y dejamos la mirada descansar allí, lo que veremos es un color completamente diferente del color que vimos; centrémonos en cada color y hagamos el experimento:

Observemos el amarillo, en la figura 16, al hacer el ejercicio de mirar fijamente este color por cierto tiempo; y luego, inmediatamente mirar el cuadro del lado vemos un violeta claro, como un color lila.



*Figura 16.* configuración de una hoja de papel amarilla sobre una cartulina blanca, con otra cartulina del mismo color al lado. Imagen propia.

Al mirar cada uno de los colores de la figura 17, tendremos también un color diferente en la cartulina del lado; recomendamos tapar los otros colores al hacerlo con cada color; es decir, si se procede con el violeta, tapar los otros colores; si es con el naranja, tapar los otros; así sucesivamente.



*Figura 17.* Colores violeta, naranja, azul, púrpura y verde; respectivamente sobre una cartulina de color blanca, al lado de otra del mismo color sin nada encima. Imagen propia.

Al mirar el color violeta, percibimos el color amarillo; sobre el naranja vemos el azul, en el azul vemos naranja, en el púrpura un amarillo verdoso y en el verde, púrpura; si analizamos, cada uno de estos colores tiene un complementario en nuestra visión, cuando ponemos el amarillo sale el violeta, y, al contrario, al poner el violeta sale nuevamente el amarillo; el uno complementa al otro en nuestro ojo. Estos complementos son el fundamento del círculo cromático de Goethe; puesto que, también para el científico los colores aparecían entre sí con este patrón.

Si hacemos esto, no en un fondo blanco sino en uno negro, con los mismos papeles de colores; y luego miramos un fondo totalmente negro, será difícil ver otro color en la oscuridad; pues, como mencionamos en el capítulo 2, la retina en la presencia de oscuridad está en reposo, en descanso, para lograr excitarla se necesita un mínimo de luz.



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN  
LICENCIATURA EN MATEMÁTICAS Y FÍSICA  
I.E Presbítero Antonio José Bernal Londoño. Grado once  
**Taller experimental 2: Los colores a partir de la luz y  
la oscuridad**



Nombres: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Profesores: Bladimir Agudelo Castrillón, Kevin Yadilthon Caro Betancur.

**Materiales:**

Dos cartulinas blancas

Dos cartulinas negras

Dos cilindros grises

Dos cubos de color negro

Un cubo de color blanco

Papeles de colores

**Momento 1**

2.1 Tiene una cartulina negra y una blanca dentro de una habitación, una al lado de la otra; encima de la cartulina negra hay un cubo blanco y encima de la cartulina blanca hay un cubo negro.

2.2 Por otra parte, tiene en la misma habitación y de la misma forma dos cartulinas, una blanca y una negra, con un cubo negro y uno blanco respectivamente, de la misma forma que en el punto anterior 2.1.

En ambos casos responda:

¿Son los cubos de igual o diferente tamaño?

2.1

2.2

**Momento 2**

2.3 Tiene en la misma habitación dos cartulinas, una blanca y una negra; encima de las cartulinas se encuentran dos cilindros de color gris.

¿Tienen estos la misma tonalidad? De no ser así: ¿cuál es más claro?

**Momento 3**

2.4 Posee dos cartulinas blancas una al lado de la otra, y en una de las cartulinas hay una hoja de color (amarillo, azul, rojo, verde o violeta); ahora, mire por 20 segundos la hoja de color, e inmediatamente después mire hacia la otra cartulina. Repita esto para cada color.

Para cada caso: ¿qué color ve?

Amarillo: \_\_\_\_\_

Azul: \_\_\_\_\_

Violeta: \_\_\_\_\_

Anaranjado: \_\_\_\_\_

Verde: \_\_\_\_\_

Púrpura: \_\_\_\_\_

2.5 Tiene dos cartulinas negras puestas de la misma manera, una al lado de la otra; en una cartulina negra pone diferentes colores y hace lo mismo que en el punto anterior.

Para cada caso: ¿qué color ve?

Amarillo: \_\_\_\_\_

Azul: \_\_\_\_\_

Violeta: \_\_\_\_\_

Anaranjado: \_\_\_\_\_

Verde: \_\_\_\_\_

Púrpura: \_\_\_\_\_

**Momento 4. Socialización.**

### 3.4 Justificación taller 3. El color, la luz y la oscuridad

Decidimos trabajar este taller como la segunda parte del color, a partir de la luz y la oscuridad; de acuerdo con nuestra interpretación de la teoría de los colores de Goethe, en donde se resalta la presencia de luz y oscuridad para que haya color. En el taller pasado trabajamos los colores fisiológicos, producidos por la excitación o dilatación de la retina ante la luz y la oscuridad; esto es, al mirar fijamente un color en presencia de luz u oscuridad por cierto tiempo, y luego mirar hacia otra parte donde haya luz; observaremos un color totalmente diferente, complementario a este, producido por la expansión de la retina desde la luz y la oscuridad (ver taller 2).

Nuestro propósito con este taller es trabajar los colores físicos y los colores químicos según la teoría de Goethe; en donde a partir de la triada color, luz y oscuridad, desarrollamos experimentos que apuntan a la construcción específica del color; conllevan a mirarlo desde otra perspectiva; es decir, si bien nos basamos en el mismo autor, es posible ampliar la construcción, ya no como ve nuestro ojo, sino en otros casos particulares.

Los colores físicos son aquellos que surgen a partir de diferentes medios, como expusimos en el capítulo 2: en el caso de los incoloros o transparentes, como el agua, si la tomamos en las manos, veremos que no tiene ningún color; también pasa con el vidrio, podemos ver a través de él hacia el otro lado, sin ningún impedimento; son medios sin color alguno; por otro lado, en los translucidos u opacos, tales como: aire con humo, agua con anilina y vidrio, que no sea transparente; si miramos a través de estos medios, esta vez veremos que tienen cierto grado de opacidad; es decir, si antes podíamos ver a través de estos ahora no de la misma forma.

Dentro de estos colores físicos existe una categoría llamada colores dióptricos (ver capítulo 2 apartado 2.3.2), aquellos que para que sean producidos necesitan un medio en donde la luz y la oscuridad obren; vemos una conexión entre la luz y la oscuridad en la búsqueda del color; en la explicación anterior mostramos diferentes medios, en estos la luz y la oscuridad llegan a nuestros ojos y son distintas según el medio, aunque sea transparente u opaco, la luz y



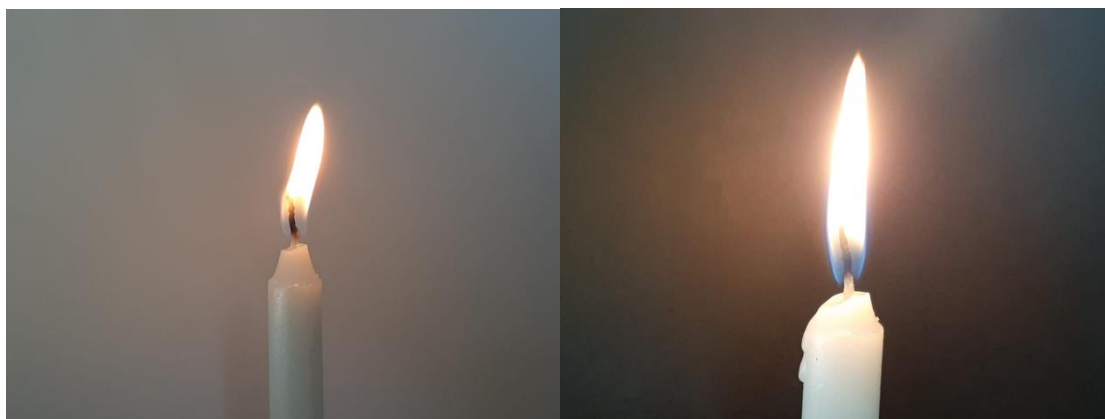
la oscuridad generan colores a través de éstos. Se hace necesario para ver lo que pasa según el medio transparente u opaco, estudiar los colores que percibimos en variadas condiciones; para ello, decidimos utilizar dos experimentos, para esta primera parte apoyados en la primera categoría, que se enfoca en la turbiedad del medio para la presencia del color.

Si ponemos en un recipiente transparente un trozo de jabón blanco y dejamos que se diluya, de modo que el agua quede turbia; esto quiere decir un medio no transparente, puede tardar tal vez dos o tres horas en el caso del jabón de baño, si es de tocador el tiempo es más corto. Cuando tengamos una mezcla homogénea, veremos el agua de cierto color blanco. Luego miramos la luz del sol o de una linterna, de tal manera que el recipiente quede entre la fuente de luz y el ojo, para percibir el cambio en la luz que el medio genera, veremos alrededor de la luz un color amarillento (ver figura 18); utilizamos el jabón ya que, al ser diluido en agua, provoca un color blanco opaco, éste según Goethe es uno de los grados de turbiedad más alto. Al poner un recipiente transparente lleno únicamente con agua, la luz que pasa a través de ella no produce el mismo color que cuando el medio está opaco; de modo que, el medio turbio utilizado (agua y jabón) es un recurso para que la luz al pasar por éste muestre un color específico; es decir, el medio interviene en ella y como consecuencia vemos el color amarillo, en este caso. Según esto planteamos las preguntas 1.1, 1.2 y 1.3.



*Figura 18.* Luz del sol luego de pasar por un medio de agua y jabón. Imagen propia.

Al poner una vela encendida sobre un fondo blanco (ver figura 19), percibimos la llama de color amarilla y en la parte de abajo de la llama un color azul muy claro; sobre el fondo negro (figura 19) notamos la llama de color amarilla y en la parte de abajo de la llama un color azul más fuerte. Retomamos este experimento de la teoría de Goethe porque consideramos que hacerlo, en este taller, proporciona una construcción más amplia del color, según diferentes medios. Esto muestra que sobre nuestra retina la luz y la oscuridad intervienen; tenemos certeza que la llama es la misma, si la llama no cambia lo que genera la sensación de color es, entonces, el fondo sobre el que se observa la vela, (ver capítulo 2 apartado 2.3.2). En el fondo blanco observamos el amarillo; pero, sobre el fondo oscuro amarillo y azul; en éste podemos percibir colores, que no se pueden percibir en el fondo blanco con facilidad; colores más tenues son más fácilmente vistos sobre la oscuridad. Desde esta mirada es considerada no solamente la luz para que se vea el color, es clave notar la dualidad luz y oscuridad, ambas unidas, para la presencia de color. Así surgieron las preguntas 1.4, 1.5 y 1.6.



*Figura 19.* En la imagen izquierda está la llama de una vela sobre un fondo blanco, en la imagen de la derecha la llama de una vela sobre un fondo negro. Ambas imágenes son propias.

Por otro lado, en el momento 2 buscamos trabajar los colores químicos; dispusimos en un vaso de porcelana un poco de agua y le echamos anilina de color amarilla, esta anilina fija el color específico en el agua; de modo que, ya no se pueda separar el color del agua. Comenzamos a tapar despacio con la mano la parte superior del vaso de porcelana, como mostramos en la figura 20. A medida que el vaso es tapado, entra menos luz al recipiente; lo que ocasiona que el color dentro lo veamos más oscuro, según la abertura que tenga el vaso

para introducir luz. ¿Por qué cambia el color si está fijado? Según Goethe, indudablemente la presencia de oscuridad dentro del vaso es un fuerte problema para que no se vea del color que verdaderamente es, sino que muestre otras tonalidades cuando se cubre el vaso; al ya tener sólo una pequeña parte de abertura, el amarillo cambió tanto, que ya es posible verlo de un color marrón muy oscuro como el tallo de un árbol.

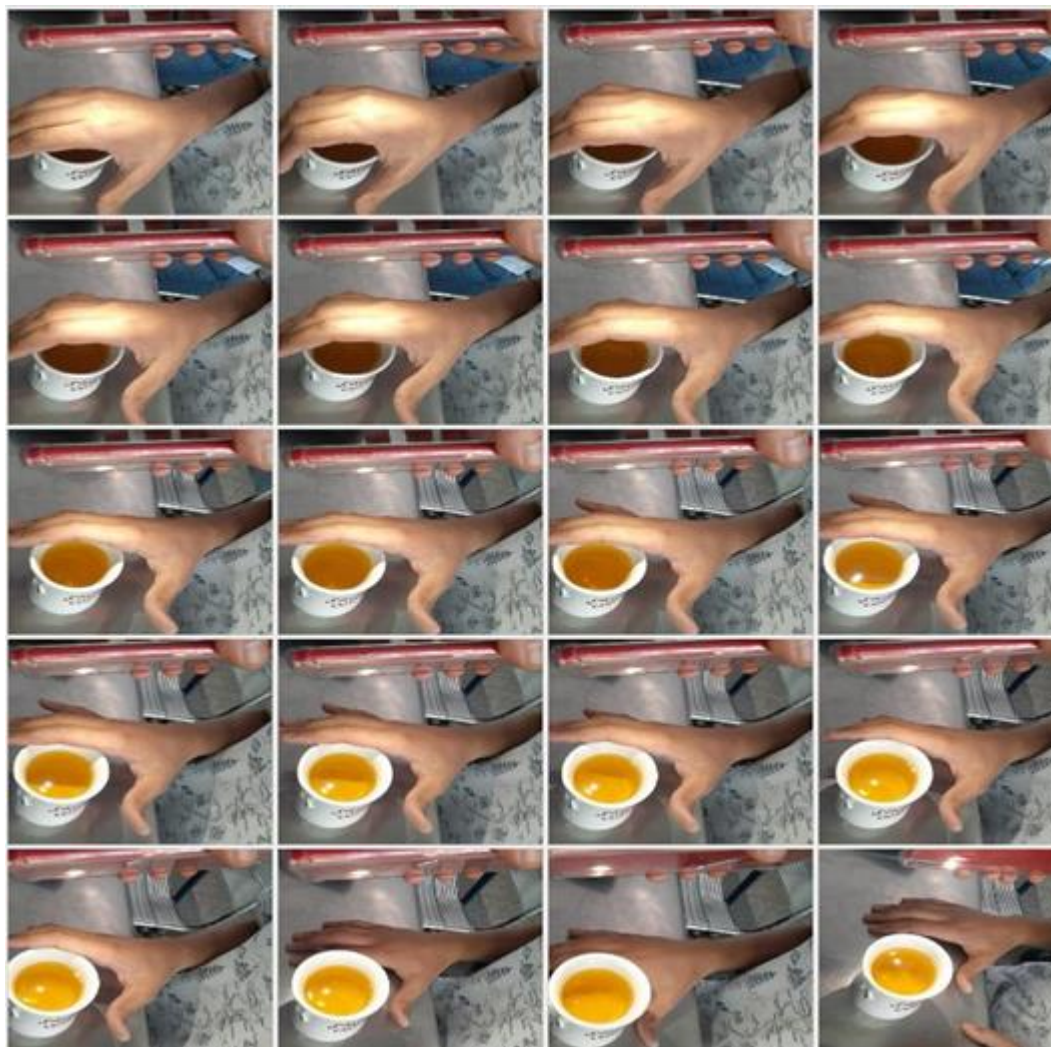


Figura 20. Secuencia de tapar un vaso de porcelana con anilina color amarillo dentro. Imagen propia.

Llenamos también un vaso de porcelana con agua y anilina de color azul, de tal manera que fijara el agua. Hicimos el mismo procedimiento que con la anilina amarilla; comenzamos a tapar la parte de arriba del vaso (ver figura 21), la luz que merma dentro hacía que la tonalidad de azul cambiara; de modo que, la oscuridad afecta significativamente el matiz del color azul.

La entrada de la luz en el vaso, a medida que lo destapamos, produce que veamos los colores diferentes; si bien, el agua está pintada de un color específico, a medida que lo oscurecemos, al tapar el vaso con la mano, hay cambios en el color visto. Con relación a este experimento con anilina azul y amarilla proponemos los numerales 2.1 y 2.2, pues es pertinente la dualidad luz y sombra para la presencia de color.



*Figura 21.* Proceso de tapar un vaso de porcelana inicialmente con color azul dentro. Imagen propia.

Este taller es importante para construir el concepto del color porque se tienen casos particulares, colores producidos al ser fijados o a partir de un medio; para la presencia de color, no solamente es necesario tener luz solar o artificial, la oscuridad juega un papel fundamental, en tanto explicita la manera en que podemos apreciar colores: según el medio, como lo vivimos en el primer momento, y a partir de la cantidad de luz que tenga, planteado en el segundo momento; es por esto, que preguntamos qué se puede decir del color luego de este taller en la pregunta 2.3.



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
 FACULTAD DE EDUCACIÓN  
 LICENCIATURA EN MATEMÁTICAS Y FÍSICA  
 I.E Presbítero Antonio José Bernal Londoño. Grado once



**Taller experimental 3: Los colores según el medio y los colores fijados**

Nombres: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Profesores: Bladimir Agudelo Castrillón, Kevin Yadilthon Caro Betancur.

**Materiales.**

- Jabón.
- Dos recipientes transparentes.
- Una vela
- Cartulina blanca
- Cartulina negra
- Un vaso que no sea transparente
- Anilina de varios colores

**Recursos.**

- Luz solar o linterna del celular.
- Agua
- Encendedor

**Momento 1**

Tiene dos recipientes llenos de agua, uno de ellos tiene jabón previamente diluido por cuestión de tiempo; el otro tiene sólo agua de grifo. Observe a través de ambos recipientes el sol y/o la luz de una linterna.

1.1 ¿Observa cambios en la luz luego de pasar por el recipiente con agua?

1.2 ¿Observa cambios en la luz luego de pasar por el recipiente con jabón y agua?

1.3 ¿Nota alguna diferencia en la luz entre el recipiente con agua (1.1) y el recipiente con agua y jabón (1.2)? Argumente su respuesta.

Ahora, use dos cartulinas y disponga estas sobre una pared como fondo, una blanca y una negra, una al lado de la otra o en otra pared; así, tiene dos pantallas, la de fondo blanco (pantalla 1) y la de fondo negro (pantalla 2); luego encienda una vela y póngala frente a cada pantalla, finalmente mire la llama en ambas pantallas.

1.4 ¿Qué observa en la llama luego de sobreponerla en la pantalla 1?

1.5 ¿Qué observa en la llama luego de sobreponerla en la pantalla 2?

1.6 ¿Por qué cree usted que sucede esto con la llama sobrepuesta en las pantallas?

## **Momento 2.**

En dos vasos de porcelana vierta agua y anilina preferiblemente azul o amarilla, coloque estos vasos bajo una fuente de luz, ya sea luz solar o linterna; luego, proceda a tapar con la mano poco a poco la parte superior del vaso por la cual ingresa la luz. Observe lo que le sucede al líquido a medida que tiene menos luz.

2.1 Describa lo que observó en el líquido ¿Qué cambios vio a medida que tapaba el vaso?

2.2 ¿Qué relación encuentra entre el color y la luz que entra en el recipiente?

2.3 ¿Qué puede decir sobre el color luego de hacer este taller?

**Momento 3.** Socialización

## **Capítulo 4: Análisis de resultados desde nuestra propuesta sobre el color**

Las reflexiones expresadas en este capítulo son el producto de nuestra intervención con los talleres experimentales, propuestos en el tercer capítulo, los cuales fueron desarrollados con el grupo 11 E de la Institución Presbítero Antonio José Bernal Londoño, donde se llevó a cabo nuestra práctica pedagógica; algunos de los talleres también fueron desarrollados en otros onces, pues, nuestra profesora cooperadora nos pedía el favor de replicarlos en los grupos que tenía a cargo el día de la intervención; esto le da un valor agregado a los talleres en tanto resalta su pertinencia en las clases de física.

### **4.1 Posturas para construir conocimiento físico, nuestra experiencia previa en el aula a partir del vacío.**

Con el propósito de mostrar nuestro proceder en las clases de física, hicimos una intervención producto del taller preliminar del capítulo 3. Si bien, en este no se aborda el color, decidimos implementarlo para que los estudiantes se relacionaran con nuestra concepción de la manera como se construyen los conceptos físicos, desde la interpretación de Shapin & Schaffer, en la controversia sobre la existencia del vacío, basados en la bomba de vacío de Robert Boyle y sus adversarios, desarrollada en el capítulo 2. A partir de la experimentación, indagamos por el conocimiento que los estudiantes tenían para afirmar o negar la posibilidad de tener un espacio vacío dentro de una jeringa, así como sus interpretaciones de los hechos allí expuestos (ver apartado 3.1). En este sentido, tomamos la decisión de llevar a cada estudiante un taller para apreciar las reflexiones individuales, buscamos que nos describiera el fenómeno, puesto que si lo hacíamos en grupo tal vez la posición de algunos se iba a ver permeada por la de los otros compañeros.

Sobre las creencias que pueden tener al poseer una bomba pequeña atada y otra desatada, respectivamente, dentro de dos jeringas; si se acciona el émbolo de estas, se tapa la boquilla de la jeringa con el dedo y luego se hala el émbolo (pregunta 1 del taller preliminar), rescatamos algunos planteamientos relevantes de los estudiantes.



Uno de ellos nos plantea:

Bomba desatada: No habrá salida del aire y la bomba probablemente se inflará al succionar el aire. Bomba atada: No habrá salida de aire y la bomba probablemente se mueva; no se infla porque está atada y no da paso de aire hacia el interior de la bomba para inflarse.

En las dos bombas ocurrirán situaciones diferentes; por un lado, en la atada nos menciona que no pasará nada, tener un nudo impide el paso de aire de afuera hacia dentro o viceversa; por otro lado, en la bomba desatada plantea que el poco aire que queda en la jeringa hará inflar la bomba porque tiene un agujero por donde “succiona” el aire. Miremos que la bomba, al estar atada o desatada, ocasiona en el estudiante pensar que el aire la inflará o no, el nudo en la bomba es el que impide el paso de aire dentro de ella. Las condiciones a las que está sometido un instrumento producen ciertas creencias de lo que puede o no pasar, en este caso, nos narran el tránsito de aire en la bomba según haya algo que obstaculice.

Algunos de los estudiantes nos muestran sus creencias a partir de características o propiedades del aire; una de las respuestas dadas es: “atada: el aire se comprime dentro de la jeringa. Desatada: la bomba con el aire se arruga”. Si comparamos, en la bomba atada y desatada están expuestas particularidades del aire, sea de comprimirse o de hacer que cambie el estado inicial de la bomba, se le atribuye al aire la posibilidad de un efecto dentro de la jeringa. Otra de las respuestas dice: “en las dos se comprime el aire dentro de la jeringa, y en la desatada puede producir una elongación en la bomba”; nos plantea una característica del aire sin importar la condición de atada y desatada de la bomba, generaliza la propiedad de compresión del aire para el procedimiento planteado; aún si en las dos bombas ocurrieran efectos diferentes, como que una de ellas se elonga y la otra no, es común el comportamiento de elasticidad que puede tener. Nos muestran, por lo tanto, que según las experiencias vividas sobre lo que pasará o no en un experimento, hay conexiones con conceptos físicos involucrados en él. Nos parece importante, en tanto se asume pensar sobre la ciencia desde más allá de un rol de profesores o estudiantes, sino desde el rol de personas con experiencias sobre la naturaleza.

En el mismo taller, el numeral 2 del momento 1 propusimos experimentar con el instrumento de modo que cada uno de los estudiantes utilizó las jeringas con las bombas previamente puestas dentro de ellas, hundieron el émbolo, taparon la boquilla de la aguja y halaron (figura 22); vimos que al proceder con el experimento algunos de los rostros eran de sorpresa, asombro, risas, experimentar desafía las creencias que se tienen y produce diferentes sentimientos. El punto 3 de este mismo momento se trataba de explicar por qué les sucede lo visto a las bombas, buscar una explicación a lo sucedido.



*Figura 22.* Estudiantes realizan el experimento del taller preliminar, momento 1.

Al ser el punto 3 continuación del punto 2, en las respuestas de los estudiantes estos están correlacionados, se basan en sus observaciones para argumentar lo ocasionado en las bombas. Una de las respuestas se encuentra en la figura 23; este estudiante nos menciona que la bomba desatada se infló gracias a la capacidad del aire para comprimirse, identifica una de las características del aire. Es interesante la respuesta en el punto 3 de la misma figura porque nos habla de una fuerza necesaria para halar el émbolo de la jeringa, en consonancia con la interpretación de Boyle a los hechos experimentales de la bomba de vacío.

2. atado  
No se infla ya que la bomba está en perfecto estado.

desatada.  
Al uno halar la jeringa y comprimir el aire la bomba se infla, al tener contacto con el aire.

3. creo que sucede ya que al comprimir el aire las bombas logian tener su efecto y la fuerza al halar la jeringa es mas fuerte y concentrada al aire contenido.

Figura 23. Respuesta de un estudiante luego de realizar el experimento del taller preliminar, momento 1.

En otro estudiante notamos una interpretación diferente a las anteriores, que se basaban en señalar algunas propiedades del aire; este nos dice: “(...) Punto 3: Globo atado: debido al vacío, la fuerza se expande a lo ancho del cilindro y el globo parece que se infla. Globo desatado: porque la presión no hace fuerza sobre él, es un cuerpo a la deriva”. En el globo atado resalta una fuerza expansiva dentro de la jeringa, producto del vacío; en el globo desatado vemos que toma la presión, en la misma línea del globo atado, como aquello que coacciona en un determinado material, mientras que la fuerza la atribuye a una característica de la presión. Es preciso que notemos propiedades del vacío dentro de esta explicación: se expande, tiene una presión, provoca una fuerza, como las diferentes posturas en el caso de la controversia en la bomba de vacío de Boyle, nos brinda otras posibilidades de hablar sobre el experimento a partir de un foco diferente desde el mismo hecho.

En el momento 2 del taller los estudiantes realizaron el mismo experimento, esta vez con las jeringas bajo el agua (figura 24) y, respondieron las mismas preguntas del momento 1. Notamos que todos contestaron que sucede lo mismo con las bombas comparado con el momento anterior, o sea que éstas se inflan, puede que una más que la otra, o una sí y la otra no, o ambas, su observación fue igual dentro y fuera del agua. Algunos nos plantearon que dentro del agua la presión era mayor, sentían más fuerza, veían las bombas más infladas; es decir, confirmaban características del aire dentro de la jeringa. Así como Boyle introdujo su bomba de vacío dentro del agua para aislar el contacto con el aire exterior, poner las jeringas dentro del agua nos permitió alejar la creencia de que algo fuera de ellas interviene en el fenómeno.



Figura 24. Estudiantes realizan el experimento del taller preliminar. Momento 2.

En el punto 2 del momento 2 propusimos sumergir la jeringa, pero esta vez sin ninguna bomba en su interior, sacar el aire de esta, luego tapar la boquilla y nuevamente halar el émbolo, todo dentro del agua; luego, cada estudiante sacaba la jeringa del agua sin soltar el émbolo, para cuestionar qué hay dentro de la jeringa. De sus respuestas queremos traer a colación dos específicamente en la figura 25, que representan un factor común en los estudiantes.

Punto 2:  
 Dentro del cilindro se forma un vacío, ya que el Aire había salido por completo y en ese momento no puede entrar más:  
 5º dentro de jeringa se observó aire comprimido

Figura 25. Respuestas de estudiantes luego de hacer el experimento del taller preliminar. Momento 2.

De los 35 estudiantes que participaron en el taller, 27 nos dicen que dentro de la jeringa hay aire comprimido, 5 que hay vacío, 1 que la misma jeringa genera su aire, 1 que hay agua quizá porque interpretó diferente la pregunta o vio gotas dentro de la jeringa y el otro no responde la pregunta; el 14,3% de los estudiantes concibe el vacío dentro de las jeringas, comparado con el 77,1% que está a favor del aire comprimido, vemos dos posiciones diferentes que dan explicación al fenómeno dentro de la jeringa; esto es pertinente porque nos

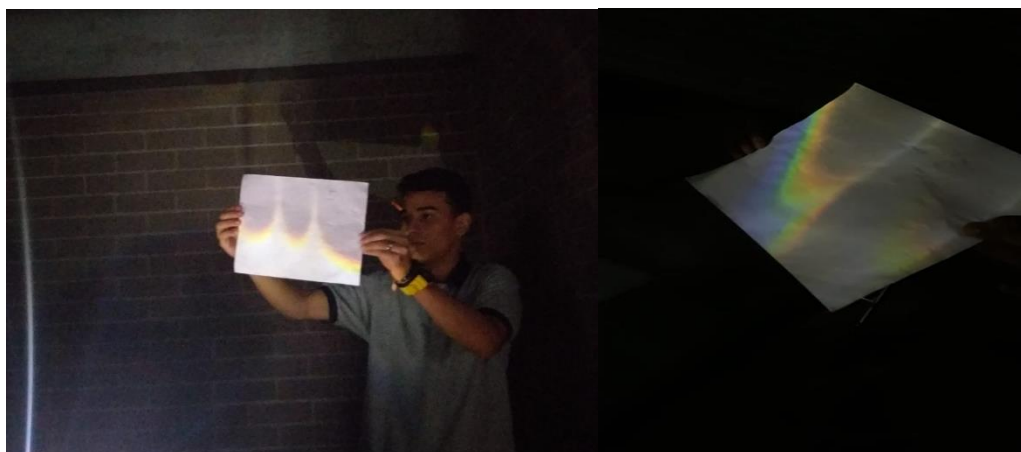
muestra que a partir de nuestro proceder experimental construido en el capítulo 2, logramos conocer posturas de conocimiento físico desde los pensamientos de los estudiantes, así como la bomba de vacío de Boyle provocó diferentes puntos de vista del fenómeno en la comunidad.

En el momento 3 procedimos a la socialización del taller, allí apreciamos las diferentes posturas de cada uno de ellos en torno al experimento, permitimos que mostraran sus pensamientos. Los estudiantes no aguantaban las ganas de hablar entre ellos en el transcurso del taller; dialogaron inevitablemente, todo el tiempo se les vio el interés por compartir las observaciones que como individuos habían construido. Fue muy interesante escuchar los planteamientos de los estudiantes en comparación con nuestra construcción experimental del capítulo 2, apartado 2.2; la reflexión alrededor de la socialización luego de escucharlos fue que así como discutimos sobre el aire comprimido o el vacío dentro de la jeringa, el experimento dio lugar a diferentes interpretaciones que pusimos en consenso con el grupo; los conceptos físicos han sido avalados por un grupo social determinado y no por una única persona; mostramos que el conocimiento no es algo impuesto, todos tenemos explicaciones del mundo natural posibles de dar a conocer a la comunidad, es una muestra de la idiosincrasia de cada sociedad, la experimentación construyó conocimiento físico.

#### **4.2 En el descubrimiento de cualidades de la luz.**

A partir de los resultados del taller preliminar (apartado 4.1) llevamos a cabo la implementación de un primer taller, enfocado en el color desde nuestra propuesta pedagógico-didáctica del capítulo 3 (ver apartado 3.2). Indagamos sobre la presencia del color al pasar luz blanca por un medio transparente basados en la teoría de Newton. Cuando llevamos este taller, teníamos el espacio asignado para la primera hora de la jornada, a las 6 de la mañana; la luz solar que teníamos como recurso no fue posible utilizarla porque el día de la intervención llegamos al colegio en medio de la lluvia; decidimos, entonces, usar las linternas del celular; de tal modo que, dividimos el salón en varios grupos para que entre ellos llegaran a consensos sobre sus observaciones, a cada grupo les dimos los instrumentos para el experimento y elegimos entre las linternas de sus celulares aquellas que tuvieran una luz más blanca.

Consistió en dos momentos, el primero era poner un espejo debajo de la luz de una linterna y observarla en una hoja de papel luego de chocar en éste; el segundo momento tenía el mismo proceder, pero esta vez el espejo estuvo dentro del agua. Vale resaltar el trabajo en equipo en el transcurso del experimento, los estudiantes nos mostraron mucha motivación entre ellos para realizarlo; nos llamaban para preguntar cómo iban, qué podían hacer para mejorarlo, la posición de la hoja de papel y la linterna; les decíamos que pensarán cómo podían tener una buena imagen, que se movieran hacia delante o hacia atrás para que perfeccionaran la observación, eso se vio reflejado también en las respuestas que nos dieron en este taller y en las fotografías tomadas por los estudiantes que mostramos en la figura 26.



*Figura 26.* Colores producidos por luz blanca de linternas de celulares. Fotografías de los estudiantes.

Al hacer el experimento con luz de una linterna fue un verdadero reto producir el fenómeno, nosotros estábamos seguros que funcionaba con cualquier luz blanca, porque antes de llevarlo lo intentamos; además de construirlo desde la teoría de Newton, que respaldaba nuestra propuesta, pero al tener un público en frente a la espera dio un valor agregado de responsabilidad y confianza en nosotros como docentes.

La primera pregunta del taller está enfocada al por qué creía que era posible ver el efecto, un grupo de estudiantes nos respondieron: “este efecto es posible por el reflejo del agua en el espejo, en el momento 2, se aprecia un arcoíris por la posición del espejo”; en este caso, nos mencionaron dos aportes interesantes de resaltar, el reflejo y la posición; el espejo dentro

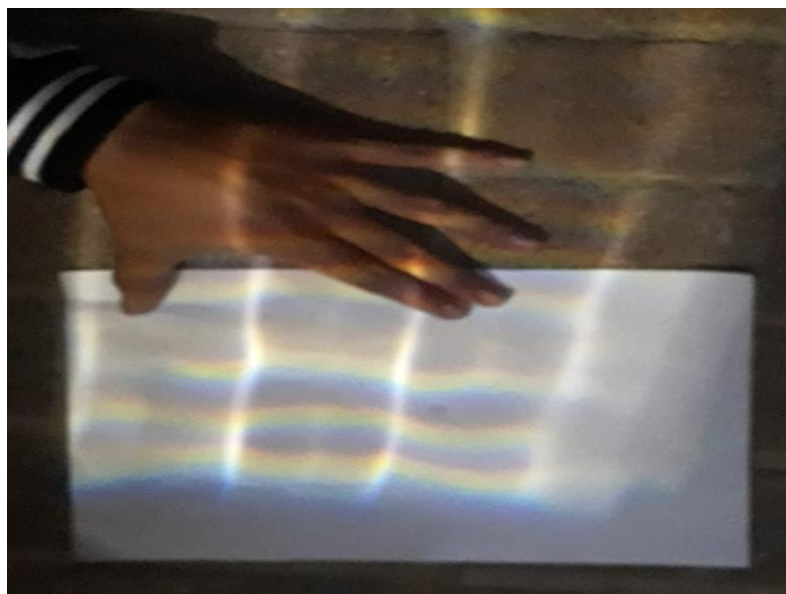
del agua proporcionó ver el arcoíris, en tanto la luz en el espejo choca luego de haberse extendido en el agua; es decir, la luz en el agua rebotó en el espejo y produjo el arcoíris, al que llaman reflejo del agua. Si lo comparamos con el caso de los hechos experimentales en la bomba de vacío de Boyle, de un mismo experimento surgen diferentes conceptos; como lo es la presión del aire, la elasticidad del aire, entre otros. En el caso de este experimento, nosotros construimos desde Newton la refrangibilidad de un rayo de luz; sin embargo, varios estudiantes se centraron en la reflexión de la luz, también válida para trabajar en el campo de la óptica.

Aún más, nos decían que la posición del espejo es un punto importante, porque así se apreció el arcoíris, desde nuestras vivencias sabemos que la inclinación del espejo ocasiona el resplandor de los colores, según donde esté la fuente de luz; en este caso, al utilizar linternas, la posición del espejo provocaba que tuviéramos que alejar o acercar la luz para que surgieran los colores, entonces esta posición del espejo resultó ser importante porque los hallamos más fácilmente. Como en el caso de Boyle, los relatos sobre los experimentos dieron cuenta de todos los factores en un proceso experimental, a tal punto que quien los lee, se convierte en un testigo del experimento.

Encontramos en las respuestas de los estudiantes una comparación entre dos instrumentos que se pudieron utilizar para la realización del experimento, “... el agua funciona como un prisma, al juntarse con la linterna y el espejo refleja un arcoíris”; nos propusieron una semejanza entre un prisma y el agua; sabemos desde la teoría de Newton, que el efecto de los colores lo origina el paso de un medio transparente a otro; entonces, ambos medios: el agua y el prisma, son viables para el surgimiento del color, caso que nos parece interesante en el sentido que aprueban nuestro experimento para trabajar los colores desde la luz sin tener a la mano un prisma, es un hecho que producimos a través de diferentes instrumentos y nos dan cuenta del mismo fenómeno.

Por otro lado, les preguntamos sobre su posición sobre el efecto, en relación al paso de la luz desde el aire al agua; enfocados en la conexión que hay con el cambio de medio que tiene la luz, un grupo de estudiantes nos dijo: “con el agua se generan colores debido a las ondas y sin el agua es neutro”; es de notar que destacaron la importancia del agua desde unas

ondas en ella; si miramos la figura 27, encontramos que al mover el recipiente con agua se generaron unas olas que llaman ondas y cada una mostró una serie de colores, es una manera diferente de hacer que podamos ver colores en la hoja de papel; basados en la Óptica de Newton un medio líquido transparente, como el agua, puede producir más de un caso de refrangibilidad en el paso de aire a agua; también nos mencionan que la luz que vemos sin pasar por agua es neutra, asociamos esto al color blanco que tiene la luz de la linterna.



*Figura 27.* Colores provocados con la forma del movimiento del agua. Fotografía de los estudiantes.

Otra postura que nos presentaron, con relación al cambio de aire a agua de la luz, es en términos de reflejos de luz: “porque se da el reflejo del espejo y del agua, por esta razón se presenta una serie de colores”; nos proporcionó una mirada desde otro punto de vista, porque explica el efecto a partir de un rebote de la luz en el espejo y en el agua, lo llamaron un reflejo; también, nos dijeron una cualidad del agua para hacer reflejar la luz, de modo que provoca que surjan colores cuando la luz choca con este medio, es un fenómeno visto desde una perspectiva diferente, pero igualmente válida.

En la misma línea, queremos rescatar el uso de ejemplos para dar explicaciones a cuestionamientos físicos, sobre la relación del efecto con la luz, un grupo de estudiantes nos dijeron: “porque por ejemplo cuando llueve y hace sol se refleja un arcoíris”; en este caso



hacen alusión a la lluvia; parados en Mach, la lluvia y el sol, en este caso, son representaciones del fenómeno, así como en el experimento, nos permite establecer una conexión sobre qué elementos son necesarios para que la luz blanca ocasione colores.

La última pregunta que hicimos en este taller consistió en mencionar qué se puede decir de la luz luego de hacer este experimento; nos dijeron que: “se distorsiona (...)”. Respecto a la distorsión de la luz, creemos que tiene que ver con su capacidad para desvanecerse, tener más intensidad en unas partes que en otras, cambia su luminosidad en algunos sitios; es importante porque, como dijimos en el punto anterior, la posición de la luz en el experimento hace que veamos más o menos luz a partir del sitio en donde sea puesta, se refiere a la capacidad de la luz de ser intensa y opaca.

Las interacciones que tenemos con un experimento nos dan pie para dar explicaciones de los efectos en el transcurso del proceder experimental; vivimos dos momentos en los que utilizamos la luz, de tal manera que, al hacerla chocar con diferentes medios, ésta dio un resultado diferente, en cada uno de los momentos logramos expresar puntos de vista según el producto encontrado; compartimos, entonces, la respuesta de uno de los grupos : “la luz se presta para diversos efectos”; la luz en situaciones específicas se comporta de cierta manera, según las condiciones a las que esté expuesta, similar al fenómeno del vacío estudiado en la bomba de vacío de Boyle. En este sentido, nos interesa destacar la amplia gama de posibilidades para interpretar un proceder experimental, como construcción de conocimiento físico; en el sentido que, al estudiar los colores nos encontramos con diferentes perspectivas de fenómenos de la luz.

Luego que realizamos el taller, procedimos a la socialización del mismo, cada uno de los grupos dio sus aportes y nosotros tomábamos nota en el tablero de los puntos de vista; los estudiantes nos preguntaban sobre la interpretación que teníamos del experimento en cada pregunta, como una verificación de lo que ya habían respondido, nosotros direccionamos la discusión hacia nuestro interés; sin embargo, les reiteramos que sus concepciones no son equivocadas sino que, al contrario, sirvieron como base para nosotros explicarles los colores a partir de la interpretación de Newton sobre la refrangibilidad de un rayo de luz.

La ruta epistemológica que utilizamos nos permitió la oportunidad de construir el fenómeno del color; de este modo, el primer objetivo de esta investigación posibilita poner la mirada en otras formas para concebir el conocimiento a raíz de los talleres experimentales.

### 4.3 Cantidad de luz en el órgano visual y sombras de colores.

Basados en la realización del taller preliminar (apartado 4.1) y como continuación de la implementación de nuestra propuesta sobre el color (apartado anterior), llevamos a cabo la realización del taller 2 desde la teoría de los colores de Goethe. Según el momento 1 del taller, organizamos el laboratorio en diferentes bases: en una, estaban dos vasos de igual tamaño de color negro y blanco; en otra, estaban dos cubos, el negro  $\frac{1}{5}$  parte más grande que el blanco; una última base, tenía dos vasos de color gris. Cada uno de los objetos estaba sobre cartulinas de color blanco y negro respectivamente, como mostramos en la figura 28. Decidimos partir el salón en dos grupos para facilitar la realización del taller, garantizar que todos tuvieran acceso a los montajes de forma organizada y poder cerciorarnos que las respuestas fueran propias.



Figura 28. Montaje experimental del momento 1, taller 2.

Al tener en la misma sala dos casos de objetos que no era posible tocar, sino solamente ver, encontramos diversas respuestas de la pregunta sobre la igualdad o diferencia en el tamaño de ellos. Pusimos los objetos antes que los estudiantes entraran intencionalmente para que no vieran ninguna posible alteración al ponerlos o quitarlos, en ese momento sólo se trataba de creer en su visión y responder el taller.

Recordemos que el caso 2.1 se trataba de mirar dos vasos de igual tamaño, uno de color negro sobre una cartulina blanca y el otro blanco encima de una cartulina negra (primera imagen de la figura 28). Uno de los estudiantes nos menciona: “veo el blanco más grande que el negro (...)”; fundamentados en Goethe, su retina es sensible a la luz, de tal forma que resalta el vaso blanco en tanta oscuridad de la cartulina negra. Aún más, en el caso 2.2 con el objeto negro aumentado, el mismo estudiante dice: “los veo del mismo tamaño”; desde Goethe, la retina se exalta de tal manera que capta la cartulina blanca como luz dentro de un pequeño toque de oscuridad, de modo que este punto de vista confirma nuestra construcción desde Goethe sobre la luz y la oscuridad como complementarios en nuestra retina, ambas son de gran importancia en la manera como nuestro ojo percibe; la oscuridad, en cambio, hace que nuestro ojo quede en un estado de quietud; de modo que, al haber un poco de oscuridad en tanta luz, prevalece la luz por su excitación en el órgano visual.

Caso contrario sucede con otro estudiante, que en el caso 2,1 nos dice que: “son de igual tamaño”, y en el caso 2.2 que “el negro es más grande”, nos muestra un caso en donde el órgano visual es poco sensible a los cambios de luz y oscuridad, según la teoría que construimos desde Goethe; mirar los objetos sobre la cartulina puede ser en ocasiones engañoso, pues al tratarse de ver, es nuestra apreciación personal la que se pone en juego. No todas las personas observamos de la misma manera, la retina es propia del ojo de cada uno, en tanto asimilamos los objetos de manera diferente; entonces, el haber visto los objetos blancos y negros sobre las cartulinas, generó distintas reacciones que nos permite abrir las posibilidades sobre la influencia de la luz y la oscuridad en el ojo humano.

Los resultados generales que obtuvimos en el caso 2.1, donde los vasos son del mismo tamaño, se encuentran en la figura 29; de 34 estudiantes participantes del taller, 22 están de acuerdo en que los vasos son de igual tamaño; 7 de estos reconocen que, aunque sean iguales se ven de diferente tamaño; además, 7 dicen que el vaso blanco se ve más grande y 5 que el vaso negro es más grande. En un principio pensábamos que sólo íbamos a encontrar dos respuestas en este caso, que fueran iguales o que el negro se viera más pequeño; sin embargo, encontramos cuatro posibles respuestas, de estas el 56% de los estudiantes dicen ver una

diferencia entre los dos vasos, sea el blanco o el negro, comparado con el 44% que dicen verlos del mismo tamaño; de modo que se cumple la interpretación de Goethe porque la cantidad de luz si interfiere en la sensibilidad del órgano visual, independientemente de si se vieron de igual o diferente tamaño, el ojo hace un esfuerzo por ver cierta cantidad de luz u oscuridad en el entorno.

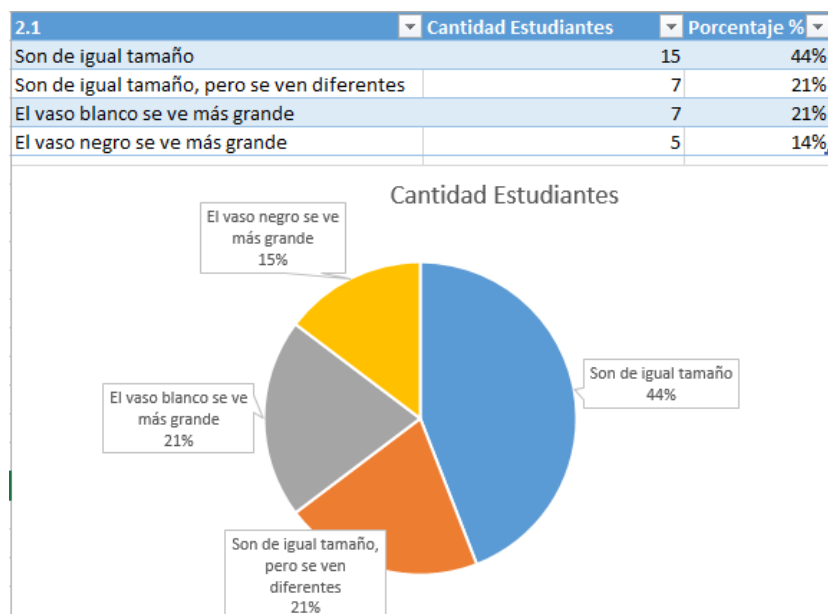


Figura 29. Diagrama que representa las respuestas que los estudiantes contestaron en el caso 2.1, taller 2.

Por otro lado, en el caso 2.2 donde el cubo negro era  $\frac{1}{5}$  más grande que el blanco, los resultados que obtuvimos, mostrados en la figura 30, encontramos que de los 34 estudiantes, 22 dicen que el cubo negro es más grande, 10 que los cubos son iguales y 2 que el blanco es más grande. Al analizar estos datos desde el punto de vista de Goethe, vemos que el órgano visual tiene cierta sensibilidad ante la luz y la oscuridad, independientemente del montaje; en ocasiones la retina se expande, en otras se contrae; más aún, con las respuestas de la mayoría de los estudiantes, encontramos una visión tan única de cada persona, que llegaron a ver los objetos de tamaños diferentes; en este caso, la mayoría vio un cubo más grande que el otro, sólo el 29% vio los cubos de igual tamaño, casi la tercera parte del grupo.

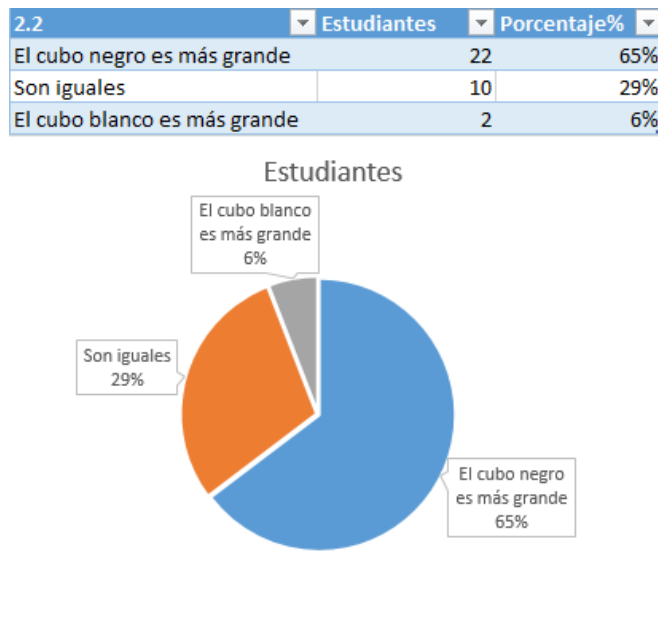


Figura 30. Diagrama de las respuestas de los estudiantes en el caso 2.2, taller 2.

En el segundo momento dispusimos una cartulina blanca y una negra, encima de estas situamos dos vasos del mismo tono de gris (ver última imagen de la figura 28), uno en cada cartulina y preguntamos por la tonalidad de éstos; como mostramos en la figura 31 de los 34 estudiantes, 15 respondieron que la tonalidad de los vasos es la misma, 6 de estos 15 afirman que aunque son del mismo tono se pueden ver diferentes por la cantidad de luz generada por las cartulinas, 14 dijeron que el vaso que está sobre la cartulina blanca se ve más claro y los otros 5 mencionaron que se ve más claro el vaso que estaba sobre la cartulina negra. Notamos una variable de cantidad de luz trabajada en este montaje; desde Goethe, según el fondo de cada vaso nuestro ojo es sensible a la luz u oscuridad, a partir del color gris con que está pintado el vaso, representante de un intermedio entre el blanco y el negro; nuestro ojo reconoce el estado de mucha o poca luz alrededor para que veamos más claro u oscuro.

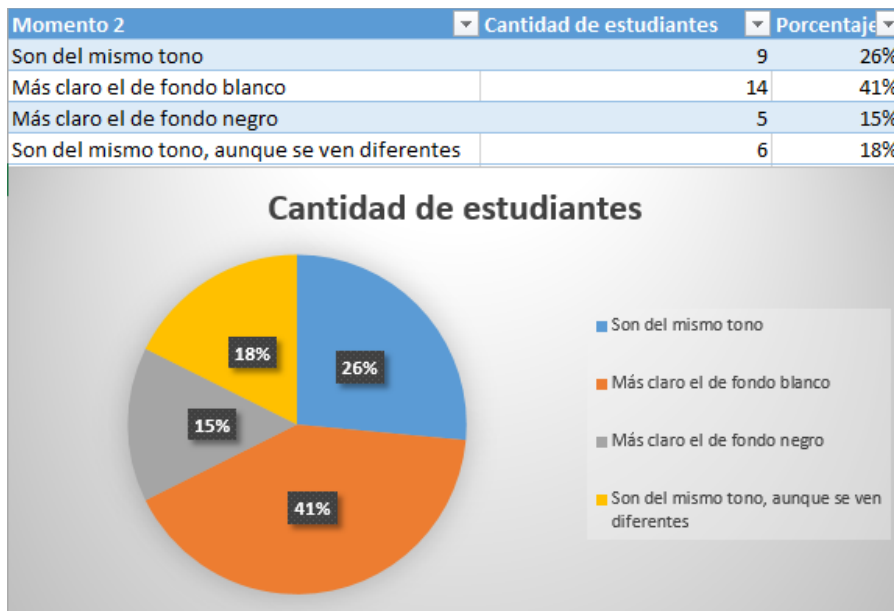


Figura 31. Diagrama de las respuestas de los estudiantes en el momento 2 del taller 2.

Ver más o menos luz, respecto a los vasos grises, nos confirma la capacidad de la retina para cambiar su estado según la presencia de luz u oscuridad, desde la perspectiva de un estudiante: “el vaso que está en la cartulina negra se ve más claro que el de la cartulina blanca, porque la blanca le quita luz al vaso”; en contraste con Goethe, al ser el gris un color que tiene un poco de luz y oscuridad, el color blanco de la cartulina hace que sea muy poca la oscuridad que impacta la retina, entonces realza la claridad de la cartulina a tal punto que hacer ver este vaso gris más claro que el puesto en la cartulina negra.

En el momento 3 dispusimos dos cartulinas blancas sobre el piso; una al lado de la otra y sobre una de estas ubicamos hojas de colores amarillo, azul, violeta, naranja, verde y púrpura; consistió en observar una por una la hojas de colores sobre la cartulina blanca por lo menos unos 20 segundos, luego retirar la mirada hacia la otra cartulina blanca y fijarla en el centro de ésta; al pasar un tiempo, en la cartulina blanca se verá la sombra de un color totalmente diferente al previamente visto, los colores mencionados por los estudiantes fueron extraídos en la siguiente figura 32.

Color observado en la hoja iris	Color que percibe el ojo al mirar la cartulina totalmente blanca, luego de observar la hoja iris	
Amarillo	Morado	Azul
Azul	Anaranjado	Amarillo
Violeta	Amarillo	Verde
Anaranjado	Azul	
Verde	Purpura	Rosado
Purpura	Verde	Amarillo

Figura 32. Colores vistos por los estudiantes al observar previamente una hoja de color sobre una cartulina blanca. Momento 3 del taller 2.

Sobre el color amarillo (figura 32) encontramos que luego de hacer el procedimiento, algunos estudiantes lograron ver el color morado y otros el color azul; lo interesante de esto es que si miramos los colores que vieron en el púrpura o en el violeta, está el amarillo como uno de ellos, aún más si miramos los del color azul, también está el color amarillo como resultado; es decir, el amarillo produce en la retina un color diferente al punto de observar azul o morado; pero, al mismo tiempo al hacer lo mismo con el azul, encontramos que hay algunos estudiantes que ven el amarillo e igualmente ocurre con el púrpura o el violeta (representantes del morado), algunos estudiantes logran ver el amarillo.

Si miramos cada uno de los colores encontraremos una relación entre ellos; así, por ejemplo, al detenernos en los colores vistos luego de mirar fijamente el verde, en la figura 32, tendremos como resultado el púrpura o rosado; pero el resultado de detenerse a mirar el púrpura o el violeta, también dan como posibilidad ver el verde. Entonces, En consonancia con

los colores complementarios según Goethe, nuestro ojo es sensible a los colores relacionados entre sí, al punto de ser complementarios en la retina, se completan unos a otros.

Era curioso cómo en este taller los estudiantes se tomaban el tiempo de observar cada uno de los casos que llevamos, daban la vuelta alrededor de ellos para ver los objetos desde todos los ángulos y darnos una respuesta; en la figura 33 vemos a los estudiantes en el transcurso del taller, concentrados en experimentar con el montaje. En este proceso varios estudiantes se acercaban a decirnos aquello que creían haber visto y, luego, nuevamente iban a rectificar su punto de vista; este transcurrir nos mostró algunos pensamientos que ellos construyeron del experimento; sus posturas validan nuestro experimento, porque conllevan a hacer un análisis de los hechos sobre la luz y la oscuridad en cada visión desde la teoría de Goethe, nos muestra el fenómeno como una construcción desde su vivencia.



*Figura 33.* Realización del experimento del taller 2, momento 3.

Consideramos muy beneficioso el desarrollo de este taller, en tanto a pesar de tratarse de un asunto personal del órgano visual, logramos mostrar la luz y la oscuridad para la presencia del color desde nuestra construcción de conocimiento, basados en Goethe; los experimentos hechos por los estudiantes dieron pie para comprender el color a partir de cómo cada ojo ve-

Cada respuesta de los estudiantes son relatos de sus propias experiencias, de sus observaciones, es significativo porque determina un actuar diferente que nos involucra a nosotros como docentes y a ellos como estudiantes, en el sentido que todos nos volvemos



partícipes de la construcción del conocimiento, somos cercanos a él, pensamos sobre él; esto le da un valor agregado a la enseñanza y el aprendizaje de la física, porque como docentes y estudiantes aportamos al conocimiento físico, pensamos e interpretamos la naturaleza desde nuestras propias vivencias.

Identificamos que los talleres realizados son una forma para llevar las clases de física, que supera el tratamiento superficial de contenidos; entonces, el segundo objetivo específico planteado en esta investigación de elaborar los talleres experimentales forjó una alternativa en tanto construye el conocimiento científico.

#### **4.4 Los colores en medios opacos y los colores fijados en los objetos.**

A partir de la implementación del taller preliminar (apartado 4.1) y en continuación con los resultados obtenidos en los talleres realizados desde nuestra construcción de conocimiento sobre el color (apartado 4.2 y 4.3), realizamos una última intervención con el taller 3 de nuestra propuesta.

Este taller lo dividimos en colores físicos y químicos según la teoría de los colores de Goethe; los físicos, en cuanto al primer momento en el cual observamos cambios en la luz, ya sea al atravesar el agua o estar en un fondo blanco u oscuro. El segundo momento hace referencia a los colores químicos, estos no tienen que ver con la percepción de nuestros ojos ni con el cambio que sufre la luz al atravesar cierto medio, o estar en un fondo blanco o negro, sino que se relaciona con el color fijo de un objeto.

En el primer momento nos dispusimos a observar los cambios que sufre la luz al atravesar dos botellas de vidrio, un recipiente está lleno de agua y otro lleno de agua con jabón. Las respuestas de los estudiantes fueron individuales, aunque pudieron discutir entre ellos lo que sucedía; ya en este punto, sabían la importancia de la socialización para la construcción del conocimiento; cada vez observamos más confianza en este grupo para responder a las preguntas, sin pensar que hay una única respuesta y se notan más orientados a

la exploración; en la figura 34 vemos a los estudiantes en la realización del primer momento del experimento.



Figura 34. Estudiantes realizan el experimento del taller experimental 3, apartado 3.4.

La primera pregunta del momento 1, se centraba en mencionarnos si observaba algún cambio luego de pasar la luz por un recipiente con agua. En la figura 35 encontramos un gráfico con las respuestas que nos dieron los estudiantes.

### 1.1 Observa cambios en la luz luego de pasar por el recipiente con agua.

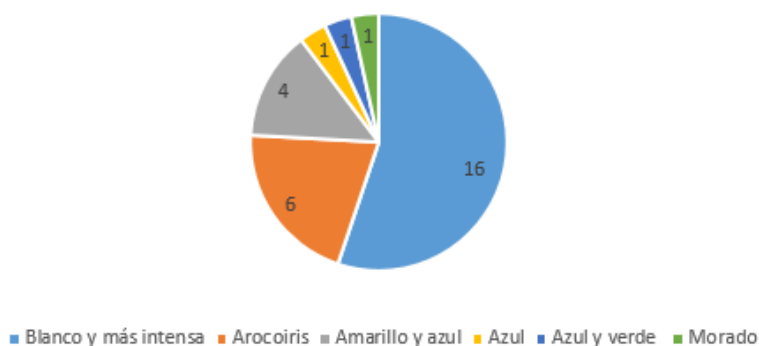


Figura 35. Gráfico de las respuestas a la primera pregunta del taller 3.

Lo que observamos en las respuestas es que la mayoría de los estudiantes observó la luz blanca y dijeron que se intensifica o se ve más brillante; seguido a estos, otros 6 responden que se observó el arcoíris, seguramente en relación con lo aprendido en el taller 1 (apartado 4.2);

los otros 7 estudiantes la vieron azul con tonalidades amarillo y verde, además del morado. Por lo cual, vemos que se trata de establecer una relación entre lo aprendido en los talleres pasados y se busca algún fenómeno como el arcoíris o la intensificación de la luz para dar respuesta a su observación. La imagen que tenemos de las cosas está interrelacionadas al cómo las nombramos para dar cuenta de su representación mental.

La segunda pregunta de este momento 1 consistió en mencionarnos si había algún cambio en el paso de la luz por el recipiente de agua con jabón; las respuestas de los estudiantes se encuentran en la gráfica de la figura 36.

### 1.2 Observa cambios en la luz luego de pasar por el recipiente con agua y jabón.

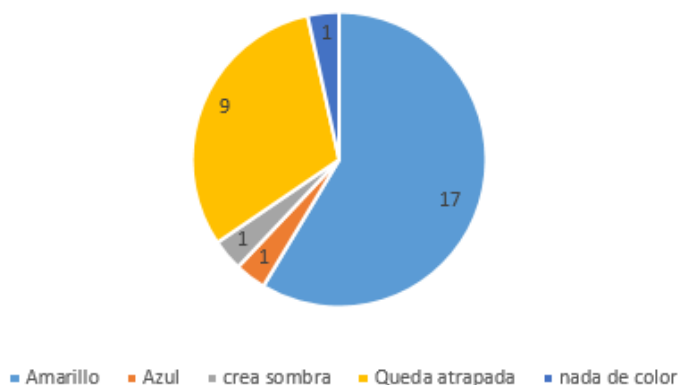


Figura 36. Gráfica de las respuestas de los estudiantes en la segunda pregunta del momento 1, taller 3.

En el caso de la botella que además de agua también contiene jabón diluido, se observó que muchos argumentan haber visto cambios en la luz. 17 estudiantes respondieron que la luz cambió a color amarillo, 1 estudiante observó que se ve azul; en concordancia con los planteamientos de Goethe, los medios que son opacos generan un color amarillento y en sus bordes un color azul muy claro; otros 9 estudiantes, de los 29, respondieron que, además de verse un cambio en el color, también queda atrapada en la botella la luz y no logra atravesar del todo esta; lo relacionamos con el grado de turbiedad del medio; entre más opaco esté el medio, la luz se ve de un color más amarillo.

La otra parte de este primer momento consistía en observar dos pantallas, una blanca y una negra, en las cuales se superponía una vela encendida; la finalidad era mirar el color de la llama de la vela en ambas pantallas. Las respuestas de su observación en la pantalla 1, que era el fondo blanco, están en la figura 37.

#### 1.4 ¿ Qué observa en la llama luego de sobreponerla en la pantalla 1 (Blanca)?

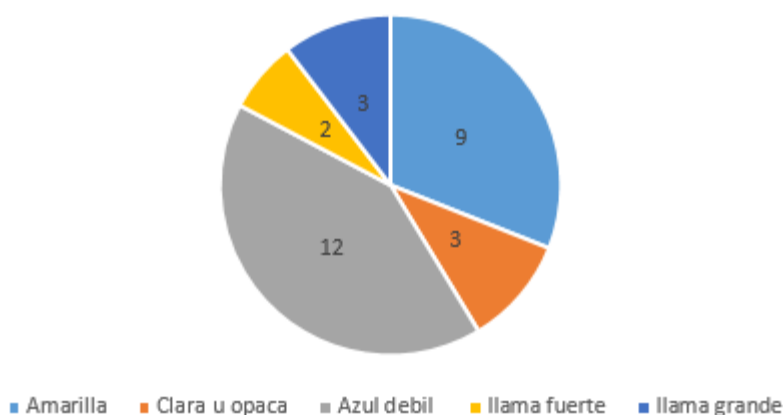


Figura 37. Gráfica de la respuesta de los estudiantes al poner la llama de una vela sobre un fondo de color blanco, taller 3.

Notemos que en las observaciones de los estudiantes, 5 dicen ver la llama de la vela más fuerte o más grande, como si el fondo blanco hiciera que se viera más intensamente la llama de la vela; por otro lado, 9 estudiantes nos mencionaron que la llama se encontró de un color amarillo y, 12 estudiantes enfatizan en que vieron un azul débil en la llama de la vela; de acuerdo con Goethe, la luz resalta los colores según el medio en donde se encuentre; la llama de la vela al estar alrededor de aire y sobre una pantalla blanca, distingue mucho más el color amarillo. Por otro lado, hicimos el mismo ejercicio con los estudiantes esta vez sobre una pantalla negra. Las respuestas las encontramos en la figura 38.

### 1.5. ¿ Qué observa en la llama luego de sobreponerla sobre la pantalla 2?



Figura 38. Respuesta de los estudiantes al observar la llama de una vela sobre un fondo negro.

A diferencia del fondo blanco, en este caso encontramos que 16 estudiantes afirmaron ver un azul fuerte, 5 estudiantes una combinación de azul con amarillo y también mencionaron ver la llama más pequeña, una pequeña parte del grupo dice verlo opaco u oscuro, uno afirma no ver cambios y otro ver la llama difuminada. Desde Goethe, en la oscuridad sobresale el color azul, al ser más tenue; es importante porque los estudiantes validan el experimento en los relatos de sus observaciones, son también partícipes de nuestra construcción de conocimiento.

En el momento 2 agregamos agua con anilina amarilla y azul en un pocillo, la idea es que el material del pocillo nos ayude a que no pase la luz cuando tapemos con nuestras manos; para ver lo que sucede con el color del agua, a medida que disminuimos o aumentamos la cantidad de luz que entra en el pocillo y buscar la explicación que los estudiantes le dan a lo sucedido; en la figura 39 podemos ver a los estudiantes en el transcurso de este momento.



*Figura 39.* Estudiantes realizan el experimento del momento 2 del taller 3.

En las observaciones de los estudiantes sobre lo que se puede decir del color, luego de hacer este taller, evidenciamos diferentes enfoques mostrados en la figura 40, donde 15 estudiantes percibieron cambios en el tono de los colores amarillo y azul, 4 nos dijeron que la cantidad de luz que entra al vaso o del fondo, como en el caso del momento 1, era importante para hablar del color y 3 estudiantes mencionaron que el color se ve diferente según el medio. Es clave que notemos los puntos de vista de los estudiantes para la explicación sobre el color, puesto que nos brindaron casos puntuales. Desde la postura de Goethe, los colores que son fijados en los objetos cambian según la cantidad de luz u oscuridad a la que estén expuestos, de modo que nuestros estudiantes afirmaron una visión correlacionada con la interpretación del científico para construir conocimiento sobre el color.



Figura 40. Última respuesta de los estudiantes luego de realizar el taller 3.

En el transcurso de este taller notamos que las interpretaciones de Goethe sobre el color son válidas para llevar al aula, pues los estudiantes a partir de cada experimento pensaron implícitamente en las implicaciones de su teoría de los colores, cómo se desarrollaba y la finalidad de ésta. Este taller logró finalizar nuestra construcción epistemológica sobre el color con unos resultados que validan nuestro proceso, en tanto es posible que la interpretación de una teoría científica pueda ser llevada al aula de clases de física. Así, nuestro tercer objetivo de esta investigación tuvo como efecto el entender que todos podemos pensar la Ciencia y construir en sociedad el conocimiento.

## Conclusiones

Nuestra elaboración de una ruta epistemológica sobre el fenómeno del color, a partir de la interpretación de los científicos Isaac Newton y Wolfgang Von Goethe, logró mostrar que como maestros de física en formación tenemos la capacidad de tomar una postura en las ciencias a partir de la lectura de obras científicas; eso, nos hace partícipes del conocimiento, en tanto construcción conceptual, porque da cuenta de nuestro proceso, de nuestro aprendizaje y, en consecuencia, de una alternativa para enseñar la física.

Construir una postura del conocimiento, basada en la experimentación, nos fundamentó un punto de vista diferente para concebir la ciencia y pensar sobre ella; nos parece importante porque surge de la historia que ha tenido cada concepto físico, según su época y nos presenta la ciencia como una práctica social, de constante comunicación y divulgación.

La ruta epistemológica, basada en la experimentación, comprobó que nuestra práctica pedagógica fue un proceso similar a como se construyen los conceptos físicos, porque en ambos es un eje fundamental el intercambio de conocimiento entre sujetos; por un lado, los científicos están inmersos en una comunidad donde muestran sus interpretaciones; por el otro, nosotros como maestros en formación interactuamos con los estudiantes y nuestros pares, para compartir experiencias propias y aprender de ellas. De modo que, resultó conveniente que nuestra construcción del conocimiento, sobre el color, fuera base para elaborar nuestra propuesta pedagógico-didáctica.

Respecto a nuestra propuesta pedagógico-didáctica, resultó importante realizarla desde la lectura de textos científicos, a la par de la experimentación; pues, la teoría y el experimento están íntimamente relacionados, a tal punto que paulatinamente se construye una y otra. Los hechos experimentales son, desde esta mirada, base para que los científicos interpreten el mundo físico; así se construye la ciencia, en una constante conversación entre teoría-experimentación. En consecuencia, desde nuestro punto de vista es necesario que como maestros de física tengamos una postura epistemológica, esto con relación a si la



experimentación y la teoría se abordan de forma paralela, haremos parte del conocimiento científico y contribuiremos a nuestro propio proceso.

En nuestro análisis de resultados, evidenciamos que los talleres experimentales llevados al aula confirman que el conocimiento es cercano a los sujetos; pues, nuestros estudiantes, al igual que nosotros, lograron formular una postura epistemológica alrededor de la fenomenología del color; los relatos que daban en sus explicaciones nos afirman que todos los seres humanos tenemos la capacidad de construir conceptos científicos, pues la ciencia no está fuera de nosotros.

Por último, nuestra historia de vida en la práctica pedagógica logró cambiar nuestra mirada tradicional de la física y edificó una alternativa para enseñar física en la escuela; por medio de nuestras experiencias, como maestros en formación transformamos nuestras prácticas en un proceso, en el cual nuestro conocimiento siempre era pensado y divulgado en comunidad. De este modo, la autobiografía narrativa fue más que una metodología asumida en esta investigación, constituyó una transición epistemológica sobre la física y su enseñanza, basados en las vivencias personales en la escuela.

### **Recomendaciones:**

Sugerimos para futuras investigaciones en la línea de historia, epistemología y enseñanza de las ciencias que se use la metodología autobiográfica narrativa; puesto que, como maestros de física o de ciencias en general, es una estrategia en la emancipación de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. La autobiografía narrativa constituye una potente alternativa para cambiar las prácticas de docentes en la facultad.

En el campo de la óptica dejamos la posibilidad de otras investigaciones donde se fundamente esta ruta epistemológica sobre el color, para incluir otros fenómenos de la luz como la reflexión, la refracción, la interferencia o la naturaleza de la luz; de modo que, se logre converger diferentes investigaciones en la enseñanza de la óptica, donde el fenómeno del color sea base para construir otros conceptos físicos.

El uso de textos científicos permite pensarse el conocimiento desde la génesis de los conceptos, por lo que como maestros de ciencias es necesario buscar en las obras de primera fuente un fundamento para pensarse los conceptos científicos; en esta misma línea, recomendamos hacer investigaciones en otros campos de las ciencias diferentes a la óptica o el color, puesto que hay una gran diversidad de conceptos que se podrían abordar.

En el caso de seguir investigaciones en la línea de esta construcción de conocimiento sobre el color, aconsejamos que se vinculen con otras metodologías pensadas para enseñar ciencias, como las simulaciones y diferentes tecnologías; sería interesante, porque a partir de una ruta epistemológica sobre el color estaría la posibilidad de fundamentar desde las tecnologías de la información y la comunicación una forma diferente de hacer que los estudiantes participen en los conceptos físicos.

También, recomendamos aplicar esta construcción de conocimiento sobre el color en otros contextos y culturas; desde la educación preescolar, primaria, secundaria, media, universidad, hasta en espacios no convencionales. Sería interesante implementar esta investigación con personas en situación vulnerable, situación de calle, madres cabeza de familia, desplazados; tenemos la confianza que llevar este trabajo a aquellos a los que se les ha negado la posibilidad de aprender sobre física arrojaría unos resultados muy alentadores.

Dicho lo anterior, sugerimos algunas preguntas que pueden ser base para otras investigaciones:

¿De qué manera las historias de vida sirven como un proceso de emancipación para las prácticas de maestros de ciencias?

¿Cómo usar la autobiografía narrativa en los estudiantes para proyectos de investigación escolar donde sean conscientes de su propio conocimiento en las ciencias?

¿Cómo trabajar fenómenos como la reflexión, la refracción, la interferencia o la naturaleza de la luz, a partir de una construcción epistemológica sobre el color?

¿De qué forma construir conceptos en las ciencias a partir de diferentes obras científicas para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias?

¿En qué sentido utilizar una ruta epistemológica sobre el color para el uso de tecnologías de la información y la comunicación en la escuela?

¿Qué resultados se encuentran al implementar una ruta epistemológica sobre el color con personas en situación vulnerable, situación de calle, desplazados, entre otros? ¿Se llegaría a construir el conocimiento sobre el color con esta población?

## Bibliografía

- Agudelo, B. & Caro, K. (2019). El color desde una perspectiva fenomenológica: nuestra reflexión como maestros en formación. En B. Macedo et al. (Ed.), *Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias en debate* (3) (pp. 469-478). Universidad de Alcalá.  
<http://cieduc.org/2019/actas/LibroCieduc2019-Volumen3.pdf>
- Bolívar, A. & Domingo, J. (2001). *La investigación biográfico-narrativa en educación: enfoque y metodología*. La muralla.
- Bolívar, A. & Domingo, J. (2018). La investigación (auto)biográfica y narrativa en España: principales ámbitos de desarrollo en educación. *Revista Brasileira de Pesquisa (Auto)Biográfica*. 3 (9), 796-813.
- Cortés, P. (2019). Resiliencia, identidad y pedagogía crítica: descolonizando las perspectivas de la transformación hacia una mirada política. En: J. I. Rivas (Ed.), *perspectivas decoloniales sobre la educación*. (pp. 175-211). UMA editorial.
- Duhem, P. (1914/2003). *La teoría física: su objetivo y su estructura*. Herder editorial.
- Einstein, A. & Infeld, L. (1938/1986). *La evolución de la física*. Salvat editores S.A.
- Goethe, J. W. (1810/1945). *Teoría de los colores*. Editorial Poseidón.
- Mach, E. (1905/1948). *Conocimiento y error*. Espasa-Calpe S.A.
- MEN. (1988). *Lineamientos*.
- MEN. (2004). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales*.
- MEN. (2016). *Derechos Básicos de Aprendizaje*.

Newton, I. (1704/1977). *Óptica o tratado de las reflexiones refracciones inflexiones y colores de la luz/sir Isaac Newton; introducción, traducción, notas e índice analítico Carlos Solís.*

NN. (s.f). *Física 6 CLEI.* Instruimos.

Rivas, J. I. (2019a). Narrativas, enseñanza y universidad. En R. Belén (Ed.), *Comunidades: Estudios y experiencias sobre contextos y comunidades de aprendizaje.* Eduvim.

Rivas, J. I. (2019b). Re-instituyendo la investigación como transformadora. En J. I. Rivas (Ed.), *perspectivas decoloniales sobre la educación.* (pp. 25-60). UMA editorial.

Romero, O. L. & Bautista, M. (2011). *Hipertexto física 2.* Santillana.

Shapin, S. & Schaffer, S. (1985/2005) *El Leviathan y la bomba de vacío. Hobbes, Boyle y la defensa de la experimentación.* Universidad Nacional de Quilmes.

Suárez, D. (2006). Docentes, narrativas e indagación pedagógica del mundo escolar. Hacia otra política de conocimiento para la formación docente y la transformación democrática de la escuela. *Formación Docente*, 7-36.

Tobón, E. (2016). *El uso de los análisis históricos y epistemológicos en la enseñanza de las ciencias. Una reflexión centrada en la experimentación sobre los fenómenos cromáticos.* (tesis de maestría). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

### **Cibergrafía:**

Agustin Fresnel (sin fecha). En Wikipedia. 14 de febrero del 2021

[https://es.wikipedia.org/wiki/Augustin\\_Fresnel](https://es.wikipedia.org/wiki/Augustin_Fresnel)

Christiaan Huygens (sin fecha). En Wikipedia. 14 de febrero del 2021

[https://es.wikipedia.org/wiki/Christiaan\\_Huygens](https://es.wikipedia.org/wiki/Christiaan_Huygens)

Filosofía de la naturaleza (sin fecha). En Wikipedia. 18 de enero del 2021

[https://es.wikipedia.org/wiki/Filosof%C3%ADa\\_de\\_la\\_naturaleza#:~:text=La%20filosof%C3%ADa%20de%20la%20naturaleza,hasta%20mediados%20del%20siglo%20XIX.](https://es.wikipedia.org/wiki/Filosof%C3%ADa_de_la_naturaleza#:~:text=La%20filosof%C3%ADa%20de%20la%20naturaleza,hasta%20mediados%20del%20siglo%20XIX.)

Francis Line (sin fecha). En Wikipedia. 24 de octubre del 2019

[https://es.wikipedia.org/wiki/Francis\\_Line](https://es.wikipedia.org/wiki/Francis_Line)

Henry More (sin fecha). En Wikipedia. 24 de octubre del 2019

[https://es.wikipedia.org/wiki/Henry\\_More](https://es.wikipedia.org/wiki/Henry_More)

Isaac Newton (sin fecha). En Wikipedia. 24 de octubre del 2019

[https://es.wikipedia.org/wiki/Isaac\\_Newton](https://es.wikipedia.org/wiki/Isaac_Newton)

Jean Baptiste Biot (sin fecha). En Wikipedia. 14 de febrero del 2021

[https://es.wikipedia.org/wiki/Jean\\_Baptiste\\_Biot](https://es.wikipedia.org/wiki/Jean_Baptiste_Biot)

Llegavideos (2015). *Cómo hacer un prisma de agua/hazlo tú mismo*. Youtube. 30 de septiembre de 2018 <https://www.youtube.com/watch?v=MTgF9VDzhH8>

Pierre-Simon Laplace (sin fecha). En Wikipedia. 14 de febrero del 2021

[https://es.wikipedia.org/wiki/Pierre-Simon\\_Laplace](https://es.wikipedia.org/wiki/Pierre-Simon_Laplace)

Robert Boyle (sin fecha). En Wikipedia. 24 de octubre del 2019

[https://es.wikipedia.org/wiki/Robert\\_Boyle#cite\\_note-BRIT-1](https://es.wikipedia.org/wiki/Robert_Boyle#cite_note-BRIT-1)

Simon Schaffer (sin fecha). En Wikipedia. 24 de octubre del 2019

[https://en.wikipedia.org/wiki/Simon\\_Schaffer](https://en.wikipedia.org/wiki/Simon_Schaffer)

Steven Shapin (sin fecha). En Wikipedia. 24 de octubre del 2019

[https://en.wikipedia.org/wiki/Steven\\_Shapin](https://en.wikipedia.org/wiki/Steven_Shapin)

The Royal Society (sin fecha) En The Royal Society, 22 de octubre del 2019

<https://royalsociety.org/about-us/>

Thomas Hobbes (sin fecha). En Wikipedia. 24 de octubre del 2019

[https://es.wikipedia.org/wiki/Thomas\\_Hobbes](https://es.wikipedia.org/wiki/Thomas_Hobbes)

Thomas Young (sin fecha). En Wikipedia. 14 de febrero del 2021

[https://es.wikipedia.org/wiki/Thomas\\_Young](https://es.wikipedia.org/wiki/Thomas_Young)

## Anexos




# 9° CNEF

## CONGRESO NACIONAL DE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y LA ASTRONOMÍA

El comité organizador del 9° Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía, realizado los días 7, 8 y 9 de noviembre de 2018 en la ciudad de Bogotá-Colombia, certifica que,

**KEVIN YADILTHON CARO BETANCUR**  
asistió y presentó la comunicación en modalidad de  
**PONENCIA**

*Construcción epistemológica en torno al color. Nuestra reflexión como maestros en formación*



**Steiner Valencia**  
Universidad Pedagógica Nacional



**Rosa Nidia Tuay Sigua**  
Asociación Colombiana de Profesores de Física



**Jaime Duvan Reyes**  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas




















# 9° CNEF

## CONGRESO NACIONAL DE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y LA ASTRONOMÍA

El comité organizador del 9° Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía, realizado los días 7, 8 y 9 de noviembre de 2018 en la ciudad de Bogotá-Colombia, certifica que,

**BLADIMIR AGUDELO CASTRILLÓN**  
asistió y presentó la comunicación en modalidad de  
**PONENCIA**

*Construcción epistemológica en torno al color. Nuestra reflexión como maestros en formación*



**Steiner Valencia**  
Universidad Pedagógica Nacional



**Rosa Nidia Tuay Sigua**  
Asociación Colombiana de Profesores de Física



**Jaime Duvan Reyes**  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas




















## X Congreso Iberoamericano de Educación Científica

### Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias en debate

Se certifica que el trabajo **EL COLOR DESDE UNA PERSPECTIVA FENOMENOLÓGICA: NUESTRA CONSTRUCCIÓN COMO MAESTROS EN FORMACIÓN**, cuyos autores son: *Kevin Yadhilton Caro Betancur, Bladimir Agudelo Castrillón y Olga Luz Dary Rodríguez Rodríguez*, ha sido presentado en formato **COMUNICACIÓN ORAL** en el X Congreso Iberoamericano de Educación Científica, realizado del 25 al 28 de marzo de 2019 en Montevideo, Uruguay.



**Daniel Meziat Luna**  
Director

Cátedra Unesco de Educación Científica para  
América Latina y el Caribe



**Ana Lopater Blanco**  
Directora General  
Consejo de Formación en Educación

**Uruguay**  
**Montevideo**  
**25 al 28 de marzo de 2019**  
[www.cieduc.org](http://www.cieduc.org)



Scanned with  
CamScanner



Cátedra UNESCO  
de Educación Científica  
para América Latina  
y El Caribe  
EDUCALYC

Organización  
de las Naciones Unidas  
para la Educación,  
la Ciencia y la Cultura

Consejo de  
Formación en  
Educación