

EXPLICACIONES SOBRE EL COLOR, LA LUZ Y LA OSCURIDAD: PROPUESTA DE
AULA A PARTIR DE UNA PERSPECTIVA HISTÓRICA Y FENOMENOLÓGICA

LINA DEL PILAR HERNÁNDEZ SEPÚLVEDA.

MARLON CAMILO ALDANA BOADA.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL.

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA.

MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES.

BOGOTÁ D.C.

2021

EXPLICACIONES SOBRE EL COLOR, LA LUZ Y LA OSCURIDAD: PROPUESTA DE
AULA A PARTIR DE UNA PERSPECTIVA HISTÓRICA Y FENOMENOLÓGICA

LINA DEL PILAR HERNÁNDEZ SEPÚLVEDA.

MARLON CAMILO ALDANA BOADA.

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGÍSTER EN DOCENCIA DE
LAS CIENCIAS NATURALES

ASESORES

LILIANA TARAZONA VARGAS.

FRANCISCO JAVIER OROZCO GONZÁLEZ.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL.

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA.

MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES.

BOGOTÁ D.C.

2021

“Los colores son el sufrimiento y la alegría de la luz”

Johann Wolfgang von Goethe.

*“Para todos los efectos, declaramos que el presente trabajo es original y de nuestra total
autoría: en aquellos casos en los cuales hemos requerido del trabajo de otros autores e
investigadores, hemos dado los respectivos créditos”.*

Lina y Marlon.

Agradecimientos, Lina...

A Él y a mis Ángeles.

A mi Padre y Madre por su amor, cariño y apoyo incondicional en este proceso académico.

A mis hermanos Mauricio y Luisa por su amor y amistad.

A Marlon Camilo, por decirme: “Me gustaría trabajar con Lina” en el trabajo de Grado de la Especialización y la Maestría y asumir este reto, por su paciencia y constancia para elaborar este trabajo de grado.

A los maestros Liliana y Francisco por su paciencia, constancia y fortalecer la construcción de las ideas de este trabajo.

Dedicatoria, Lina...

A ÉL.

Agradecimientos, Marlon...

A todos mis seres amados, ya que ellos son los que mantienen vivo en mi la esperanza de seguir adelante en todo sentido.

A mis profesores de la maestría y pregrado, en especial, la profesora Liliana y el profesor Francisco, por su conocimiento y asesoría constante.

A Lina, por ser una excelente compañera y coautora de este trabajo.

Dedicatoria, Marlon...

Dedico con toda mi alma y corazón este trabajo de grado a mis padres, hermano, esposa e hija, ya que ellos son mi motor de vida, aquellos que siempre me dieron una voz de aliento y a los cuales amo con todo mi ser.

Índice

| | |
|--|-----|
| Introducción | 1 |
| 1. Contexto de Origen..... | 5 |
| 2. Estudio histórico a partir de la perspectiva de recontextualización de saberes | 12 |
| 3. Algunos fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad..... | 20 |
| 3.1 Luz, color y prisma: El fenómeno de la dispersión de la luz blanca..... | 21 |
| 3.2 Observando a través de un prisma: la relación entre el color, la luz y la oscuridad | 30 |
| 3.3 Las sombras de colores: La producción del color a través de la relación luz-oscuridad | 36 |
| 3.4 Pigmentos y Luces: La producción de color por adición y sustracción..... | 40 |
| 3.5 Aspectos del estudio histórico para el diseño de la propuesta de aula..... | 54 |
| 4. Perspectiva fenomenológica en la Enseñanza de las Ciencias..... | 57 |
| 4.1 Acerca de la experiencia y el experimento desde la perspectiva fenomenológica | 60 |
| 4.2 La perspectiva fenomenológica como un recurso en la Enseñanza de las Ciencias | 64 |
| 5. Propuesta de aula: diseño, implementación y sistematización | 67 |
| 5.1 Diseño y desarrollo de los momentos | 67 |
| 5.2 Implementación de la propuesta de aula | 73 |
| 5.2.1 Descripción y primer nivel de análisis de la propuesta de aula | 74 |
| 5.3 Construcción de explicaciones por parte de los estudiantes sobre los fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad..... | 100 |
| 5.3.1 Algunos aspectos necesarios para la descripción del color..... | 100 |
| 5.3.2 El fenómeno de la dispersión de la luz y algunas explicaciones al respecto | 105 |
| 5.3.3 El fenómeno de la producción de color y algunas explicaciones al respecto | 107 |
| 5.4 Consideraciones finales del análisis de la propuesta | 113 |
| 6. Conclusiones..... | 119 |
| 6.1 Acerca de los estudios históricos y su rol en la Enseñanza de las Ciencias | 120 |
| 6.2. Construcción explicaciones de los estudiantes sobre los fenómenos de la dispersión de la luz blanca y la producción de color | 121 |
| 6.3. El rol de las experiencias y de los experimentos en la construcción de explicaciones..... | 122 |
| Referencias..... | 124 |

Índice de ilustraciones

| | |
|--|----|
| Ilustración 1. Prismas y dispersión de la luz blanca, presentada en el libro: Procesos del Saber Física..... | 7 |
| Ilustración 2. Representación de la dispersión de la luz blanca, mediante el prisma de Newton. | 8 |
| Ilustración 3. Producción de color por adición y sustracción, presentada en el libro: Física..... | 8 |
| Ilustración 4. Mezcla aditiva y sustractiva, presentadas en la página web..... | 9 |
| Ilustración 5. Representación de Newton de una de las variaciones del experimento crucial.. | 25 |
| Ilustración 6. Los diferentes círculos PGA, HB, IC, KD, LE, etc., representan a la mancha producida por un “rayo” distinto, de diferente color. En conjunto se obtiene la forma oblonga que vio Newton PT..... | 27 |
| Ilustración 7. Fotografía del arcoíris visto desde la Chorrera, Venecia (Cundinamarca-Colombia) | 28 |
| Ilustración 8. Fotografía de una manzana verde..... | 32 |
| Ilustración 9. Observación que realizó Goethe a través de un prisma, se muestra cómo sobresalen los colores..... | 33 |
| Ilustración 10. Experimento planteado por Goethe, utilizando un prisma..... | 35 |
| Ilustración 11. Interpretación de la descripción del experimento elaborado por Goethe, en dos formas: circular y rectangular y dos fondos: blanco y negro..... | 36 |
| Ilustración 12. Fotografías del experimento de sombras de colores con fuentes de luz amarilla, azul, verde y roja..... | 37 |
| Ilustración 13. Fotografía del experimento elaborado con velas..... | 39 |
| Ilustración 14. Fotografía de un objeto opaco iluminado por fuentes de luz de diferentes colores..... | 39 |
| Ilustración 15. Producción de color mediante el Círculo de Newton..... | 41 |
| Ilustración 16. Círculo cromático elaborado por Goethe..... | 42 |

| | |
|--|-----|
| Ilustración 17. Rueda de Maxwell compuesto por dos partes: un círculo externo con tres colores (verde, azul y rojo) y otro interno (negro y blanco)..... | 43 |
| Ilustración 18. Triángulos de colores con diferentes cantidades..... | 46 |
| Ilustración 19. Triángulo de colores elaborada por Maxwell..... | 47 |
| Ilustración 20. Caja que elaboró Maxwell con el fin de medir los ángulos desde los prismas hasta lo que se proyectaba..... | 48 |
| Ilustración 21. Tabla con el color del espectro visible y la cantidad que ocupa con respecto a la caja..... | 49 |
| Ilustración 22. Curvas de distribución de la luminosidad de cada color..... | 50 |
| Ilustración 23. Fotografías de los experimentos con linternas y un trozo de cartón con un orificio circular, donde apuntan las fuentes de luz con filtros de color (rojo, verde y azul)..... | 53 |
| Ilustración 24. Algunas representaciones por medio de dibujos de los objetos opacos..... | 75 |
| Ilustración 25. Representación de la segunda situación del momento 1. 1(A)..... | 78 |
| Ilustración 26. Representación de la segunda situación del momento 1. 1(B)..... | 78 |
| Ilustración 27. Representación de la segunda situación del momento 1. 1(C)..... | 78 |
| Ilustración 28. Representación de la segunda situación del momento 1. 1(D)..... | 78 |
| Ilustración 29. Algunas fotografías de la situación del momento 2, sesión 1..... | 81 |
| Ilustración 30. Algunas fotografías de la situación del momento 2, sesión 2..... | 84 |
| Ilustración 31. Fotografía del momento 3, situación 1(A)..... | 91 |
| Ilustración 32. Fotografía del momento 3, situación 1 (B). | 91 |
| Ilustración 33. Representación de la segunda situación del momento 1.1(B)..... | 101 |
| Ilustración 34. Representación de un objeto opaco con su sombra..... | 102 |
| Ilustración 35. Representación de la primera situación del momento 2..... | 103 |
| Ilustración 36. Mezcla de sombras de diferente color..... | 112 |

Índice de Tablas

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Algunas referencias que muestran la problemática..... | 7 |
| Tabla 2. Descripción de los momentos de la propuesta de aula..... | 68 |
| Tabla 3. Algunas representaciones y explicaciones del momento 1, sesión 2..... | 78 |
| Tabla 4. Algunas respuestas de las preguntas del momento 2..... | 85 |
| Tabla 5. Los colores de las sombras de la ficha de dominó, observados por los estudiantes, según el color de las fuentes de luz..... | 86 |
| Tabla 6. Algunas fotografías y explicaciones del círculo de Newton elaborado por los estudiantes..... | 91 |
| Tabla 7. Algunas explicaciones de los estudiantes de la sesión 1 y 2..... | 105 |
| Tabla 8. Algunas descripciones del experimento del momento 2..... | 111 |

Índice de Anexos

| | |
|--|-----|
| Anexo A. Algunos pantallazos de las vídeo llamadas de la implementación..... | 127 |
| Anexo B. Discusiones de la video llamada del momento 1-sesión 1..... | 128 |
| Anexo C. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 1-sesión 1..... | 130 |
| Anexo D. Discusiones de la video llamada del momento 1-sesión 2..... | 134 |
| Anexo E. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 1-sesión 2..... | 137 |
| Anexo F. Discusiones de la vídeo llamada del momento 2-sesión 1..... | 140 |
| Anexo G. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 2-sesión 1..... | 145 |
| Anexo H. Discusiones de la vídeo llamada del momento 2-sesión 2..... | 148 |
| Anexo I. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 2-sesión 2..... | 152 |
| Anexo J. Discusiones de la vídeo llamada del momento 3-sesión 1..... | 157 |
| Anexo K. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 3-sesión 1..... | 161 |
| Anexo L. Discusiones de la vídeo llamada del momento 3-sesión 2..... | 170 |
| Anexo M. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 3-sesión 2..... | 173 |
| Anexo N. Discusiones de la vídeo llamada del momento 4-sesión 1..... | 182 |
| Anexo Ñ. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 4-sesión 1..... | 186 |
| Anexo O. Pasos para la elaboración de la sistematización..... | 189 |

Introducción

Este trabajo de grado presenta diferentes aspectos teóricos y metodológicos, los cuales permitieron analizar el proceso de la construcción de las explicaciones que se generaron a través de la ampliación de experiencias y elaboración de experimentos sobre los fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad. Este trabajo surgió gracias a la revisión de libros de texto y páginas web, que frecuentan estudiantes y docentes de secundaria, que describen dichos fenómenos. En estos, se identificó que las explicaciones que se muestran son superficiales y centradas en mostrar las teorías como productos terminados de la ciencia, no se realizan explicaciones amplias y detalladas, especialmente de su contexto histórico y fenomenológico. Por esto, se pretende identificar qué aspectos de este tipo se pueden tener en cuenta para diseñar y sistematizar una propuesta de aula, que aborde dichos fenómenos y que posibilite a los estudiantes construir explicaciones sobre estos.

Principalmente se presentan los aspectos que orientaron el diseño de la propuesta, definidos a partir de la elaboración de un estudio histórico sobre la dispersión de la luz blanca y la producción de color; a partir de la perspectiva de recontextualización de saberes, en especial abordando fuentes primarias y secundarias de algunos personajes a través de la historia como: Newton, Goethe y Maxwell. Además del rol de la experiencia y el experimento a partir de una perspectiva fenomenológica. Entre dichos aspectos, se destacan aquellos que permiten la construcción de explicaciones por medio de la ampliación de las experiencias, como lo son: la relación entre la luz, el objeto y la formación de sombras, la relación entre la luz, el color y el objeto, las mezclas aditivas y sustractivas de color, entre otros.

En el desarrollo de este trabajo se reconoce como un elemento esencial para la Enseñanza de las Ciencias, vincular las experiencias de los estudiantes con los fenómenos abordados. Este vínculo permite que a través de estas experiencias, se logren identificar ideas, que son importantes para la ampliación de su conocimiento; además, establecer relaciones entre lo que se observa y lo que se representa, como una forma de discusión en el aula de clases. Con esto, el estudiante puede organizar y ampliar sus explicaciones que dan cuenta de la experiencia y la comprensión de experimentos, que posibilitan que en el aula se construyan los fenómenos ópticos estudiados en el presente trabajo.

El documento se desarrolla en 6 apartados, en el primero, ***contexto de origen***, se presenta la problemática, que surgió de la revisión de los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) de Física, donde se toma en cuenta el estudio de diferentes fenómenos relacionados con la luz. Por su parte, se retomó el trabajo de grado titulado: “*Algunas explicaciones sobre la reflexión y refracción de la luz desde las experiencias de las estudiantes de grado undécimo*” elaborado en la Especialización en Docencia de las Ciencias para el nivel Básico, por los autores del presente trabajo, donde se acuden a algunas conclusiones, en especial sobre algunas preguntas planteadas allí, sobre la refracción y dispersión de la luz blanca. Asimismo, se acudió a algunos libros y páginas web, que describen estos fenómenos, encontrando una explicación poco detallada, en especial de los fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad, como lo son la dispersión de la luz blanca y la producción de color.

También se plantea la pregunta problema, el objetivo general y los objetivos específicos, los cuales permitieron organizar la construcción y desarrollo de este trabajo de grado. Lo anterior, en concordancia con aspectos metodológicos, como el estudio histórico a partir de la recontextualización de saberes y el desarrollo de experiencias y experimentos desde la perspectiva fenomenológica. Esto con el propósito de incluir dichos fenómenos a las temáticas de física que se abordan en el aula.

En el segundo apartado titulado, ***estudio histórico a partir de la perspectiva de recontextualización de saberes***, se menciona en qué consiste este y cuáles son sus cualidades en la Enseñanza de las Ciencias. Además, de los posibles alcances como recurso metodológico al que puede acudir el docente para derivar aspectos centrales para la comprensión de la constitución de los fenómenos de estudio. Desde esta perspectiva se acude a fuentes primarias y secundarias de diferentes personajes a través de la historia, con el fin de hacer un estudio amplio sobre algunos fenómenos como: la dispersión de la luz blanca y la producción de color. La discusión que se expone lleva a plantear qué se entiende por recontextualización de saberes, mostrando un vínculo importante entre la Enseñanza de las Ciencias y la Historia de las Ciencias. Por último, se muestran las cuatro fases en las que se desarrolló el estudio histórico.

En el tercer apartado titulado, ***fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad***, se hace el estudio histórico principalmente de dos fenómenos: la dispersión de la luz blanca y la producción de color. Fundamentalmente se abordan las ideas de Newton, Goethe y Maxwell,

descritas en sus fuentes primarias tituladas: “*Óptica: o tratado de reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz*”, “*La teoría de los colores*” y “*Sobre la teoría de los colores compuestos y la relación de los colores del espectro*”, respectivamente. También, se retoman algunas ideas de fuentes secundarias, las cuales permitieron hacer una interpretación más detallada de las primarias. Se realizó un análisis detallado sobre algunos aspectos que permitieron el diseño, implementación y análisis de la propuesta de aula. En este trabajo, se destacan algunos aspectos como: la relación entre la luz, el objeto y la formación de sombras, la relación entre la luz, el color y el objeto, entre otros. En este estudio histórico se mencionan diferentes reflexiones propias, preguntas y descripciones sobre algunas experiencias y experimentos que surgieron a partir de los descritos de las fuentes primarias y secundarias.

En el cuarto apartado, ***una perspectiva fenomenológica en la Enseñanza de las Ciencias***, se muestran algunas descripciones en torno al estudio de los fenómenos y su relación con la experiencia y la experimentación, estas permitieron diseñar, implementar y sistematizar la propuesta de aula. Asimismo, se muestra la perspectiva fenomenológica como un recurso en la Enseñanza de las Ciencias, ya que se puede desarrollar en el aula actividades experimentales que aporten a la construcción de explicaciones, donde se puedan generar nuevas preguntas sobre el fenómeno, reconocer las variables y sus relaciones, modificar materiales, entre otros. A partir de esto, se pueden generar nuevos aprendizajes o comprensiones que elaboran los estudiantes y con esto nuevos conocimientos.

El quinto apartado se titula, ***propuesta de aula: experiencias y experimentos sobre el color, la luz y la oscuridad***, este se divide en tres partes, en la primera se presenta el diseño de la propuesta de aula, la cual se implementó con estudiantes de secundaria del colegio Nuestra Señora de Nazareth, este se enfatiza en describir cómo a partir de algunas situaciones de nuestro diario vivir, se pueden organizar una serie de actividades orientadas por los docentes, mostradas detalladamente, su objetivo y los posibles aspectos de discusión que se esperan con el desarrollo de estas. Resaltando que el propósito de la propuesta es que los estudiantes amplíen su conocimiento y generen algunas explicaciones a partir de sus experiencias sobre algunos fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad. Con las actividades que se propusieron en cada momento, se pretendía evidenciar nuevas formas de referirse a estos fenómenos, para establecer el proceso de construcción de las explicaciones sobre la dispersión de la luz blanca y la producción de color.

En la segunda parte se muestra una descripción del desarrollo de las actividades a través de medios electrónicos como una página web, la visualización de vídeos, estos construidos por los docentes (autores de este trabajo de grado); además, algunos aspectos que se destacan en la descripción. Junto con la descripción se realiza un primer análisis donde se muestran diferentes explicaciones y representaciones elaboradas por los estudiantes. En la tercera parte se organizan mediante criterios, los hallazgos que se tienen en cuenta en el análisis detallado de las explicaciones elaboradas por los estudiantes. Por último, se realizan unas reflexiones finales, en estas se encuentra un ejercicio que realizaron los docentes del grupo de investigación de Ciencias, también reflexiones propias sobre el análisis de la implementación y sistematización, enfatizados en las explicaciones elaboradas por los estudiantes y docentes.

Para finalizar, en el sexto apartado, **conclusiones**, se describe las reflexiones realizadas por los docentes alrededor de las explicaciones de los estudiantes sobre la dispersión de la luz blanca y la producción del color, como objeto de estudio en la Enseñanza de las Ciencias y su relación con la ampliación de las experiencias y cómo esto permitió en el espacio escolar propiciar un escenario para que los estudiantes expresaran sus ideas. También, los posibles aspectos que se pueden seguir desarrollando a partir de las situaciones estudiadas en este trabajo, por último, una reflexión sobre la relación entre el docente y estudiante en el aula de Ciencias que puede ser un espacio en el cual se fortalezca y se amplíen sus experiencias y conocimientos.

1. Contexto de Origen

En el ámbito escolar colombiano, en especial en las clases de física, se abordan algunos fenómenos relacionados con la luz, generalmente se estudia la reflexión y refracción de esta. Lo anterior, se ve reflejado por los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) que están presentes en las mallas curriculares, los cuales se tienen en cuenta en las temáticas que abordan los docentes de física en sus clases. Para el caso de los fenómenos relacionados con la luz, se describe que desde básica primaria los estudiantes: “*comprenden la forma en que se propaga la luz a través de diferentes materiales (opacos, transparentes como el aire, translúcidos como el papel y reflectivos como el espejo)*” (DBA, 2016, p.12).

Ahora bien, cuando los estudiantes llegan a los grados de educación media, en la asignatura de Física deben estudiar los fenómenos de la luz de una manera más específica, por ejemplo, las leyes de la reflexión y refracción de la luz. Por tanto, es un hecho que los docentes de Física abordan algunos fenómenos relacionados con la luz, desde los primeros grados de escolaridad, sin embargo ¿Qué se enseña sobre los fenómenos relacionados con la luz?

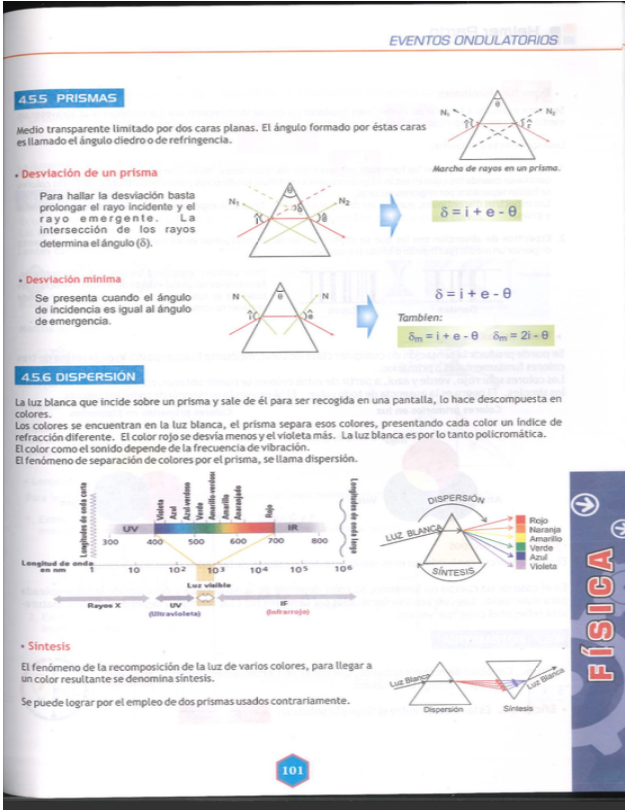
A partir de lo anterior, si realizamos una revisión a libros, artículos o páginas web, que comúnmente son diseñadas como una guía para el docente en sus clases de Física, se encuentran las características de la luz y en ocasiones aplicaciones con espejos y lentes. Esto, con el fin de conocer la trayectoria que sigue la luz; en ambos casos tomando como eje central la óptica geométrica, donde la representación del rayo juega un rol principal, lo cual termina obviando diferentes aspectos importantes, que son necesarios para comprender los fenómenos relacionados con la luz de una manera adecuada, por ejemplo: la propagación esférica de esta, las fuentes primarias y secundarias o la importancia del observador.

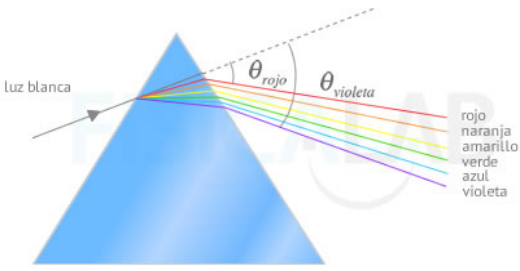
Lo anterior, se sustenta desde el trabajo titulado: “*Algunas explicaciones sobre la reflexión y refracción de la luz desde las experiencias de las estudiantes de grado undécimo*” (Aldana y Hernández, 2020). En este se muestra cómo estudiantes de grado undécimo construyen explicaciones que van mucho más allá de las descripciones tradicionales, como la dirección de propagación de la luz en forma de esfera en expansión, las fuentes de luz primarias y secundarias, la importancia del observador, entre otras. Además, se documenta cómo las estudiantes preguntaban por otros aspectos aún más profundos, como la velocidad de la luz o

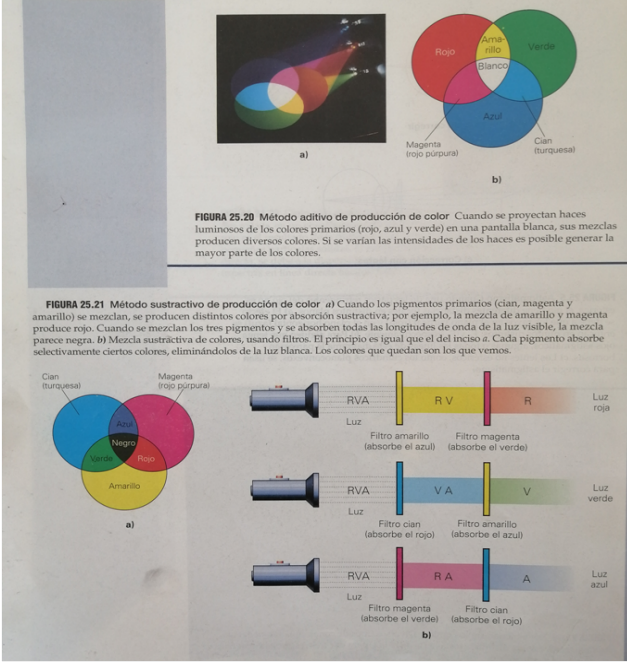
la importancia de variar los experimentos planteados por los docentes para observar si el fenómeno se mantiene inmutable o tiene variaciones. Por esto, se retoman algunas conclusiones de dicho trabajo, donde se dejaron abiertas algunas preguntas de los estudiantes sobre la refracción y dispersión de la luz blanca, las cuales sirven de base para la construcción de este trabajo de grado.

Los resultados de dicho trabajo son pensados como un llamado de atención, no solo a replantearse cómo se presenta una temática en la asignatura de Física, sino también, en cómo los estudiantes pueden organizar y ampliar sus ideas para construir explicaciones propias de los fenómenos abordados en las clases. En el caso específico de este trabajo de grado, y continuando con la idea de conocer qué otras explicaciones pueden generar los estudiantes sobre fenómenos ópticos, se abordarán algunos fenómenos relacionados con el color, en especial la dispersión de la luz blanca y la producción del color por adición y sustracción. Los cuales no son abordados comúnmente en las clases de Física para explicar otros fenómenos en torno a la luz, como la reflexión, refracción y dispersión de la luz blanca.

En tal caso, es imprescindible mencionar que en cursos de Física, no se suele realizar una descripción detallada a los fenómenos relacionados con el color. Por ejemplo, cuando los docentes utilizan algunos libros de texto o páginas web para realizar sus clases, se opta por describir la teoría del color desde la perspectiva de Newton, que como se sabe instauró ideas sólidas al respecto, como: los diferentes grados de refrangibilidad de los rayos de luz de los distintos colores y cómo al unir éstos se forma la luz blanca, entre otros. Estas ideas aún en la actualidad se siguen utilizando y enseñando como se muestra en la Tabla 1.

| Referencia del libro o página web | Imagen | Descripción |
|--|---|--|
| <p>Ardila y Maldonado (2011). Prismas y dispersión de la luz blanca. <i>Procesos del Saber Física</i>. Cali: Helmer Pardo. GRUPO EDUCATIVO</p> |  <p>Imagen 1. Prismas y dispersión de la luz blanca, presentada en el libro: <i>Procesos del Saber Física</i>. Fuente: (Ardila y Maldonado, 2011).</p> | <p>A partir de la revisión de un libro y una página web, se encuentra lo siguiente: primero, no se hace una contextualización histórica sobre el fenómeno de la dispersión de la luz blanca; por ejemplo: no se hace una descripción de cómo se realizó el “<i>Experimento crucial</i>” en el que se usó un prisma.</p> <p>Segundo, la luz se representa mediante una serie de rayos que no son visibles desde la experiencia.</p> <p>Tercero, se hace un llamado de atención en cuanto a la generación de experiencias que vinculen lo que se presenta en el libro, con lo que se pueda observar del fenómeno.</p> <p>Cuarto, no se hace una aclaración de que existe una diferencia entre los distintos ángulos de los rayos de los colores que se dispersan mediante el prisma.</p> <p>Quinto, no se hace alusión a que el prisma es un objeto no</p> |

| | | |
|---|---|---|
| <p>Fernández. (2021). Representación de la dispersión de la luz blanca, mediante el prisma de Newton. <i>Fiscalab</i>. Obtenido de https://www.fiscalab.com/articulo/dispersion-luz.</p> |  <p>Imagen 2: Representación de la dispersión de la luz blanca, mediante el prisma de Newton. Fuente: (Fernández, 2021).</p> | <p>opacó; lo cual es importante para el estudio de la dispersión de la luz blanca.</p> <p>Sexto, hay una discordancia entre la primera imagen que se presenta del prisma, con la segunda; ya que en una el rayo de luz blanca se dispersa a partir del primer cambio de medio (entrando al prisma), pero en la otra esto solo ocurre cuando se da el segundo cambio de medio (saliendo del prisma).</p> |
|---|---|---|

| | | |
|--|---|--|
| <p>Buffa y Lou. (2007). Producción de color por adición y sustracción. <i>Física</i>. México: PEARSON Educación.</p> |  <p>Imagen 3: Producción de color por adición y sustracción, presentada en el libro: Física. Fuente: (Buffa y Lou, 2011).</p> | <p>Por su parte, cuando se revisó este libro y página web, que describe la producción de color, se encuentra lo siguiente:</p> <p>Primero, no se presenta un vínculo entre los métodos de producción de color y algunos fenómenos ópticos, como la dispersión de la luz blanca, que es importante para su comprensión.</p> <p>Segundo, no hay una aclaración, entre los diferentes tipos de colores primarios que existen, es decir, no se toma en cuenta que comúnmente los estudiantes desde sus experiencias previas mencionan a los colores primarios para el caso de la</p> |
|--|---|--|

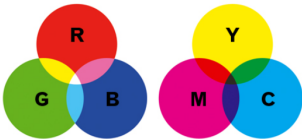
| | | |
|---|---|--|
| <p>Cevagraf (2018). La teoría del color: Mezcla aditiva y mezcla sustractiva. <i>Cevagraf</i>. Obtenido de: https://www.cevagraf.coop/blog/introduccion-a-la-teoria-del-color/</p> | <p>Mezcla aditiva y mezcla sustractiva</p> <p>Una fotografía en color generalmente está compuesta por miles de colores diferentes. Pero cuando se imprime una fotografía en color no pueden utilizarse miles de tintas, ni tampoco se puede presentar una imagen en un monitor utilizando miles de fuentes luminosas. En lugar de ello, debe encontrarse una aproximación a los miles de colores de la foto mezclando los tres colores primarios. En impresión estos colores son: cyan, magenta y amarillo. En pantalla los tres colores primarios son: rojo, verde y azul.</p> <p>En pantalla los tres colores primarios son: rojo, verde y azul.</p> <p>En los monitores, las tres fuentes luminosas -roja, azul y verde- se combinan conjuntamente para producir todos los demás colores. La mezcla de diferentes fuentes luminosas coloreadas se denomina "mezcla aditiva de colores". Este método se utiliza en todos los dispositivos que crean colores a partir de fuentes luminosas, como los monitores, el televisor, etc. En impresión se utilizan tres tintas de diferente color -cyan, magenta y amarillo, además del negro-, para obtener todos los colores. Este proceso de mezcla de tintas se denomina "mezcla sustractiva de colores".</p>  <p>Imagen 4: Mezcla aditiva y sustractiva, presentadas en la página web. Fuente: (Cevagraf, 2018).</p> | <p>luz y los pigmentos como: rojo, amarillo y azul (RYB) y no como rojo, verde y azul (RGB).</p> <p>Tercero, es de aclarar que estas descripciones de la producción del color, suelen estar presentadas brevemente en los libros de texto o páginas web; como en este caso, porque se exponen en la última página del libro, estando desligada del capítulo de óptica.</p> |
|---|---|--|

Tabla 1. *Algunas referencias que muestran la problemática.* Fuente: elaboración propia.

Ahora bien, es importante mencionar que existen otras explicaciones sobre los fenómenos en torno al color que pueden complementar o generar nuevas ideas en los estudiantes. Aquí se puede destacar, por ejemplo, las explicaciones de algunos pensadores a través de la historia como Goethe y su preocupación por algunas descripciones subjetivas del color o Maxwell desde la producción del color por adición y sustracción en pigmentos y luces. Con base en las ideas anteriores, en este trabajo de grado se plantea el estudio de algunos fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad, a partir de las perspectivas de diferentes autores con puntos de vista y problemáticas distintas que hablan acerca de estos, lo cual puede contribuir en la organización y ampliación de las explicaciones que construyen los estudiantes acerca de los fenómenos estudiados.

En el trabajo abordaremos las ideas de Newton, que desde su obra "*Opticks: or, a treatise of the reflexions, refractions, inflexions and colours of light. Also two treatises of the species and magnitude of curvilinear figures*" (Newton, 1704), realiza planteamientos teóricos y experimentales para dar explicaciones al color y su relación con la luz, formalizando el

fenómeno de dispersión de la luz. Por otro lado, se estudian las ideas de Goethe, que pasó gran parte de su vida realizando observaciones desde experiencias comunes y experimentos sencillos sobre el color, estas plasmadas en su libro: *“Zur Farbenlehre”* (Goethe, 1810). Por último, se tiene en cuenta las concepciones de Maxwell, a través de las ideas del ensayo titulado: *“On the Theory of Compound Colours, and the Relations of the Colours of the Spectrum”* (Maxwell, 1860), en especial la producción del color por adición y sustracción, también la importancia de la formalización matemática y geométrica para describir las proporciones y colores que se pueden observar en un espectro o en un círculo cromático.

Por su parte, se exalta en este trabajo, la importancia de la Historia de las Ciencias, en especial el rol de la recontextualización de saberes, en las clases de ciencias como un recurso metodológico, que permite a los docentes indagar, investigar y analizar, entre otras acciones, en torno a un objeto de estudio, por ejemplo, los fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad. Tomando como caso específico, el estudio de los fenómenos de la dispersión de la luz blanca y la producción de color, centrados en las ideas de Newton, Goethe y Maxwell; con el propósito de ampliar la comprensión que se tienen sobre dichos fenómenos y a partir de estas, identificar aspectos necesarios para incluir en acciones alternativas en el aula. Asimismo, se toma como otro eje central la perspectiva fenomenológica en la construcción y desarrollo de experiencias y experimentos. Esto con el fin de promover la generación de explicaciones, en cuanto a los fenómenos estudiados.

Con base en lo descrito hasta el momento, a partir de la elaboración de un estudio histórico desde la recontextualización de saberes y una perspectiva fenomenológica, se plantea la pregunta problema:

¿Qué aspectos se pueden tener en cuenta para diseñar una propuesta de aula que aborde algunos fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad y que posibilite a los estudiantes construir explicaciones sobre estos?

Con base en la pregunta, se plantean los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL

Sistematizar una propuesta de aula diseñada a partir de un estudio histórico desde la recontextualización de saberes y una perspectiva fenomenológica, que permita reconocer la construcción de explicaciones sobre los fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad, elaboradas por los estudiantes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar algunas ideas sobre la dispersión de la luz blanca y la producción de color, a través del estudio histórico desde la recontextualización de saberes, basados principalmente en algunas fuentes primarias de Newton, Goethe y Maxwell.
- Diseñar una propuesta de aula desde una perspectiva fenomenológica para estudiantes de secundaria, sobre los fenómenos de la dispersión de la luz blanca y la producción del color; basada en ideas, experiencias y experimentos de Newton, Goethe, Maxwell y algunos elaborados por los docentes autores de este trabajo.
- Analizar las explicaciones elaboradas por los estudiantes, a partir de la implementación de una propuesta de aula, con el propósito de identificar qué aspectos de los fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad reconocen, describen y explican.

A partir de lo anterior, se pretende plantear una propuesta de aula que se desarrollará con 20 estudiantes de Secundaria del grupo de investigación de Ciencias Naturales del Colegio Nuestra Señora de Nazareth ubicado en la localidad de Bosa, a través de la plataforma virtual Zoom, esto debido a la contingencia sanitaria COVID-19 y a las medidas de bioseguridad del Colegio. Por tanto, es necesario tener en cuenta que los recursos que se utilizaron para el desarrollo de las experiencias y experimentos deben ser de fácil acceso para los estudiantes. Así bien, principalmente se analizarán las explicaciones que construyen los estudiantes mediante representaciones, explicaciones verbales y escritas.

2. Estudio histórico a partir de la perspectiva de recontextualización de saberes

En este apartado se desarrollarán algunas ideas sobre un estudio histórico desde la perspectiva de la recontextualización de saberes. A partir del contexto de origen, se planteó como parte de la problemática que se abordan algunos temas relacionados con el color a partir de uno de los experimentos de Newton el: "*Experimento Crucial*", esto sustentado a partir de la revisión de algunos libros de textos de Física o Ciencias Naturales que usualmente se abordan en el aula.

Por lo anterior, el estudio histórico que se pretende realizar, aborda diferentes aspectos, tanto teóricos como experimentales. Un propósito de este estudio histórico, es que posibilite ampliar lo que ya han planteado los libros de texto, no solamente haciendo referencia a las ideas de algunos personajes a través de la historia, sino también: el contexto académico, las preguntas que se hacían algunos personajes a través de la historia, sobre los fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad, el planteamiento de las experiencias y los experimentos, las modificaciones que le hacían a estos, la forma en que abordaron los fenómenos, sus explicaciones, entre otros.

El estudio histórico para este trabajo, se toma como un aspecto metodológico que permite tener una base para estudiar detalladamente las ideas de algunos pensadores a través de la historia. Asimismo, para encontrar algunas ideas que comúnmente no se suelen tener en cuenta en la enseñanza de algunos fenómenos, sobre el color como las que desarrolló Maxwell. Además, este estudio histórico permite que los docentes tengan diferentes recursos para plantear actividades en sus clases y para este caso diseñar e implementar algunas actividades de la propuesta de aula que se presenta más adelante.

Se realiza este estudio histórico desde la perspectiva de la recontextualización de saberes, porque es una forma de abordar diferentes aspectos detalladamente. Por consiguiente, posibilita que tenga una organización coherente de lo que se plantea y se realiza; y hace posible la vinculación entre la Historia de las Ciencias y la Enseñanza de las Ciencias. Las ideas mencionadas hasta aquí se ampliarán, para mostrar lo que se tuvo en cuenta para la organización y desarrollo de este trabajo de grado.

A la Historia de las Ciencias se le puede asignar diversos roles en la Enseñanza de las Ciencias, los cuales están vinculados generalmente con diferentes aspectos, por ejemplo: la motivación para el aprendizaje de las ciencias y la vinculación de experiencias que tienen los docentes y

estudiantes. Es decir que, vinculando la Historia de las Ciencias a los temas que se abordan en la Enseñanza de las mismas, se puede generar una metodología que posibilite que los estudiantes amplíen sus ideas sobre lo que conocen de los fenómenos que estudian.

Un criterio que se tiene en cuenta para la introducción de la Historia de las Ciencias en la enseñanza, es la imagen de ciencia que se desarrolla a partir del contexto del sujeto. Es decir, las perspectivas de comprensión de la ciencia se pueden agrupar en distintas formas, para posteriormente entender la vinculación que se tiene en la interpretación de la Historia de las Ciencias en el aula y cómo los docentes y estudiantes la desarrollan en sus clases. Por esto, la perspectiva de cómo se concibe la ciencia, implica en cierta medida una forma de conocer su historia; si esta última se sigue considerando como producto de la actividad de los científicos o si se podría tomar como una perspectiva metodológica, que permite estudiar los fenómenos y las ideas que ellos plantearon, para involucrar otros procesos, como: modificar experimentos, replantear algunas ideas, ejemplificar con situaciones de la vida cotidiana, entre otros. Con esto, se puede tener otra perspectiva de trabajo y llevar la Historia de las Ciencias a un contexto educativo como el aula.

Tradicionalmente la historia de las ciencias es presentada como una serie de momentos interesantes que solo reflejan algunos datos de la vida, algunas de sus posturas frente al análisis de teorías y algunas explicaciones de diversos fenómenos. Esto pone de manifiesto, la necesidad de involucrar la Historia de las Ciencias como un aspecto que no tiene ninguna intención metodológica o reflexiva y tampoco se utiliza como un recurso de aprendizaje, en donde lo importante es simplemente caracterizar la vida del científico, ubicándolo en una cultura y en un periodo de la historia (Hernández, 2021). En contraste con lo mencionado, comprender la Historia de las Ciencias es reconocerla como una actividad que establece problemas de conocimiento, configura fenómenos y estructura explicaciones; un estudio histórico que relaciona diversos aspectos como lo afirma Garay (2011):

Un estudio de la Historia de la Ciencia desde un enfoque definido, pero ni único ni fijo, desde los personajes, los instrumentos, los métodos o los textos como un proceso de reconstrucción cultural del saber científico, permite reelaborar la visión de ciencia y de la naturaleza de esta. Esto es mostrar la ciencia como una construcción no ajena a lo cotidiano que interactúa constantemente con ésta, en un proceso dinámico y cíclico, en el sentido de que parte de una u otra y retorna, con modificaciones, reestructuraciones

o nuevas demandas y necesidades. Proceso realizado por seres humanos, con habilidades, procesos, aptitudes y actitudes que les posibilitaron construir, reconstruir, formular o proponer posibles formas de ver, explicar y entender el mundo (p.54).

En la afirmación anterior, se destaca el valor de la historia de las ciencias en la enseñanza, entendida como un espacio de conocimiento que permite investigar, analizar, reflexionar, comprender, contextualizar y recontextualizar los problemas, los fenómenos y los productos científicos, que fundamenta el centro de este estudio histórico, para este caso a partir de la perspectiva de la recontextualización de saberes.

Una problemática que surge del uso de algunos recursos como los libros de texto comúnmente usados en el aula por el docente y los estudiantes, es la omisión que hacen estos de la Historia de la Ciencia. En estos libros, muchas veces solo se menciona una pequeña parte del contexto de origen de los saberes científicos, que se trataron en una época determinada. Por ejemplo, se nombra la biografía de los científicos solo se abarca una pequeña parte, con el fin de conceptualizar únicamente los productos de las ciencias, para luego reducirlo a una definición y a una ecuación, lo cual se espera que los estudiantes aprendan (Orozco, 2005). Tampoco se acude a fuentes primarias¹, que permiten mostrar una forma contextualizada de interpretar las grandes teorías e ideas sobre los fenómenos como es el caso de los que están relacionados con el color, la luz y la oscuridad.

Lo anterior, se justifica porque en la enseñanza de las ciencias el conocimiento científico es presentado a los estudiantes como una serie de contenidos relacionados con los productos de la ciencia, muchas veces secuenciales y lineales (Ayala, 2006). Por lo general, estos no están vinculados con el reconocimiento y el estudio de cómo se originaron los saberes científicos, tampoco con los procesos históricos de producción. Además, la enseñanza habitual sigue priorizando la reproducción de contenidos, en los que no hay una relación con la experiencia de los estudiantes. Esto se mostró en el contexto de origen, en especial con el uso de los libros de texto y lo poco que se enseña a partir del manejo de estos.

Con base en lo anterior, los contextos de producción científica y difusión, están directamente vinculados y parte de ese contexto de difusión se encuentra en la Enseñanza de las Ciencias, por ejemplo la difusión de las academias científicas como: “*The Royal Society*”. Por esto, es

¹ Las fuentes primarias hacen referencia a las fuentes documentales consideradas como material que provienen de algún pensador en relación a algún fenómeno o suceso que puede ser de interés para un investigador.

importante que *“En todos los niveles del sistema educativo, conocimientos que fueron elaborados originalmente en el seno de comunidades científicas especializadas lo deben conocer los estudiantes”* (Granés y Caicedo, 1997, p. 2).

Esto implica que no se debe llevar al aula de la misma forma en que fueron elaborados los productos de la ciencia. Es decir, los docentes deben realizar una serie de adecuaciones y modificaciones para adaptarlos al contexto al que se piensa y se quiere llevar. Para este trabajo de grado, no se pretende abordar las mismas experiencias y experimentos de algunos personajes a través de la historia que publicaron sus ideas en academias científicas, sino se plantearon actividades a partir del estudio histórico, las cuales fueron adecuadas al contexto y a los recursos que se tenían. Por esto, el proceso de diseño e implementación de algunas actividades intencionadas a partir de un estudio histórico es lo que Granés y Caicedo (1997) nombran como recontextualización: *“Recontextualizar quiere decir situar, insertar, articular un conocimiento, de manera significativa, en un nuevo contexto. Este cambio de localización implica procesos regulados de selección, de jerarquización y de transformación de los conocimientos”* (p. 3).

Es necesario que en la Enseñanza de las Ciencias, en especial de la Física, se vinculen recursos históricos, que posibiliten la recontextualización de saberes científicos, ya que esta permite a los docentes ampliar su perspectiva sobre Enseñanza de las Ciencias, especialmente el cómo se aborda el estudio de los fenómenos, haciendo un análisis detallado. También priorizando la comprensión y la reflexión en torno a los fenómenos de estudio, fundamentándose en las problemáticas y consideraciones que dieron paso a la conceptualización generada en los descubrimientos de la ciencia, relacionándolos a su vez con las experiencias que tienen cotidianamente, por ejemplo, el observar un objeto.

Ahora bien, específicamente la recontextualización de saberes, se entiende como una actividad que realiza el investigador, en este caso el docente, según sus intereses y conocimientos. Además, es un diálogo con los autores en busca de elementos para el planteamiento de un problema o una hipótesis, también la solución de los mismos y la construcción de argumentos para abordar el conocimiento de fenómenos. Por esto, los procesos de recontextualización le dan al docente herramientas en su labor, ya que estos, aumentan su conocimiento y alimentan sus procesos de enseñanza, en especial, la Enseñanza de las Ciencias, como lo describe Ayala (2006):

La recontextualización de saberes es una actividad constructiva y dialógica, en busca de elementos para la solución de un problema o la construcción de una imagen de una clase de fenómenos, que dependen inevitablemente de los intereses, conocimiento y experiencia de quienes la realizan (p.28).

De la misma manera, se amplía la idea anterior, entendiendo que un análisis histórico desde la perspectiva de la recontextualización de saberes:

Posibilita los procesos de significación y construcción de sentidos, cuyas fuentes se encuentran tanto en los planteamientos que los científicos han desarrollado en torno a las problemáticas y fenómenos que llevaron a la construcción de conceptos, y leyes que estructuran las teorías científicas, como en las elaboraciones de aquellos que se encuentran inmersos en la formulación de problemas, construcción de fenómenos, y estructuración de explicaciones (Castillo, 2008, p.2).

Cuando se plantea la recontextualización de saberes, para algún propósito en la Enseñanza de las Ciencias, se acude en primera instancia a las fuentes primarias, con el fin de estudiar algunas problemáticas acerca de algún fenómeno. Al leer y analizar las fuentes primarias se ubica cuáles fueron los problemas y fenómenos que abordaron los científicos, particularmente en este trabajo, los que abordaron Newton, Goethe y Maxwell, en torno a los fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad. En segunda instancia, se acude a las fuentes secundarias, estas son las que otros autores hacen con respecto al estudio de las fuentes primarias. En tal caso, se amplían, se ejemplifican y se describen las ideas de manera detallada y comprensible. En algunos casos, por ejemplo, agregan otras experiencias y experimentos, además muestran su punto de vista sobre lo que trabajó el científico.

Al realizar este estudio histórico cuando se abordan las fuentes primarias y secundarias, permite que los docentes tengan una perspectiva más amplia sobre los fenómenos que quieren estudiar. Las fuentes secundarias ayudan a la comprensión de lo que se lee, se interpreta y se analiza de las fuentes primarias, también aporta otros aspectos que pueden ayudar a configurar unas ideas más amplias y para un contexto particular de los fenómenos de estudio.

A partir de la comprensión de las ideas de algunos pensadores a través de la historia, surge un proceso de entablar un diálogo de saberes con ellos (Ayala, 2006), respecto al estudio que se hace de las fuentes primarias, el análisis de estas, las preguntas que surgen, el replanteamiento de experiencias y experimentos, entre otras. Para este caso, esto permitió complementar

algunas ideas sobre los fenómenos, en especial los que están en torno al color, buscando un estudio más profundo. En este trabajo se ha planteado principalmente el estudio de diferentes fenómenos relacionados con el color como: dispersión de la luz blanca y la producción de color por adición y sustracción. Es aquí cuando se toma la historia de la ciencia como un recurso, porque a partir de las ideas de los pensadores a través de la historia, es posible para el maestro diseñar e implementar experiencias y experimentos y llevarlos al aula con el propósito de que los estudiantes generen explicaciones y tengan una mayor comprensión de lo que están estudiando.

Para este caso, en el estudio histórico se describirán y analizarán algunas ideas de pensadores a través de la historia: Newton, Maxwell y Goethe, para mostrar un estudio histórico desde la perspectiva de la recontextualización de saberes de algunos fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad. Ellos realizaron diferentes experiencias y experimentos que les permitieron hacer un proceso de organización para estructurar y caracterizar sus ideas. Este estudio histórico se desarrolló en cuatro fases, como se muestra a continuación:

Fase I: Indagación. Consistió en la revisión de algunas fuentes primarias, estas son:

- Newton (1704): *“Opticks: or, a treatise of the reflexions, refractions, inflexions and colours of light. Also, two treatises of the species and magnitude of curvilinear figures”* u *“Óptica: o tratado de reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz”*
- Goethe (1810): *“Zur Farbenlehre”* o *“La teoría de los colores”*.
- Maxwell (1860): *“On the Theory of Compound Colours, and the Relations of the Colours of the Spectrum”* o *“Sobre la teoría de los colores compuestos y las relaciones de los colores del espectro”*.

También se realizó una revisión a fuentes secundarias como las de:

- Granés y Caicedo (1998): *“La teoría de Newton sobre la óptica de los colores y el debate con el empirismo científico”*.
- Shapiro (2007): *“La Filosofía Experimental de Newton”*.
- Calvo (2014): *“Cuatro aproximaciones a la teoría de los colores de Johann Wolfgang von Goethe”*.
- Boëtius (2015): *“La luz, la oscuridad y los colores; La teoría del color de Goethe”*

- Saballed (2013): “*La síntesis electromagnética; Maxwell-Magnetismo de Alto Voltaje*”.

Después se seleccionaron algunas ideas, las cuales involucran el estudio de fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad, por ejemplo: “*El experimento crucial*”, la idea de cómo se originan los colores, la dispersión de la luz blanca, la relación entre color, luz y oscuridad, la producción del color, entre otras.

Fase II: Interpretación: comprendió el análisis de algunas publicaciones de Newton, Goethe y Maxwell. También se vincularon los escritos de las fuentes secundarias, que permitieron mostrar más aspectos del contexto de la época como: las preguntas y problemáticas abordadas, las discusiones entre algunos personajes, por ejemplo: entre Hooke y Newton, la interpretación de algunas experiencias y experimentos, entre otros. En esta fase también se replicaron algunos experimentos publicados en las fuentes primarias, en algunos casos con diferentes materiales, con el fin de comprender mejor los fenómenos de estudio.

FASE III: Análisis y discusión: se realizó el análisis de las contribuciones de Newton, Goethe y Maxwell. En particular, se destacó el debate que se generó en la época, entre Hooke y Newton, además, las contribuciones que realizaron Goethe y Maxwell, con respecto a las explicaciones de algunas experiencias y experimentos que caracterizaban a los fenómenos, particularmente, los relacionados con el color, la luz y la oscuridad. En esta fase también se presentan algunas interrogantes, experiencias y experimentos propios, los cuales ayudaron a analizar las ideas de los fenómenos abordados por los personajes a través de la historia y responder las preguntas que se plantearon.

Fase IV: Diseño, implementación y sistematización de la propuesta de aula: se centró en la elaboración de la propuesta de aula como un recurso para la enseñanza de los fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad. Principalmente, se diseñaron diferentes experiencias y experimentos y se les dio una organización en cuatro momentos. Es importante mencionar que el estudio histórico permitió realizar la sistematización en el sentido de interpretación de algunas explicaciones que elaboraron los estudiantes, tanto verbales como escritas. Además, de presentarles en la actividad final, algunas de las ideas de los autores y ponerlas junto a las suyas, para que relacionarán estas y tuvieran unas explicaciones más amplias de los fenómenos que estudiaron.

Es importante también resaltar, que al realizar este estudio histórico, los docentes pueden tomar el rol de historiadores de la Ciencia y a partir de esto, se evidencia en primera instancia que la Historia de las Ciencias hace parte de la Enseñanza de las Ciencias. Mostrando qué imagen de ciencia y de Historia de las Ciencias se tiene en el aula y cómo se puede tener en cuenta para que los estudiantes puedan comprender los fenómenos de estudio que se estén abordando. Además, como los docentes plantean, desarrollan y retroalimentan las actividades en sus clases, tomando en cuenta aspectos históricos.

En términos generales, es importante implementar los estudios históricos en la enseñanza de la Física, a partir de la perspectiva de la recontextualización de saberes, porque estos generan en los docentes y estudiantes una mirada distinta del estudio de los fenómenos, en este caso los relacionados con el color, la luz y la oscuridad. Además, crean una transformación de los contenidos curriculares, ya que en la academia no se aborda la historia de la consolidación de las teorías de la Física (Hernández, 2021). Tomando esto no como un único recurso, sino como una posibilidad u opción de comprender los fenómenos ampliamente, identificando los aspectos que están relacionados y las formas de explicar algunas experiencias que hacen parte del entorno de la vida cotidiana.

3. Algunos fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad

Como se mencionó en el contexto de origen, una problemática que se evidenció en la enseñanza de la Física, es que comúnmente solo se toman las ideas de Newton para explicar los fenómenos relacionados con el color, esto se refleja en los libros de texto utilizados por docentes y estudiantes en el aula. Así bien, no se logra conocer otras perspectivas acerca de dichos fenómenos que podrían complementar su comprensión. Por consiguiente, es necesario abordar otras fuentes que contribuyan a la generación de explicaciones por parte de docentes y estudiantes, con el fin de enriquecer los procesos de enseñanza-aprendizaje de las Ciencias.

Diferentes autores a través de la historia han elaborado explicaciones acerca de la luz y en especial sobre la reflexión o refracción de ésta, como Euclides, Alhazen y Kepler, solo por mencionar algunos. Sin embargo, no es posible encontrar en sus explicaciones, aspectos que hagan referencia a la relación de la luz con los colores, que constantemente sorprenden y maravillan a las personas, no solo por su especial belleza, sino también por su percepción abstracta.

Por esto, el color ha generado interés en las personas y en especial en algunos pensadores a través de la historia, que han intentado explicarlo desde la ciencia o el arte. Ellos han descrito múltiples y diferentes teorías relacionadas con el color, como: las objetivas o subjetivas, también con modelos corpusculares y ondulatorios, entre otros; mediante experiencias y experimentos que se especializan en intentar explicar, diferentes aspectos sobre el color: su origen, la interacción con los objetos, entre otros. Por tanto, en este trabajo se tendrá en cuenta algunos de esos pensadores a través de la historia.

El estudio histórico desde la perspectiva de la recontextualización de saberes, inicia con el matemático, teólogo, alquimista e inventor Isaac Newton (1643-1727), quién se centró en describir qué ocurre cuando la luz blanca incide a través de un prisma y explicar con esto la dispersión de los colores. Se continúa, con un personaje no tan reconocido, en el ámbito científico, pero en todo caso un genio de la observación, el dramaturgo, novelista, poeta y naturalista alemán Johann Goethe (1749-1832), quien se preguntó por el origen de los colores, encontrando la relación claro-oscuro y ampliando las ideas descritas por Newton, agregando así los colores fronterizos. Por último, se retoman las ideas del científico James Clerk Maxwell

(1831-1879), quien se interesó por realizar una formalización matemática de lo que concibe por color, a través de la geometría y algunos cálculos, esto con el fin de explicar la producción de los colores por adición y sustracción.

Newton, Goethe y Maxwell toman como punto de partida el “*Experimento crucial*”² para realizar sus respectivas descripciones y explicaciones. Lo interesante e importante es que cada uno se hace diferentes preguntas y aborda los fenómenos de distintas formas, por ejemplo, haciendo cambio de variables (lugar, ubicación, cantidad de objetos (prismas), entre otros). Por tanto, el estudio de sus ideas podría promover que los docentes y estudiantes amplíen sus descripciones y conclusiones acerca de los fenómenos relacionados con el color, mediante experiencias y experimentos que posibiliten la generación de explicaciones propias.

3.1 Luz, color y prisma: El fenómeno de la dispersión de la luz blanca

Este apartado se centra en describir y explicar algunas ideas en torno al fenómeno de la dispersión de los colores de luz. Inicialmente se realizó un estudio histórico sobre algunos trabajos de Newton relacionados con su teoría del color y algunas interpretaciones de otros autores al respecto. Bajo esta perspectiva, se describe la problemática caracterizada por Newton sobre la dispersión y se enuncia cómo llegó a identificar los diferentes grados de refrangibilidad que tienen los rayos de luz blanca al cruzar por un prisma y cuya consecuencia es la producción de otros colores. Finalmente, se presenta una interpretación propia a partir del diálogo de saberes, con el fin de sintetizar el fenómeno de estudio.

La época de Newton se caracterizó por la gran revolución científica que se dio, en cuanto a los diferentes avances que se iban estructurando y que por supuesto, no eran ajenos a las explicaciones de la luz y el color. En tal caso, diferentes personajes hablaban de fenómenos relacionados con esto, ideas que se estaban estructurando desde siglos antes. No obstante, aún no se instauraba una explicación lo bastante sólida al respecto, que fuera contundente y apoyada por la comunidad científica, o por lo menos por la mayoría de ellos.

² Se entiende como experimento crucial, como un experimento contundente que refleja si una hipótesis o una teoría en particular es lo suficientemente sólida para que la comunidad científica en general la acepte como válida. En este caso el experimento crucial es el realizado por Isacc Newton en 1664 con luz blanca y prismas con el fin de estudiar la dispersión de los colores de luz.

Un ejemplo de estas teorías es la de Robert Hooke (1635-1703), un crítico constante a las ideas de Newton, que había realizado experimentos con prismas en los cuales exponía interacciones mecánicas que de alguna forma afectan la luz blanca, (considerada como un pulso simple), hasta el surgimiento de los colores. Para estudiosos de sus trabajos como Granés (1998) afirman que Hooke, no solo no explicaba cómo entender dichos pulsos, sino que su teoría tampoco era lo suficientemente sólida para considerarse como cierta. Sin embargo, sus trabajos sobre la luz son base importante en la comprensión de los medios elásticos y con esto, la mirada ondulatoria de la luz.

El ejemplo anterior, solo es uno de los muchos casos en los que se exponían ideas inconclusas, donde no se realizaba una explicación detallada para entender la relación de la luz, el color y los medios no opacos, pero, entonces ¿Cuál era el problema que no permitía la construcción de una teoría sólida al respecto? Es bien conocido que los científicos de la época apuntaban a responder a la pregunta ¿Por qué se producen colores cuando un haz de luz blanca pasa por un prisma? Lo que los llevaba a plantearse una serie de experiencias y experimentos, para generar explicaciones e intentar responder esta interrogante, pero no eran lo suficientemente claros para instaurar una teoría al respecto.

En contraste con lo anterior, Newton tenía una perspectiva de experimento, en la cual se tiene en cuenta ampliamente la relación entre teoría y experimentación, ya que plantea una serie de hipótesis que luego contrasta con sus mediciones y con las cuales obtiene un resultado que organiza matemáticamente en relación a las leyes de la refracción, lo que sustenta las ideas que iba configurando acerca del color. Lo que va en concordancia con su "*Filosofía Experimental*" cuyo oficio es descrito por Shapiro (2007) citando a Newton:

Es el oficio de la filosofía experimental enseñar las causas de las cosas más allá de lo que puede probarse por experimentos. En esta filosofía las hipótesis no tienen lugar, a menos como conjeturas o cuestiones propuestas para ser examinados por experimentos (p. 130).

Por tanto, Newton ve la necesidad de plantear hipótesis no solo con soportes experimentales sólidos, sino que también se constituyan de alguna forma en principios científicos demostrativos. Esto sustentado desde sus propias *Lecturas Ópticas* de 1670, donde presenta su nueva teoría del color, por lo que retomando a Shapiro (2007) citando a Newton describe:

La generación de los colores incluye geometría y la comprensión de los colores, está apoyada en tanta evidencia, que por su bien puede entonces intentar extender un poco los límites de las matemáticas, así como la astronomía, la geografía, la navegación, la óptica, y la mecánica se consideran verdaderamente ciencias matemáticas incluso aunque traten con cosas físicas. [...] de este modo, aunque los colores pueden pertenecer a la física, su ciencia debe considerarse, no obstante, matemática, en la medida en que se tratan por medio del razonamiento matemático (p.142).

En consecuencia, se identifica la importancia de las matemáticas para Newton y por supuesto, se hace hincapié en su interés por estructurar su teoría del color desde bases demostrativas y matemáticas del color, como él mismo lo nombró. Es así, como termina alejándose de las ideas de sus contemporáneos sobre la luz y el color. Él quería describir lo que observaba en los experimentos con prismas, y cómo se podría comprobar su relación fiel a las leyes de la refracción. Describe inconsistencias en las diferentes hipótesis establecidas hasta el momento, y se centra en mostrar que dichas dificultades radican en el hecho de que éstas no ofrecían la posibilidad de una contrastación empírica. Por tanto, inició su investigación y pretendió responder mejor el asunto sobre la forma en que se dispersaron los colores y no del porqué de los mismos (Ospina, Tobón y Marín, 2010).

Siguiendo esta nueva problemática, es entonces cuando Newton, plantea una serie de experimentos, descritos en un primer momento, mediante una carta dirigida a la *Royal Society*³, en esta explica una nueva teoría de los colores, en la cual, la luz se comienza a abordar como una serie de rayos descritos con diferentes colores, algunos más refrangibles que otros, es decir, cada color de rayo de luz tiende a tener una dirección diferente cuando son refractados. Además, realiza una afirmación, en esta describe cómo los colores no son producidos por la refracción de la luz en objetos no opacos, sino que se instauran como propiedades de los rayos que componen el haz de luz.

En su carta, Newton describe el experimento que realizó en una habitación oscura, con un haz de luz que cuidadosamente cruza por un orificio de la habitación y llega hasta un prisma,

³ Esta carta fue escrita en 1664 por Isaac Newton, dirigida a la Royal Society, en esta se explican las ideas y conclusiones principales del experimento crucial, a través de este se explica el fenómeno de la dispersión de la luz blanca, sustentada desde los diferentes grados de refrangibilidad de los rayos luminosos de colores.

refractándose y proyectándose en una pantalla, y así formando una imagen de colores. Con esto, él describe lo siguiente:

Al comienzo constituye una diversión muy placentera el observar los vividos e intensos colores así producidos; pero después de un rato, aplicándome en considerarlos de manera más circunspecta, me sorprendí de verlos de manera oblonga, forma que esperé que fuera circular, por la ley de la refracción (Newton, 2001, p.125).

Este hecho, desencadenó que Newton se cuestionara por los diferentes aspectos que podrían influir en dicha forma. Para esto, tuvo en cuenta el grosor del vidrio, el tamaño del agujero por donde cruzaba la luz e incluso la incidencia directa de la luz con el prisma antes de pasar por dicho orificio. No obstante, no se identificaban cambios y por el contrario el aspecto de los colores era siempre el mismo.

Dado esto, Newton utilizó dos prismas, con los cuales los rayos tuvieran una doble refracción, sin embargo, *“El resultado fue que la luz, que había sido difundida por el primer prisma en forma oblonga fue reducida por el segundo a una forma orbicular con tanta regularidad como cuando no pasaba a través de ninguno de ellos”* (Newton, 1704, p.125). Es decir, cuando él refracta de nuevo la imagen de luz de colores con forma oblonga, entendiendo que hizo el experimento a la inversa, encontró que otra vez se formó la luz en la pantalla, como se observaba antes de ser refractada por alguno de los dos prismas. Por lo que sea cual fuera la razón del alargamiento, no era ninguna irregularidad contingente, esto significa que tenía que estar relacionado con la naturaleza de la luz.

Estos resultados, hicieron surgir en Newton sospechas acerca de que los rayos al cruzar por el prisma tendían a moverse en líneas curvas, por lo que finalmente terminan incidiendo en diferentes posiciones de la pantalla. Esto pensado en la idea de la luz entendida como corpúsculo, comportándose de la misma forma como una pelota de tenis que al ser golpeada, en ocasiones, suele tener una trayectoria curva. Pero, estas sospechas fueron desechadas cuando él no observó en los rayos de luz dicha curvatura. Además, notó que la diferencia entre la longitud de la imagen y el diámetro del orificio donde la luz cruzaba era proporcional a la distancia del prisma a la pantalla.

Finalmente, la eliminación de todas las sospechas y variantes que Newton había planteado, permitieron estructurar el planteamiento de lo que el mundo conocería como “*Experimentum Crucis*” o “*Experimento Crucial*” (ver Imagen 5), el cual es descrito por Newton y reinterpretado por Sautoy (2020) de la siguiente manera:

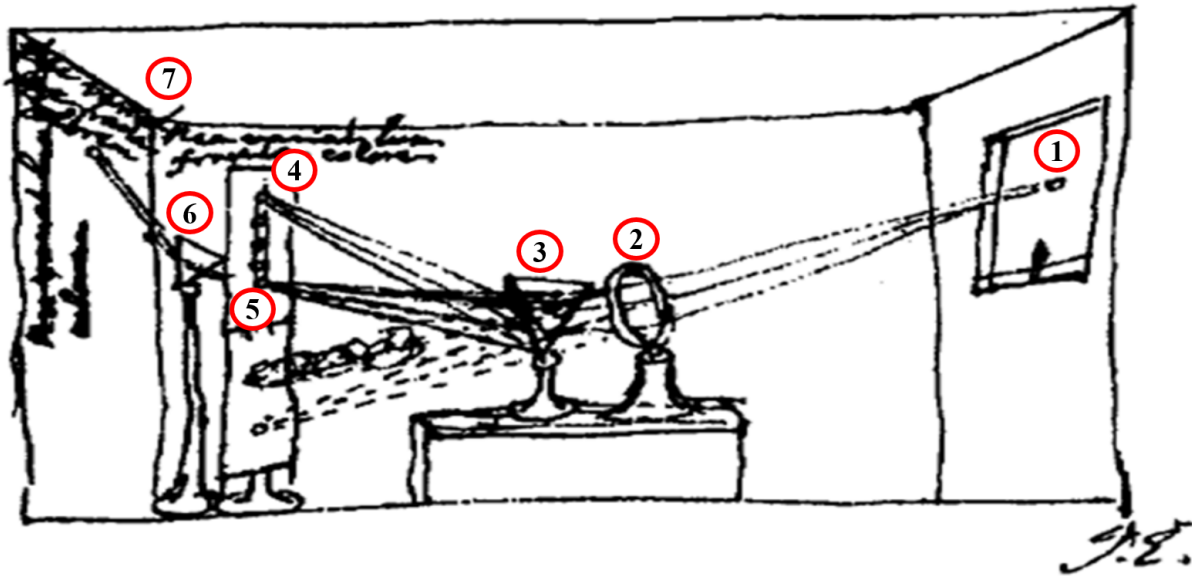


Imagen 5. Representación de Newton de una de las variaciones del *Experimento crucial*.

Tomado y modificado de: (Barros, Pena y Gomes, 2017, p. 329).

En una habitación oscura, Newton nos muestra cómo una fuente de luz pasa por un pequeño orificio que le llamó obturador (1) hasta ser enfocada por una lente (2) y atraviesa un prisma que está sobre una mesa (3). Al pasar esto, la luz blanca se divide o se refracta hasta chocar con una pantalla que cuidadosamente Newton puso en la parte posterior (4), es allí donde se muestra el espectro de luz, (donde se describen diferentes colores que no necesariamente son siete, sino también cinco o seis, dependiendo de la repetición y condiciones de su experimento), y el cual tiene una forma oblonga, diferente a lo esperado, ya que se creía que debía formarse una circunferencia (Sautoy, 2020).

A partir de lo anterior, Newton esperaba que se formará una mancha con forma circular, que cumpliera con la ley de la refracción de la luz, porque la imagen proyectada en la pantalla, debía tener la forma de la fuente de luz principal que era el sol. Sin embargo, esto no ocurrió, sino que se formó una mancha con forma oblonga que en un primer momento pareciera no cumplir con la ley.

Hasta ese momento, se decía que el prisma era el que producía los colores, por lo que Newton ideó una segunda parte del experimento. En la Imagen 5 se muestra que en la pantalla hay otro pequeño agujero (5) donde se elige uno de los colores refractados y lo dirige a un segundo prisma (6). La luz seleccionada al cruzar vuelve a refractarse, sin embargo, no cambia su color, es decir que, si se eligió el rojo, se mantendrá este mismo. Esto, llevó a Newton a descubrir, por consiguiente, una nueva ley fundamental de la naturaleza, la cual describió en latín (7) “*Nec variat lux fracta colorem*” o en español, “*La luz refractada no cambia de color*” (Sautoy, 2020).

Newton tomó en cuenta factores adicionales, como se mencionó en algunas preguntas: ¿No sería posible, por ejemplo, atribuir la forma oblonga del espectro al tamaño infinito y no puntual del sol que en el experimento hace las veces de la luz blanca? ¿Es posible atribuir el efecto irregular a aspectos imperceptibles en el prisma? Bajo estas premisas, concluye que dicho “*alargamiento*” del espectro es inherente a la esencia misma del fenómeno (Granés, 1998).

Por lo anterior, él tiene en cuenta que la luz blanca ya no se puede considerar como una entidad simple, sino que contrario a esto, está compuesta por diversos rayos, que al refractarse toman diferentes direcciones (grados de refrangibilidad) y que por ende dichas disimilitudes ocasionan que cada rayo de luz tenga un color en específico. En tal caso, cada color tiene un ángulo de refracción diferente y por tanto, distinta posición al momento de plasmarse en la pantalla, formando así varios círculos que componen la imagen oblonga que describe Newton y que está en concordancia con la ley de la refracción (ver imagen 6). Esta idea es un eje fundamental para el estudio del fenómeno de la dispersión de la luz, porque permite tener una base teórica-experimental que sustenta lo observado y su interpretación.

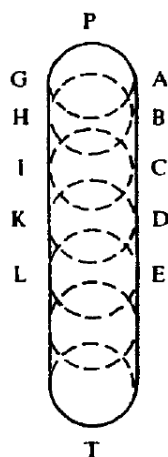


Imagen 6. Los diferentes círculos PGA, HB, IC, KD, LE, etc., representan a la mancha producida por un “rayo” distinto, de diferente color. En conjunto se obtiene la forma oblonga que vio Newton PT. Tomado y modificado de: (Granés, 1998, p.24).

Cabe mencionar que en cuanto al Experimento Crucial, Newton realizó otra variación descrita a continuación:

Hecho esto, tome el primer prisma en mi mano y lo hice girar en un movimiento de va y viene alrededor de su eje, para que todas las partes de la imagen enviadas sobre la segunda pared (pantalla), pasarán sucesivamente por el orificio practicado en ella, de tal forma que pudiese observar los lugares sobre la pared en los cuales el segundo prisma las refracta. Y observé, por la variación de esos lugares, que la luz que tendía hacia un extremo de la imagen, hacia la cual la refracción del primer prisma tenía lugar, sufría una refracción en el segundo prisma considerablemente mayor que la luz tendiendo al otro extremo. Y se detectó que la verdadera causa de la longitud de aquella imagen no era otra que ésta, a saber, que la luz consiste en *rayos diferentemente refrangibles* los cuales, sin relación alguna a diferencias en su incidencia, eran transmitidos hacia partes diferentes de la pared según sus grados de refrangibilidad (Newton, 2001, p.127).

A partir de esto, también se pueden vincular tres aspectos principales del fenómeno de la dispersión, como: la luz blanca, el objeto no opaco y la producción del color. Por esta razón, es posible comprender algunos fenómenos naturales, como la formación del arcoíris, que Newton se pregunta y explica de la siguiente manera:

¿Por qué los colores del arcoíris aparecen en las gotas de lluvia? Se hace evidente que las gotas que refractan los rayos que poseen la disposición del color púrpura en mayor cantidad hacia el observador, refractan los rayos de otras clases mucho menos, de tal manera que desaparecen al lado de los primeros. Tales son las gotas en la parte interior del arco primario y en la parte exterior del secundario. De la misma manera pasa con el color rojo, cambiando solamente la manera en que se ubican en la parte exterior del arco primario e interior del secundario. (Newton, 2001, p.132).



Imagen 7. Fotografía del arcoíris visto desde la Chorrera, Venecia (Cundinamarca-Colombia). Fuente: elaboración propia.

Sintetizando las ideas principales sobre el color, Newton en la carta dirigida a la *Royal Society* anexó lo que desde su perspectiva era una anomalía de los rayos de luz, la cual explica el fenómeno de la dispersión de la luz blanca. Para esto, expuso algunas ideas fundamentales, descritas a continuación.

Los colores son propiedades originales y connaturales que son diferentes en distintos rayos. Algunos están dispuestos para recibir un único color y ningún otro más, por ejemplo, si recibe el azul, solo será ese y no un rojo. No existen solo rayos particulares para los colores más eminentes, sino también para todas las gradaciones intermedias. Además, los rayos menos frangibles están todos dispuestos para recibir el color rojo e inversamente aquellos rayos que

están dispuestos para recibir un color rojo son los menos refrangibles. Así mismo, los más refrangibles están dispuestos a un color violeta (Newton, 2001).

De acuerdo con lo anterior, Newton da una explicación acerca de la organización de los colores, mediante su dispersión debido a los diferentes grados de refrangibilidad de cada rayo de luz. Por consiguiente, es posible identificar porque los colores, por ejemplo en el arcoíris (ver imagen 7), tienen una organización particular y no se presentan con distinciones al momento de su aparición.

Por otra parte, se exalta que la clase de color y grado de refrangibilidad propios de cualquier clase de rayos no es mutable por refracción ni por reflexión sobre cuerpos naturales, ni por ninguna otra causa. Por lo anterior, el blanco es un color usual de la luz, ya que esta es un agregado confuso de rayos dotados de todos los colores que son emitidos de las varias partes de los cuerpos luminosos (Newton, 2001). Es decir, después de que se produce la dispersión de colores, no es posible que estos vuelvan a modificarse bajo ninguna circunstancia. Por esto, se determina que efectivamente de dicho fenómeno, la luz refractada no cambia de color y por ende se logra identificar que la luz blanca esta compuesta de múltiples rayos de colores, que pueden dispersarse.

Los rayos que constituyen la luz incidente por sus refracciones desiguales son separados y dispersos en una forma oblonga, mediante una sucesión ordenada desde el escarlata menos refractado hasta el violeta más refractado. Es por esto, que los objetos cuando se miran a través de un prisma aparecen coloreados, porque los rayos distintos divergen hacia diferentes partes de la retina del ojo humano. En razón a las refracciones desiguales, estos devienen no sólo coloreados sino también muy confusos e indistintos, por ejemplo, cuando se observa un objeto a través de un medio no opaco como el vidrio (Newton, 2001).

Es de resaltar que las explicaciones de Newton, sobre el fenómeno de la dispersión de la luz blanca, por un medio no opaco como un prisma, mediante el experimento crucial que elaboró, permitió organizar algunas de las ideas que se tenían acerca de algunos fenómenos relacionados con el color. Es aquí, cuando se muestra cómo a través de la refracción de la luz blanca, se pueden determinar y esclarecer la formación de la mancha oblonga con diferentes colores, siendo esto un desafío para los científicos de la época como para Hooke. Así bien, se instaura una teoría sobre el color, en la cual se identifica que no es el prisma, el que produce los colores,

sino la dispersión de la luz y que estos a su vez tienen una organización específica que va del rojo hasta el violeta, los cuales no pueden volver a modificarse.

3.2 Observando a través de un prisma: la relación entre el color, la luz y la oscuridad

En este apartado se presentan algunas ideas con respecto a la relación entre el color, la luz y la oscuridad, ampliando lo mencionado en el apartado anterior, donde se destacaban las explicaciones acerca de la relación de la luz y el color mediante el fenómeno de la dispersión de la luz blanca. Para este caso, se encontraron otros aspectos importantes a tener en cuenta: la oscuridad y el objeto, estos vinculados con el origen de los colores (agregando otros diferentes a los mencionados por Newton) y la formación de las sombras. También se tienen en cuenta otros elementos como: el rol del observador, el color de las fuentes de la luz, la ubicación del observador y los medios opacos y no opacos, con el propósito de realizar una amplia descripción de los fenómenos mencionados anteriormente.

En cuanto al origen de los colores, Newton mencionó lo siguiente:

Los colores de todos los cuerpos naturales no tienen otro origen que este, a saber, que se encuentran de manera variada calificados para reflejar una clase de luz en mayor cantidad que otro. Los cuerpos no tienen un color propio, sino que siempre aparecen del color de la luz proyectada sobre ellos. Entonces, ya no se puede seguir discutiendo si existen colores en la oscuridad, ni que los colores son cualidades de los objetos, mucho menos, que la luz es un cuerpo (Newton, 2001, p.133).

En ese orden de ideas, Newton destaca que los colores de los objetos percibidos por el observador se ven cuando la luz incide directamente en estos y algunos rayos se reflejan. Es decir, si no hay luz incidente, no habría color, dejando así en claro que la oscuridad no tiene una relación directa con el origen de los colores. Aunque Newton no se preguntó directamente por el origen de los colores, sí realizó descripciones importantes al respecto, mediante su "*Experimento Crucial*", esto permitió que tiempo después otros personajes retomaran algunas de sus ideas y formularán otras preguntas sobre el color, lo cual los llevó a construir explicaciones sobre otros fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad.

Un personaje que se centró en hacer un estudio sobre el color durante 40 años fue Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832). Fue un poeta, novelista, dramaturgo y científico alemán;

para algunas personas como Hegel fue considerado, por sus estudios como Filósofo, ya que vinculó sus ideas con perspectivas filosóficas y epistemológicas, que le permitieron organizar sus explicaciones para caracterizar algunos fenómenos que fueron problematizados y estudiados por diferentes científicos, como, por ejemplo: la teoría del color, en su obra más conocida titulada en alemán “*Zur Farbenlehre*” (1810).

Goethe parte del estudio de escritos de algunos autores como Descartes, Hooke y Newton. Principalmente realizó un análisis de algunas experiencias y experimentos que elaboró Newton. Cuando Goethe inició sus estudios, él sólo se centró en describir los experimentos de la Óptica de Newton: el comportamiento de la luz, la organización del color y el grado de refrangibilidad de cada color (Granés y Caicedo, 1990). Después Goethe, los “reconstruyó”, con esto, se dio cuenta que los experimentos podrían generar otras explicaciones, ampliando las posibles descripciones sobre la teoría del color y vinculando especialmente: el rol del observador, su ubicación, la interpretación que se le da a lo que se ve, los colores infinitos que existen, entre otros aspectos.

Ahora bien, los trabajos que se habían realizado sobre la teoría del color hasta la época fueron cruciales, en el sentido que le permitieron a Goethe tener un punto de partida para realizar sus estudios sobre el color. Cuando inició sus estudios, se preocupó por la percepción e interpretación de lo que se ve, por esto vinculó un estudio fisiológico. Este le permitió ampliar sus ideas y concepciones que tenía sobre el color, los llamó colores fisiológicos: “*Porque pertenecen al ojo en estado sano; porque se consideran como las condiciones necesarias de la visión; la acción vivaz alternante de la cual, con referencia a los objetos externos y un principio dentro de ellos, está así claramente*” (Calvo, 2014, p.2).

Con base en la cita anterior, se toma en cuenta que el rol del observador es importante y aporta un nuevo aspecto frente a lo que describió Newton. Es relevante conocer la manera bajo la cual el ojo humano reconoce los colores y Goethe hace referencia a esto. Generalmente el problema de la percepción se enfoca únicamente en el funcionamiento del órgano de la visión y las partes que lo componen biológicamente, al momento de observar objetos en diferentes posiciones. Es decir, que la ubicación del observador es otro aspecto que se debe tener en cuenta. Por lo tanto, el problema de la percepción, desde este enfoque, se encarga únicamente de estudiar el comportamiento del ojo cuando reconoce distancias y posiciones.

En consecuencia, el papel de la experiencia toma importancia, porque permite comprender cómo se puede interpretar lo que se ve, por ejemplo, el color, la forma, el tamaño, entre otras características de los objetos, y no mencionar simplemente que es una interpretación que realiza nuestro cerebro, sino tomar otros aspectos para entender qué es lo que se ve y cómo diferentes elementos complementan el estudio de los fenómenos en torno al color.

Para ejemplificar esto, cuando se observa un objeto y se quiere describir, normalmente, se acude a sus características como: el tamaño, la forma, el material, el color, entre otras. Esto hace parte de la cotidianidad de las personas y generalmente se hace referencia sobre esto. Sin embargo, cuando se ve detalladamente un objeto y se pregunta por el color en específico que se observa, se le atribuyen respuestas muy puntuales, como, por ejemplo: verde, rojo o azul, pero no se suele realizar una descripción más específica de dicho color.

Si en particular se observa una manzana “*verde*” en una habitación iluminada por la luz del sol y se describe su color, comúnmente no se hace referencia a su tonalidad de verdes que puede variar por diferentes condiciones. Como el hecho de que esté madura o en proceso de descomposición o si por el contrario está fresca, incluso, no siempre se presentan tonalidades verdes, sino además amarillos o naranjas. Este último hecho, depende en gran parte de la posición y percepción del color que le otorga el observador.



Imagen 8. Fotografía de una manzana verde. Fuente: elaboración propia.

En general, el color se entiende como una experiencia sensorial que sufre el ojo humano debido a la luz y mediante su funcionamiento, produce una percepción visual, interpretada por el cerebro como información para así reconocer las características fundamentales de los objetos. En cuanto al color se pueden hacer descripciones en diversas áreas del conocimiento, pero para

este trabajo y en este apartado es importante, describir: ¿Qué entendía Goethe por color? Él lo describió como:

El color es un fenómeno elemental en la naturaleza adaptado al sentido de la visión; un fenómeno que, como todos los demás, se manifiesta por separación y contraste, por mezcla y unión, por aumento y neutralización, por comunicación y disolución: bajo estos términos generales se comprende mejor su naturaleza (Goethe, 1810, p. 284).

Lo anterior, muestra que Goethe vincula diferentes aspectos, el que ya se ha mencionado: la visión, pero también habla sobre cómo se generan los colores y esta fue una pregunta que se hizo puntualmente: ¿Cuál es el origen de los colores? Como se había mencionado, Goethe replicó el “*Experimento Crucial*” de Newton, pero en vez de oscurecer una habitación, planteó este en su cuarto de estudio, un lugar iluminado, con muchos cuadros artísticos a su alrededor. Cuando se dispuso a ver hacia la pared blanca o pantalla no pudo evidenciar nada, pero curiosamente miró a través del prisma un cuadro que se encontraba en la habitación (Boëtius, 1992). El cuadro consistía en un árbol sin hojas, solamente se podían apreciar sus ramas, por tanto, él evidenció que los colores sobresalen en las ramas del recuadro y observando detalladamente en las delgadas ramas negras se pueden apreciar los colores cian, magenta y amarillo (ver imagen 9).



Imagen 9. Observación que realizó Goethe a través de un prisma, se muestra cómo sobresalen los colores. Fuente: (Boetiüs, 1993).

Este experimento a Goethe le permitió concluir que los colores no son producto de la luz, sino que son *“Actos de luz”* (Goethe, 1810). Esto se interpreta como la acción de la luz realizada a través de un medio, como el prisma, y relacionados con la luz y la oscuridad se originan diferentes colores, no únicamente los siete colores que describió Newton (Boetiüs, 1993). Por otra parte, Goethe concluyó que los colores no solamente hacen parte de la luz blanca, ya que los colores son un balance entre la luz y la oscuridad. No se puede hablar de la luz si no se refiere a la oscuridad, pues en esa frontera como lo menciona, entre algo claro y algo oscuro, es que se pueden apreciar los colores.

Goethe contempla lo siguiente: es necesaria la observación detallada de la naturaleza, sin aislar los fenómenos, gracias a esto, se pueden contemplar las maravillas del mundo exterior y su relación con los fenómenos, en especial los vinculados con el color (Goethe, 1810). Algo que llama la atención del trabajo de Goethe es la cantidad de *“modificaciones”* que realizó basado en el *“Experimento Crucial”*, tomando aspectos cruciales como: el entorno y el prisma, usándolo como una lente para observar múltiples objetos, desde diferentes posiciones y en diferentes lugares (en la naturaleza, en su casa, al amanecer o al atardecer).

Por otra parte, la frontera que él evidenció en la mezcla claro-oscuro es descrita en sus palabras como: *“La claridad y la oscuridad constituyen juntos aquello que para la vista diferencia los objetos y sus diversas partes”* (Goethe, 1810, p.185). La frontera es protagonizada por el color verde, mezcla de los colores como el azul y el amarillo, pues este color se produce gracias al tamaño de la rendija en el experimento crucial de Newton (ver imagen 10). Sin embargo, en el experimento de Goethe cuando la rendija es más amplia, el verde desaparece, apreciando así dos formaciones del color amarillo-naranja y azul-violeta.

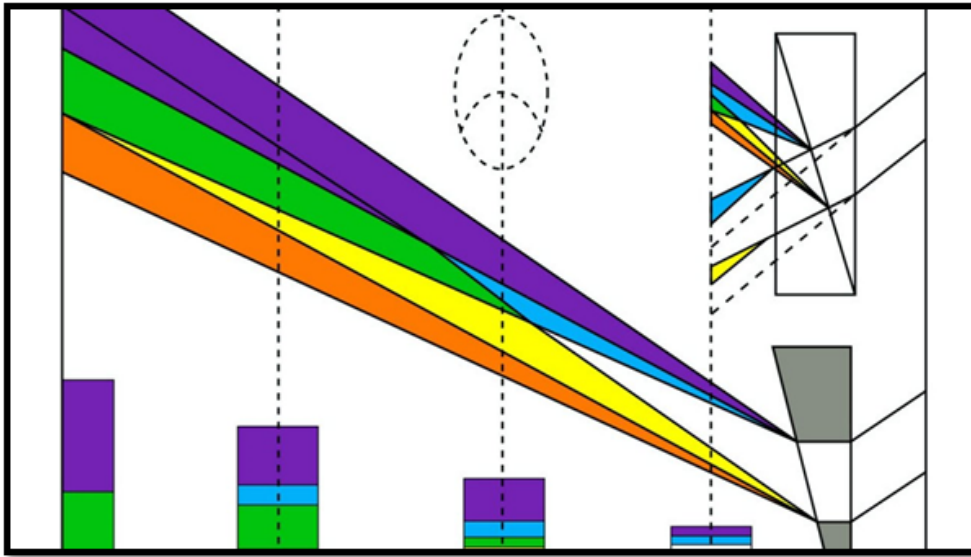


Imagen 10. Experimento planteado por Goethe, utilizando un prisma. Fuente:

<https://www.hisour.com/es/theory-of-colours-24760>

Para comprender lo anterior, se ilustra que en la imagen 11, en el recuadro de fondo negro aparecen en la parte superior el amarillo y naranja, mientras que en la parte inferior el cian y el magenta. En el rectángulo y círculo negro sobre fondo blanco se aprecia en la parte superior el magenta y el cian y en la inferior el amarillo y el naranja. Con este experimento, se termina de afirmar la base de la teoría propuesta por Goethe en la que se entiende que los colores son un balance entre la luz y la oscuridad, gracias a las condiciones experimentales, el contexto y la percepción inicial de las personas. Así bien, esto se puede constituir como una base fundamental para el estudio de la relación entre color, luz y oscuridad.

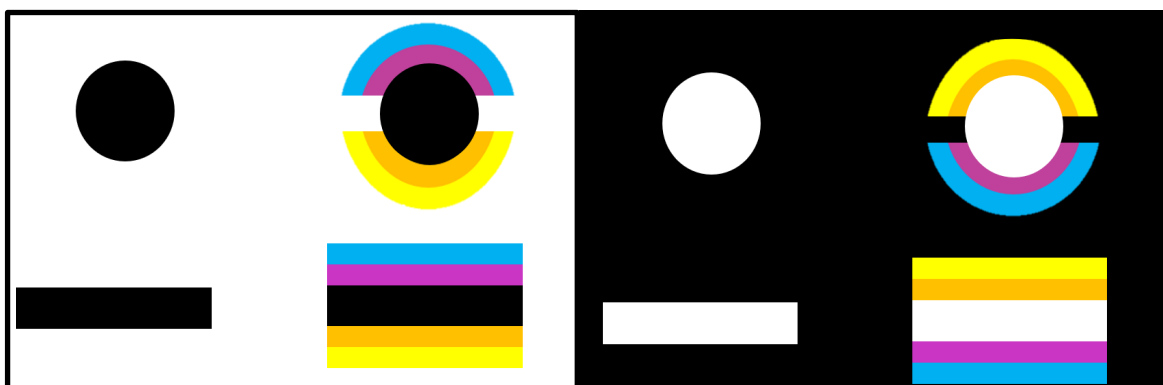


Imagen 11. Interpretación de la descripción del experimento elaborado por Goethe, en dos formas: circular y rectangular y dos fondos: blanco y negro. Fuente: elaboración propia.

En la anterior imagen se eligen esas formas, porque son las que mejor se adaptan a las de las ramas de un árbol (curvas y líneas). También, se intenta mostrar los colores que se observan a través de un prisma, teniendo como elemento importante el color de fondo, en el caso de lo que observó Goethe en el cuadro que estaba en una pared con un árbol sin hojas, el fondo era blanco y las ramas negras. A partir de esto, se encuentra una relación, no sólo entre lo claro-oscuro como lo mencionó Goethe, sino una relación entre el color, la luz y la oscuridad, porque gracias a las modificaciones de los tres aspectos se encuentra un orden diferente, cuando se cambia el color del fondo, permitiendo analizar fenómenos como los que se proponen en este trabajo de grado y realizar explicaciones que permiten ir más allá de lo que se observa.

Por otro lado, para este trabajo de grado es importante la concepción que tuvo Goethe con respecto a los “*Colores físicos*”⁴, porque estos, se relacionan con un espacio material entre el observador y el color del objeto, por ejemplo, en un líquido, en un trozo de vidrio, en un gas, entre otros. Goethe utilizó un prisma y observó cómo a través de este se formaban colores fronterizos hacia los bordes de las imágenes cuando cambió su ubicación. Lo que le pareció extraño es que cuando cambia los fondos de las imágenes, es decir, cuando utiliza el color blanco o negro y se observa a través del prisma cambian de orden.

En general, Goethe realizó un trabajo interesante que abordó durante muchos años. Haciendo un análisis a su obra se destacan múltiples ideas entre ellas las preguntas que se planteó para encontrar unas posibles respuestas que le permitieron describir principalmente el color como un fenómeno, o como lo llamó “*Actos de luz*”. Además, el por qué el observador tiene un rol importante en los fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad. Por otro lado, el trabajo que le tomó replicar los experimentos que realizó Newton y las modificaciones que le permitieron explicar lo que observó y cómo estableció la relación entre la luz y la oscuridad: claro-oscuro.

3.3 Las sombras de colores: La producción del color a través de la relación luz-oscuridad

Partiendo de las ideas descritas hasta el momento por Goethe, otro fenómeno descrito por este autor fue el de la formación de sombras de colores. Retomando la situación de la manzana verde (imagen 8), si se observa la sombra que proyecta esta o cualquier otro objeto opaco, se exalta su color negro o gris oscuro, como lo menciona Goethe (Boetiüs, 1993). Este hecho, se vuelve a presentar incluso cuando la fuente de luz no es blanca, es decir, si colocamos un filtro

⁴ Los colores físicos hacen referencia a los que se producen por materiales como pigmentos.

de otro color, como rojo, amarillo, azul o verde. Pero, si se ponen dos fuentes de luz de diferente color apuntando a un objeto opaco como una ficha de dominó (ver imagen 12), se observa que la sombra cambia de color, como se muestra a continuación:

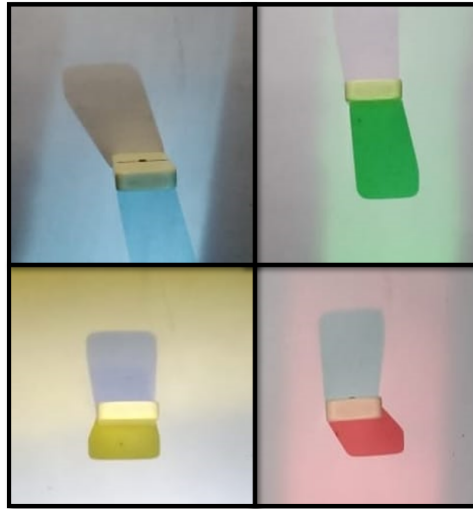


Imagen 12. Fotografías del experimento de sombras de colores con fuentes de luz amarilla, azul, verde y roja. Fuente: elaboración propia.

Con base en las fotografías anteriores, se puede observar que dependiendo del color de la fuente de luz en contraposición a la blanca, se obtiene una sombra de color diferente. En tal caso, cuando se utiliza una fuente de color azul, el objeto opaco forma una sombra de color amarilla, para la fuente de luz roja, el objeto opaco forma una sombra de color cian, la fuente de luz verde permite que el objeto opaco forme una sombra de color magenta y para la fuente de luz amarilla el objeto forma una sombra de color azul.

Ahora bien, se realiza el experimento con velas, las cuales emiten su luz a través de diferentes colores de papel celofán, con el fin de observar si hay diferencias entre el experimento anterior y este, en especial en el color de las sombras.



Imagen 13. Fotografía del experimento elaborado con velas. Fuente: elaboración propia.

A partir de las fotografías, se observa que se obtienen los mismos colores de las sombras que en el experimento con las linternas, pero los colores son más tenues, es decir, que el rol de la intensidad de la luz es importante para evidenciar la formación de la sombra de colores de una manera más visible. En ambos experimentos, es importante mencionar que la distancia de la fuente de luz al objeto opaco es importante, porque entre más alejado esté el objeto de la fuente más tenue será el color de la sombra proyectada, con esto, se infiere que hay una relación inversa entre la distancia de la fuente y el objeto opaco.

Por tanto, se debe tener en cuenta que en los experimentos descritos anteriormente, la distancia entre las fuentes de luz y el objeto opaco debe ser la misma. Con esto, se pueden comparar adecuadamente y tener una organización de estos, en cuanto a las diferencias que se pueden presentar, respecto a la visibilidad de las sombras de colores.

Teniendo en cuenta lo anterior, surge la pregunta: ¿Por qué las sombras que se proyectan en los objetos opacos tienen esos colores? Complementando los experimentos anteriores, ahora se proyectan varias fuentes de luz al tiempo, en este caso linternas con filtros de diferentes colores (amarillo, azul, verde y rojo) hacia un objeto opaco. Estas emiten su luz hacia un mismo punto de la pantalla que está detrás del objeto, con el fin de observar qué sombras aparecen y qué color tienen, como se muestra en la siguiente imagen.

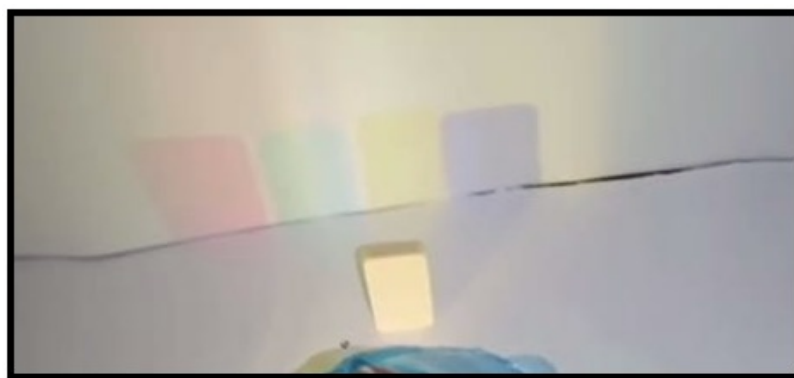


Imagen 14. Fotografía de un objeto opaco iluminado por fuentes de luz de diferentes colores.

Fuente: elaboración propia.

En la imagen 14, se observa que las sombras que forman los objetos son de color: magenta, cian, amarillo y azul, las cuáles son diferentes a los colores de la luz emitidas por las fuentes. Como la luz que emiten las fuentes se unen en un punto, se puede inferir que en esta especie de “mezcla” de colores se producen otros más. Además, hay una relación entre el color de la luz de la fuente y el color de la sombra que se proyecta y que se puede identificar en la organización que le da Goethe a su círculo cromático. Por ejemplo, se puede observar en este, que el azul está en frente del amarillo, el rojo del cian y el verde del magenta. Tales relaciones, son las mismas que observamos cuando dichos colores de las fuentes se utilizan para proyectar las sombras de colores.

A partir de la descripción de los experimentos anteriores, se encuentran algunos aspectos descritos por Goethe como: la relación luz-oscuridad, en sus palabras claro-oscuro, los pares armónicos relacionados con el color de la fuente de luz y de la sombra, la ubicación del observador y como lo mencionó, el origen de los colores. También se identifica en sus estudios, el rol de los objetos, aunque él no hizo una descripción entre los opacos y no opacos, son los que permiten ver los “efectos” de un fenómeno como la acción de ver. Por otra parte, desde un análisis propio, se encuentran otros aspectos como: la relación color, luz, oscuridad y objeto opaco, el rol de la intensidad de la luz en la generación de los colores de las sombras, la ubicación de las fuentes de luz con respecto al objeto y el papel fundamental que tiene el observador, cuando percibe los colores y los describe.

3.4 Pigmentos y Luces: La producción de color por adición y sustracción

Como se mencionó anteriormente el “*Experimento crucial*” fue punto de partida para diferentes personajes a través de la historia, que estaban interesados por el estudio de algunos fenómenos relacionados con el color. Una explicación importante fue destacar cómo se dispersa la luz al atravesar un prisma y con esto observar que cada color de luz tienen un grado de refrangibilidad diferente y otra fue vincular la relación luz-oscuridad (claro-oscuro), como una forma de explicar el origen de los colores. En este caso, se desarrollarán algunas ideas acerca de la producción del color, en la que se destacan las diferencias entre pigmentos y luz, colores primarios y secundarios y la producción por adición y sustracción. También se hará una reflexión en torno a los aspectos que están relacionados con este fenómeno.

Newton mencionó que los colores pueden producirse por composición, por ejemplo, azul y amarillo conforman el verde. Asimismo, aclaró que si dos colores dispersados a través de un prisma no están demasiado distantes pueden mezclarse, aunque los lejanos no lo podrían hacer. El color blanco siempre está compuesto de todos los colores primarios mezclados en una proporción adecuada (Newton, 2001).

A partir de algunas ideas del “*Experimento Crucial*”, se destaca un experimento conocido como “*El círculo de Newton*”. El cuál se planteó como una forma de mostrar cómo a través de la mezcla aditiva de los colores que componen el círculo, se puede producir el color blanco. El círculo está compuesto por una rueda de colores que está dividida en siete partes iguales, donde cada sección está pintada con un color del espectro encontrado por Newton. Al girar el círculo a una velocidad considerable, el ojo humano logra percibir un color claro, que en ocasiones es percibido como blanco, ya que al accionarlo los diferentes colores se mezclan, mostrando un color uniforme en todo el círculo.

Sobre la historia del círculo se encuentra que, Ptolomeo (100-170) en Grecia, y el árabe Alhazen (965-1040), ya habían experimentado con estos, pero fue el inglés Thomas Young (1773-1829), quien lo construyó y escribió los resultados: probó la teoría que Newton desarrolló, para explicar que un prisma dispersa la luz blanca en los colores del arcoíris (Max Kohl, 1906).

Al observar el círculo de Newton, cuando este se encuentra en reposo, se evidencia que las proporciones de colores y su ubicación en las diferentes secciones permanece estable, sin un cambio aparente. Pero, si se gira rápidamente y se aumenta su velocidad, el observador puede ver un color uniforme, esto debido a la mezcla de colores que se da mediante la adición de los mismos, como se muestra en la siguiente imagen:

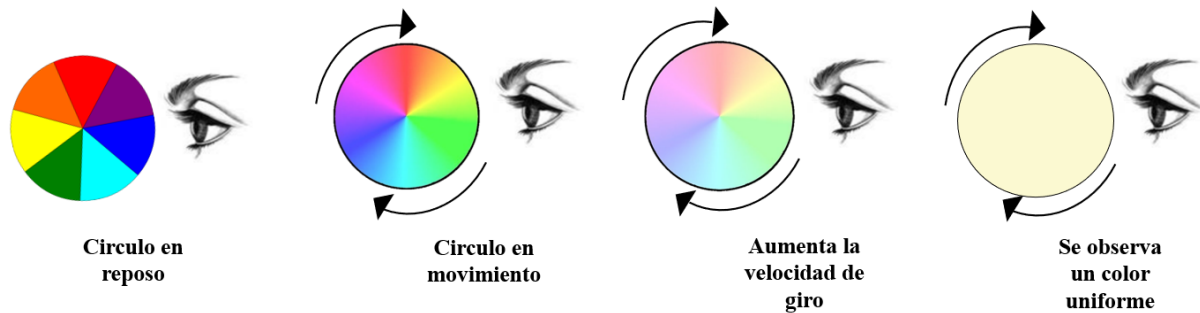


Imagen 15. Producción de color mediante el Círculo de Newton. Fuente: elaboración propia.

Por su parte, Goethe en *“La teoría del color”* describe vínculos entre la producción del color teniendo en cuenta las cantidades que se utilizan para generar otros colores (que podrían ser infinitos), con diferentes tonalidades ya que dependen de la cantidad de los colores que se usan, no solo en las mezclas de las pinturas, sino también frente a la intensidad de la luz, porque gracias al color de la fuente de la luz, bien sea, rojo, verde, azul o amarillo cambia el color del objeto, es decir, no se observa, igual que cuando está iluminado por la luz blanca (Goethe, 1810).

Goethe se preguntó sobre el origen de los colores como se mencionó anteriormente y con el experimento del prisma y su descripción de los colores que se encuentran en la frontera entre claro y oscuro (colores fronterizos), se dio cuenta de que existen otros colores distintos a los siete observados por Newton, como el magenta y el cian. A continuación, se presenta una imagen sobre el círculo cromático que construyó Goethe, actualmente utilizado para realizar diferentes combinaciones y formar diferentes colores.

sustractivas de diferentes colores. Es así, como comienza a formalizar explicaciones al respecto, dando aportes matemáticos y geométricos, en los cuales comienza a identificar aspectos importantes que terminan derivando en una serie de ideas importantes para la construcción de fenómenos relacionados con el color.

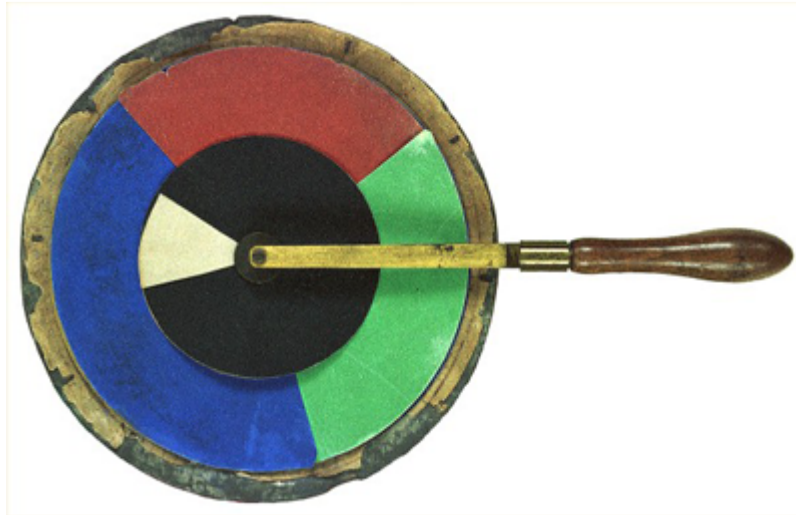


Imagen 17. Rueda de Maxwell compuesto por dos partes: un círculo externo con tres colores (verde, azul y rojo) y otro interno (negro y blanco). Fuente: (Boscarol, 2011).

Uno de los primeros resultados que Maxwell observó con una rueda de colores, fue cuando modificó la propuesta por Newton, de manera que se pudiera escoger la cantidad de cada color que iba a utilizar en el experimento, los cuales medía mediante un círculo graduado. En este experimento logró encontrar que con la mezcla del blanco, negro, rojo, verde, amarillo y azul podía obtener cualquier otro color, teniendo en cuenta las proporciones adecuadas.

Por otro lado, con su mejorado disco de colores se dispuso a encontrar proporciones mediante mezclas aditivas con las cuales pudiera encontrar un mismo color entre el círculo externo y el interno (ver imagen 17). Para dichas mezclas, eligió tres colores estándar (verde, azul y rojo), debido a que en experimentos anteriores encontró que era más sencillo obtener el amarillo de la mezcla azul y verde, que el verde de la mezcla amarillo y azul. Luego, comparó estos colores con un cuarto color que se presenciaba en el círculo interno, el cual surgía a través de unas proporciones de blanco y negro.

Colocó el círculo interno sobre el externo y los hizo girar, con el fin de comparar el resultado de cada mezcla y así obtener específicamente relaciones de color con las cuales se pudieran

comparar, hasta encontrar una proporción exacta, donde ambos círculos fueran indistinguibles debido a su mismo color.

En tal caso, observó que el color del círculo exterior y el interior solo era igual mediante una proporción exacta, ya que fuera de esta, el exterior tendía a ser demasiado rojo, azul o verde. Al expresar dichas proporciones en una serie de ecuaciones pudo identificar que la mezcla aditiva depende de la cantidad de cada color utilizado en la rueda. Ejemplificando esto, una de las ecuaciones descritas por Maxwell en su escrito de 1860 es la siguiente:

$$0,37 \text{ Rojo} + 0,36 \text{ Verde} + 0,27 \text{ Azul} = 0,28 \text{ Blanco} + 0,72 \text{ Negro} \quad (1)$$

En la ecuación (1) se muestra cómo la mezcla entre rojo, verde y azul en proporciones: 37%, 36% y 27% respectivamente producen un color que tiene una proporción de 28% blanco y 72% negro. Por tanto, Maxwell encontró que resulta complejo generar un blanco puro, debido a la dificultad que tienen las proporciones, por lo que termina atribuyendo nombres a colores de una forma diferente hasta el momento como, por ejemplo, “*amarillo sucio*”, como se describe a continuación:

En uno de sus experimentos encontró que obtenía el mismo color, un amarillo sucio, con 46,8 partes de negro, 29,1 de amarillo y 24,1 de azul, y con 66,6 partes de rojo y 33,4 partes de verde. Ahora bien, el negro no es un color: Maxwell lo incluyó para controlar la tonalidad de la mezcla de azul y amarillo. Luego, lo que realmente tenía es que 29,1 partes de amarillo y 24,1 de azul producen el mismo color que 66,6 partes de rojo y 33,4 de verde (Saballed, 2013, p. 81).

Por lo anterior, Maxwell, apoyado en las Leyes de Grassman⁵, formaliza sus observaciones, presentando así una primera ecuación, donde nombra a los colores con letras mayúsculas y la cantidad de los mismos con minúsculas. El símbolo + significa adición o combinación y el igual que coincide con la otra cantidad.

$$cC+dD=aA+bB \quad (2)$$

Despejando dD se obtiene que:

⁵ Las leyes de Grassman hacen referencia a resultados con base en experiencias y observaciones sobre cómo la percepción de mezcla de colores, pueden relacionarse algebraicamente entre sí, en un contexto de coincidencias de colores.

$$dD = aA + bB - cC \quad (3)$$

Por lo que la aparición del signo menos indica que para igualar los colores es necesario combinar C con D, para coincidir con el presentado en la mezcla de A y B. Así bien, esto deviene de que para un color cualquiera X, debe existir una mezcla de tres colores de la forma:

$$xX = aA + bB + cC \quad (4)$$

Si el signo de a, b o c es negativo, es una señal de que dicho color debe combinarse con X para coincidir con una mezcla de los otros dos. Además, Maxwell demuestra que no es necesario especificar ningún color como primario, ya que con cualquier otro grupo de tres colores podría obtenerse el blanco. Así que en palabras suyas citadas por Sabadell (2013): *“No es necesario especificar ningún color cómo típico de estas sensaciones. Young ha escogido el rojo, el verde y el violeta, pero podría escogerse cualquier otro grupo de tres colores, que proporcionarán el blanco si se combinan apropiadamente”* (p.80).

Así, la generación de otros colores, como los compuestos, permiten que él no solo se pregunte por la cantidad del color, sino por su relación matemática y de debidas proporciones. Por consiguiente, estas simples, pero efectivas ecuaciones, terminan describiendo cómo la mezcla en proporciones adecuadas de dos colores por pigmentos, son iguales a la mezcla de otros dos más.

Por otro parte, apoyado en el trabajo de Young, Maxwell toma los tres colores fundamentales que este anuncia: azul, verde y rojo y los organiza como vértices en un triángulo equilátero que contenía todos los colores espectrales, dándoles así un valor porcentual a cada uno. Su idea, se centró principalmente en que, fijando dichos colores fundamentales, que él llamó estándares, en el diagrama de Newton, y usando una regla del baricentro, puede calcular los colores que son mezcla de esos tres, construyendo así una nueva organización de estos (Sabadell, 2013). Es así, como el mundo terminaría conociendo el triángulo de color de Maxwell, el cual era una versión mejorada del círculo de Newton.

Es de aclarar que Maxwell no solo realizó combinaciones en su triángulo como las descritas anteriormente, sino que, además, construyó diferentes triángulos con distintas proporciones de color para explicar la aparición de otros colores, como se muestra en la siguiente imagen:

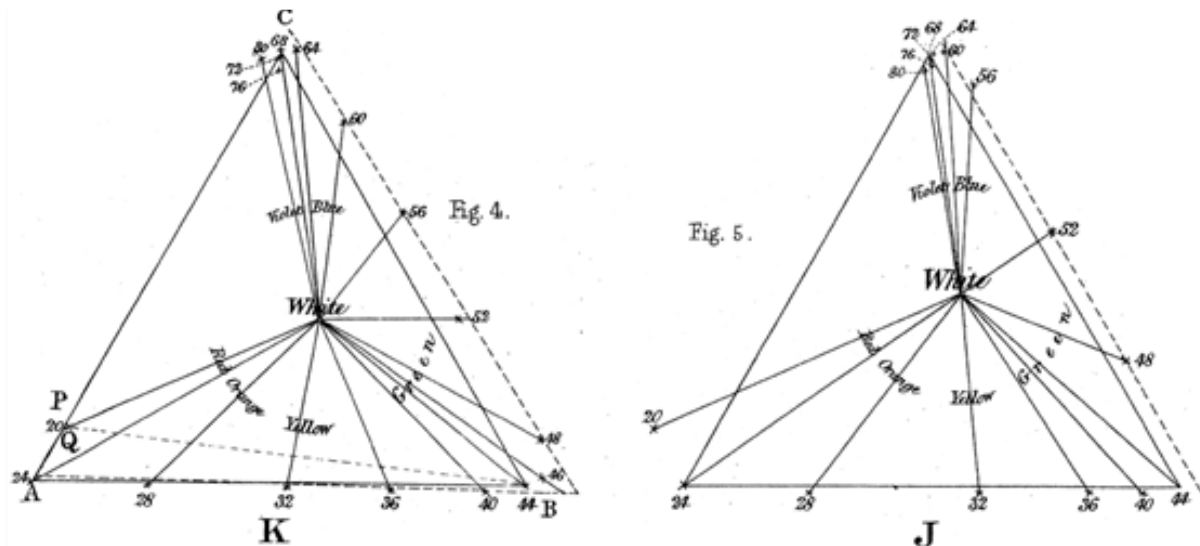


Imagen 18. Triángulos de colores con diferentes cantidades. Fuente: (Maxwell, 1860, p.85).

En la imagen 18, se observa que en el centro del triángulo se fija el color blanco, este es descrito como el producto de la unión de los colores que mencionó Newton, sin embargo, Maxwell añadió que sin importar la modificación de estos colores e incluso la disminución de la cantidad de los mismos, se sigue obteniendo el blanco.

Por tanto, su contribución original es una síntesis geométrica de la teoría del color de Newton, por lo que, a partir de esto, describe una formalización sobre esta y construye una nueva explicación sobre algunos fenómenos relacionados con el color. Es de resaltar, que cada punto del triángulo corresponde a la solución de la ecuación:

$$X = \%R + \%V + \%A \quad (5)$$

Donde X, es el un color cualquiera, %R es el porcentaje de la proporción de color rojo definido como $100r/(r+v+a)$, %V la del verde definido como $100v/(r+v+a)$ y %A la de azul, definido como $100a/(r+v+a)$. En las cuales r , v y a son las distancias a un punto del triángulo como se muestra en la imagen 19.

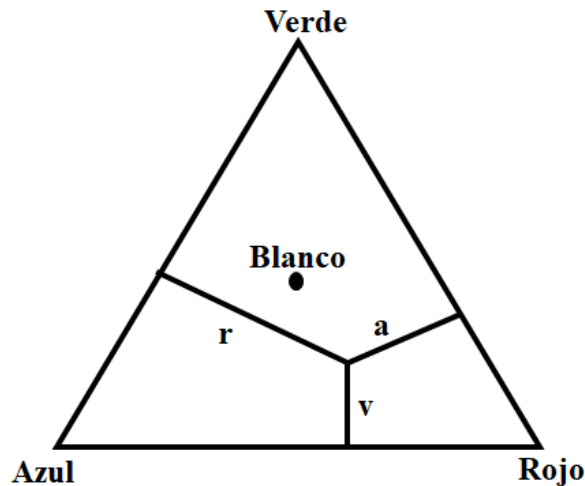


Imagen 19. Triángulo de colores elaborada por Maxwell. Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar, en este punto, que no es posible generar por combinación de los tres colores rojo-verde-azul todos los demás, por esto se tienen en cuenta que existen colores fuera del triángulo, aquellos que aparecen al restar uno de los primarios, es decir los que tienen r , v o a negativo. Pero también, es de resaltar que Maxwell eligió a conveniencia estos tres colores ya que los concibe como la tríada más cercana a lo ideal de su triángulo.

Estos resultados, si bien terminan siendo importantes para su investigación, también lo llevan a la conclusión de que los experimentos con papeles coloreados según Maxwell “*no proporcionan ningún hecho absoluto sobre la definición de los colores [...] Los colores en los discos no representan de ningún modo los colores primarios, sino que son simples especímenes de diferentes tipos de pinturas*” (Sabadell, 2013, p.83)

Por tanto, se identifica que las ecuaciones descritas hasta el momento, son relaciones entre los colores de pigmentos, los cuales no pueden ser comparados en su totalidad con los del espectro de luz, algo en lo que difiere con las explicaciones de Newton y Goethe, pues ellos no hicieron aclaraciones al respecto. Por lo que continúa con sus esfuerzos de encontrar relaciones con las cuales pueda estructurar una explicación más formal al respecto.

Para poder ampliar sus ideas y seguir complementando sus explicaciones sobre el color y su formalismo matemático, Maxwell replantea el experimento de Von Helmholtz que plantea a partir del “*Experimento crucial*” de Newton, con una caja oscura, prismas y rendijas. Es de aclarar que Helmholtz en éste mezcló y comparó colores espectrales, sin embargo, su caja presentaba problemas en cuanto a que era un poco robusta, por lo que no pudo medir los

ángulos que se presentaban entre los prismas y lo que se proyectaba. Por esto, Maxwell buscó soluciones para poder realizar dichas mediciones, modificando así el experimento, como se muestra en la siguiente imagen:

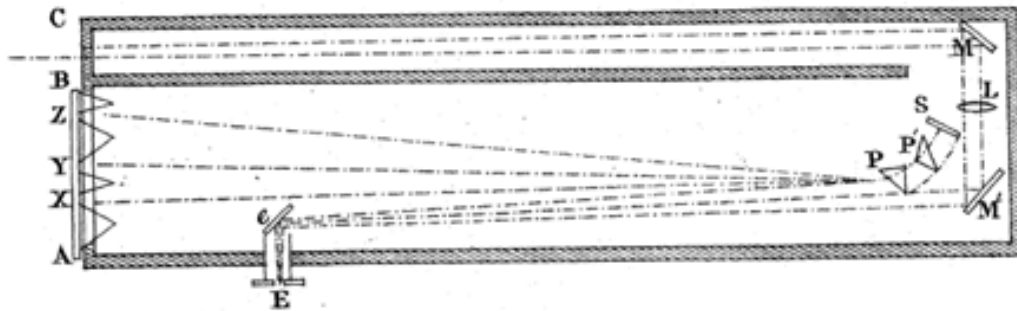


Imagen 20. Caja que elaboró Maxwell con el fin de medir los ángulos desde los prismas hasta lo que se proyectaba. Fuente: (Maxwell, 1860, p. 86).

Como se observa en la imagen 20, la letra E representa una rendija por donde la luz se dispersa; P' y P son prismas equiláteros; L es una lente; M y S son espejos para que pase el reflejo de la luz hasta E y observar los colores del espectro de A hasta B (lo que hace referencia a la escala AB donde se proyectan los colores). Lo que separa de C a B esta una lámina de color negro no reflectiva, para que la luz pueda cruzar a través de esta (Maxwell, 1860). Maxwell con este experimento, fue capaz de dibujar las curvas de distribución de la luminosidad de cada color (los bordes de un color a otros).

Para el experimento, Maxwell colocó dos superficies planas de vidrio separadas por dos tiras de oro para encerrar el aire. La luz reflejada en dicho aire incidió en E y el espectro formado por esta luz fue observado en AB por medio de una lente. La formalización de este experimento se muestra en la imagen 21, donde él recogió datos de las escalas relacionadas con la longitud de onda de los colores.

| Scale. | (N+n). | Wave-length. | Colour. |
|--------|--------|--------------|----------------|
| 20 | 36.4 | 2450 | Red. |
| 24 | 38.3 | 2328 | Scarlet. |
| 28 | 39.8 | 2240 | Orange. |
| 32 | 41.4 | 2154 | Yellow. |
| 36 | 42.9 | 2078 | Yellow-green. |
| 40 | 44.3 | 2013 | Green. |
| 44 | 45.7 | 1951 | Green. |
| 48 | 47.0 | 1879 | Bluish green. |
| 52 | 48.3 | 1846 | Blue-green. |
| 56 | 49.6 | 1797 | Greenish blue. |
| 60 | 50.8 | 1755 | Blue. |
| 64 | 51.8 | 1721 | Blue. |
| 68 | 52.8 | 1688 | Blue. |
| 72 | 53.7 | 1660 | Indigo. |
| 76 | 54.7 | 1630 | Indigo. |
| 80 | 55.6 | 1604 | Indigo. |

Imagen 21. Tabla con el color del espectro visible y la cantidad que ocupa con respecto a la caja. Fuente: (Maxwell, 1860, p. 68).

El espectro consta de una gran cantidad de bandas brillantes, las cuales son entendidas como aquellas partes que son iluminadas en la caja oscura (espectro visible), teniendo en cuenta el patrón de interferencia causado por la reflexión de la luz entre las superficies (anillos de newton), separadas por espacios oscuros (bandas oscuras n) que eran considerablemente mayores a medida que se iban acercando al extremo violeta. Como se observa en la imagen 21, eligió dieciséis puntos equidistantes en la escala para los colores estándar (del 20 al 80). Entonces, la tabla representa la lectura de la escala de colores que se muestran entre A y B (escala AB), el valor de $N+n$, y la longitud de onda calculada para cada uno de estos. Siendo N las ondulaciones correspondientes a la banda que están contenidas en el retardo⁶ R (definida como $R=(N+n)\lambda$), n es el número de cualquier otra banda y $N+n$ será el número de las longitudes de onda correspondientes en el retardo. Para encontrar la longitud de onda conociendo N y R es posible calcularla mediante la siguiente ecuación:

⁶ La razón de hablar de retardo, se relaciona a la forma en que se puede hallar la longitud de onda de los respectivos colores mediante el anillo de Newton. Según esta teoría de anillos, existe un patrón de interferencia o de “saltos” entre dos superficies, los dos haces de luz que nacen de la misma fuente recorren caminos diferentes, por lo que una tendrá un retardo con respecto a la otra. Cuando el intervalo de retardo es un múltiplo exacto de una longitud de onda, estos dos haces de luz se destruyen entre sí por interferencia; y cuando el intervalo es un número impar de medias longitudes de onda, la luz resultante tiene un máximo de intensidad (Maxwell, 1860).

$$\lambda = \frac{R}{N + n} \quad (6)$$

Con base en los datos obtenidos, Maxwell construyó gráficas en las que muestra la variación de la distribución de luminosidad de cada color elegido respecto a los dieciséis puntos equidistantes en la escala AB. A continuación se presentan dichas gráficas:

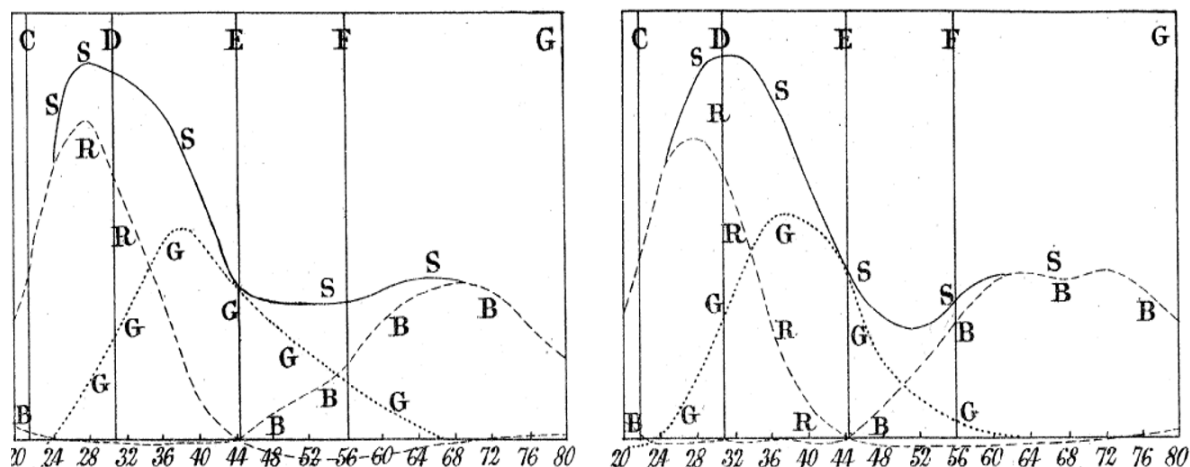


Imagen 22. Curvas de distribución de la luminosidad de cada color. Fuente: (Maxwell, 1860, p. 85).

La gráfica 22 muestra cómo al variar las escalas se comienza a identificar un color diferente que para este caso va del rojo al índigo. Esto termina siendo una organización con respecto a las longitudes de onda con relación a los colores del espectro. En palabras de Maxwell:

Habiendo seleccionado así dieciséis puntos distintos del espectro sobre los que operar, y determinado sus longitudes de onda y colores aparentes para plasmarlos en el diagrama de Newton. [...] Seleccioné tres de ellos como puntos de referencia, a saber, los de 24, 44 y 68 de la escala. Elegí estos puntos porque están bien separados entre sí en la escala, y porque el color del espectro en estos puntos no parece variar en el ojo de la mayoría de los observadores, muy rápidamente, ni en tono, ni en brillo, al pasar de un punto a otro. Por tanto, un pequeño error de posición no producirá una alteración de color tan grave, como si los hubiésemos tomado en lugares de rápida variación; con esto, podemos considerar la cantidad de iluminación producida por la luz que entra a través de las ranuras en estas posiciones, como sensiblemente proporcional a la amplitud de las ranuras. (24) corresponde a un escarlata brillante alrededor de un tercio

de la distancia de C a D; (44) es un verde muy cerca de la línea E; y (68) es azul alrededor de un tercio de la distancia de F a G. (Maxwell, 1860, p. 69).

Por su parte, otro aspecto que identificó Maxwell es que si hablamos de la absorción de los rayos de luz que están representados en la gráfica entre E y F, se podrá identificar que entre más grande sea la absorción, menos verdes serán los colores que están cerca de esta, como lo muestra el (48), (52) o (56). Pero, aparecerán más verdes, los que no están cerca de la absorción, como (32), (36) y (40). Esta es la principal diferencia que se muestra tanto en los triángulos de Maxwell, como en las curvas de la imagen 22.

Esto último, termina siendo importante para explicar, por ejemplo, porque las personas suelen tomar como blanco a todo color que está en la media de todos los colores que suelen ver. Esto se puede verificar, cuando se recurre a un ejemplo sencillo en el que se coloca un papel celofán verde justo en frente del ojo de una persona y se le hace mirar un objeto blanco. Como se sabe, el filtro hará que la luz sea verde, no obstante, el observador puede distinguir el objeto como blanco. Esto quiere decir que si se utiliza un rayo de luz blanca artificial y ésta no contiene un rayo absorbido de color, seguramente estará menos alterado que la luz blanca ordinaria que sí lo contiene, es decir, que la luz blanca puede verse alterada en su tonalidad, dependiendo de la cantidad de luz de otro color que este presente en su composición.

Cabe aclarar que lo anterior va de la mano con el interés de Maxwell por entender el funcionamiento del ojo en general, tanto de animales, como de personas, dando así una importancia al observador como también lo hacía Goethe. Así fue, como terminó planteando una serie de experimentos para poder convencer a las personas de sus estudios. Uno de estos, puesto en práctica con ayuda de su esposa Katherine, donde demostró aspectos interesantes con los colores espectrales y que sintetizan en general lo que se ha descrito hasta el momento:

Maxwell pudo demostrar que cuando se combinaba cualquier color espectral entre el rojo y el verde, con una pequeña parte de azul, coincidía con una determinada mezcla de rojo y verde. Del mismo modo, cualquier color entre el verde y el violeta, mezclado con una pequeña cantidad de rojo, podía ajustarse a una mezcla apropiada de verde y violeta. De esta manera, pudo sustituir el círculo cromático de Newton por una curva en su triángulo (Sabadell, 2013, p.84).

Ahora bien, aunque Maxwell exaltó que la forma de la curva depende del ojo del observador, él descubrió que un gran porcentaje de las personas percibió los resultados obtenidos, de

manera similar a los de su esposa. Solo varía en personas con algún tipo de discromatopsia o ceguera de algún color. Por lo que pudo estructurar una teoría lo suficientemente sólida para su publicación, en esta encontró relaciones entre la ubicación de diferentes objetos, como: espejos, lente, rendija, entre otros. Permitiendo así, que exista una correspondencia entre ángulos, la ubicación de los objetos y por supuesto, los colores del espectro que se observan (Maxwell, 1860). Sus resultados finalmente fueron sintetizados en su trabajo: *“On the Theory of Compounds Colours”*.

En consecuencia, las explicaciones a través del formalismo detallado que realizó Maxwell, reflejan su interés por estudiar y dar aportes que permitieron responder muchas preguntas o generar otras, como: ¿Qué aspectos están relacionados con la acción de ver un objeto? ¿Cuál es la importancia de la ubicación del observador, los objetos o las fuentes de luz para poder describir los colores que observamos? o ¿Cuál es la relación del color de las fuentes de luz con la de los colores que se observan en el espectro? Solo por mencionar algunas.

En síntesis, es importante resaltar cómo Maxwell realiza descripciones sobre la producción de los colores uniendo, principalmente, lo que observa en sus diferentes experimentos con su análisis formal matemático, de modo que lo presenta mediante ecuaciones. Además, de cambiar lo que se conocía hasta el momento como colores primarios: *“Los colores en los discos no representan de ningún modo los colores primarios, sino que son simples especímenes de diferentes tipos de pinturas”* (Maxwell, 1860, p.15). Dando a conocer, la relación que le da a la naturaleza de los colores con su origen y cómo a partir de estos se generan otros.

Asimismo, se denota su habilidad experimental y matemática con la cual logra cautivar a la comunidad científica, tal y como lo menciona Sabadell (2013): *“El trabajo de Maxwell en la teoría del color había introducido medidas exquisitamente precisas y ecuaciones matemáticas, lo que agradó profundamente al establishment científico de la Universidad de Cambridge, especialmente a Stokes, que ocupaba la prestigiosa cátedra lucasiana de matemáticas”* (p.85).

Con respecto al fenómeno de la producción del color y basándose en algunos de los aspectos mencionados anteriormente, se plantea el siguiente experimento, en este se vincula la producción de colores por adición y sustracción, utilizando diferentes luces de colores, con distintos filtros de papel celofán (rojo, verde y azul), estos usados en la rueda de Maxwell y que actualmente se conocen como colores RGB.

Para este experimento, las luces se proyectan hacia un mismo punto en una pantalla de color blanco y se utiliza un trozo de cartón con un orificio en el centro de aproximadamente 4cm de diámetro, el cual se coloca entre la pantalla y las fuentes de luz, como se muestra en la siguiente imagen.



Imagen 23. Fotografías de los experimentos con linternas y un trozo de cartón con un orificio circular, donde apuntan las fuentes de luz con filtros de color (rojo, verde y azul). Fuente: elaboración propia.

En este experimento, en la imagen 23 A, a través del agujero en la pantalla se proyectan los colores rojo, verde y azul, estos son los mismos que emiten las fuentes de luz. Sin embargo, la luz de color rojo y azul cambian su orden, es decir, que las luces de las fuentes estaban organizadas por colores, en el orden: azul, verde y rojo y los círculos de colores proyectados en la pantalla se organizaron: rojo, verde y azul. Esto debido a la ubicación de las fuentes que proyectan la luz hacia un mismo punto, ya que las de los extremos, están a un ángulo aproximado de 45° , con respecto al orificio del cartón. Con esto, se infiere que la organización de los colores de las luces varía debido a la dirección de la luz, manteniendo los mismos colores que se proyectan desde las fuentes, pero cambiando su orden.

Ahora bien, como se muestra en la imagen 23 B, cuando se mueve el cartón hacia la pantalla, se observa, como los colores rojo, verde y azul (proyectados) se comienzan a mezclar aditivamente, generando otros nuevos colores: amarillo y cian, a partir de la mezcla rojo-verde y verde-azul, respectivamente. Lo cual se relaciona directamente con la producción de color por adición. Finalmente, en la imagen 23 C se pone en evidencia, que al acercar aún más el cartón a la pantalla, se siguen mezclando los colores aditivamente, obteniendo finalmente el color blanco ubicado en el centro de todos los colores, producto de la unión de los colores compuestos: amarillo y cian.

También, en la imagen 23, se encontró otro aspecto que hasta el momento no se tenía en cuenta. Si se observa con atención se puede identificar que en las sombras del cartón que están proyectadas en la pantalla, aparecen los colores: cian, magenta y amarillo, que al mezclarse forman el color negro. Esto debido a la producción de color por sustracción, por ejemplo, cuando el color cian (mezcla de los colores verde-azul) y el color magenta (mezcla de los colores rojo-verde) se mezclan por sustracción, ya que se elimina la luz de color que comparten, es decir, la del verde. Así mismo, ocurre con las otras mezclas hasta que finalmente, se sustraen todos los colores obteniendo así el negro.

En conclusión, se encuentran diferentes relaciones en torno a los fenómenos del color, como:

- La relación color-luz-oscuridad, en cuanto a que las diferentes experiencias y experimentos muestran varios colores, pero teniendo en cuenta los roles del observador y los objetos opacos que permiten evidenciar la relación claro-oscuro.
- Además, la producción de colores se hace evidente cuando se mezclan diferentes colores, por adición o sustracción, cambiando los colores que inicialmente tienen las fuentes de luz, es decir, para la adición azul, verde y rojo y para la sustracción cian, magenta y amarillo; ambos teniendo resultados distintos hasta finalmente, llegar al color blanco o negro respectivamente.

3.5 Aspectos del estudio histórico para el diseño de la propuesta de aula

A partir del estudio histórico desde la perspectiva de la recontextualización de saberes y de las explicaciones propias sobre algunas experiencias y experimentos de los fenómenos relacionados con el color como: la dispersión de la luz blanca, la relación color, luz, oscuridad y objeto y la producción de color en pigmentos y luz, es posible mencionar los siguientes aspectos importantes para la elaboración de la propuesta de aula, especialmente para el diseño de las actividades y la sistematización de la misma.

- 1) A pesar de que los personajes a través de la historia toman el “*Experimento crucial*” como punto de partida para el estudio de algunos fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad, cada uno le dió un sentido diferente; esto desde las preguntas que

se plantearon, las modificaciones del experimento y las explicaciones que le dieron a estos fenómenos. Con esto, se resalta la importancia de los estudios históricos en el aula, porque se pueden tener en cuenta como parte de la metodología del estudio de los fenómenos que se abordan en la Enseñanza de las Ciencias.

- 2) El fenómeno de la dispersión de la luz blanca, permitió comprender cómo la luz blanca al cruzar por algunos medios no opacos se dispersa generando diferentes colores, debido a que cada uno tiene un grado de refrangibilidad distinto. Esto termina explicando fenómenos naturales como la aparición del arcoíris.
- 3) Aunque Newton describió algunos aspectos vinculados con la producción de los colores mediante la dispersión de la luz a través de un prisma, Goethe se preguntó puntualmente por el origen de los colores. Partiendo del “*Experimento Crucial*” y de las modificaciones que le hizo a este, encontró una relación entre la luz y la oscuridad (claro-oscuro). También destacando que los colores pueden ser infinitos, porque cada color se puede producir por diferentes cantidades de pigmentos o por el color de la fuente de luz que ilumina el objeto.
- 4) La producción del color se instaura como un aspecto importante en la comprensión del origen de los colores, porque se vincula con experiencias cotidianas, por ejemplo la mezcla de los colores. En este orden de ideas, se identifican dos procesos de producción de color, uno por adición y otro por sustracción. La primera mediante mezclas aditivas y la segunda por mezclas sustractivas.
- 5) Se resalta que de cualquier triada de colores en proporciones adecuadas se puede producir el color blanco. Esto lleva a que se comiencen a elaborar formalizaciones matemáticas y geométricas al respecto, donde se recalca el nivel de profundización de algunos fenómenos relacionados con el color.
- 6) Se destaca la distinción que hizo Maxwell frente a la producción de los colores por pigmentos o por luz. Por lo que se deja claro, que no es lo mismo mezclar colores mediante una rueda de colores, que mezclar luz de diferentes colores.

- 7) Se identifica que los tres autores hablan de colores primarios y secundarios, tanto en pigmentos como en la luz. Sin embargo, no hay una única forma de describir estos, ya sea por una organización o por un vínculo entre sus mezclas. Por ejemplo, se puede hablar de los colores primarios rojo, amarillo y azul (RYB) o del rojo, verde y azul (RGB), obteniendo de sus mezclas resultados similares en la producción del color blanco.
- 8) Mediante la formación de sombras de colores se pudo identificar que se generan colores diferentes a los de las fuentes de luz, es decir, que si se tienen fuentes de luz rojas, verdes y azules apuntando hacia un mismo objeto, se forman sombras cian, magenta y amarillo, cuyas relaciones son explicadas en el círculo cromático de Goethe.
- 9) El vínculo de las ideas de los personajes a través de la historia: Newton, Goethe y Maxwell no solo se da por el “*Experimento Crucial*” sino también por el análisis de los fenómenos que se mencionaron anteriormente, en cuanto a que estos se relacionan, con la explicación del origen de los colores.
- 10) A partir del estudio histórico de las ideas de los personajes se encuentran otros aspectos relacionados con los fenómenos vinculados con el color como: el rol del observador, la ubicación del observador, las fuentes de luz y el objeto, la distinción de medios opacos y no opacos, el color y la intensidad las fuentes de luz.

4. Perspectiva fenomenológica en la Enseñanza de las Ciencias

Desde el surgimiento del método fenomenológico⁷ fundado por Edmund Husserl (1859-1938) a comienzos del siglo XX, el estudio de los fenómenos se ha instaurado como un punto de partida en la explicación de diferentes procesos de enseñanza y aprendizaje que se desarrollan en diferentes contextos, particularmente los educativos. Es desde esta perspectiva que autores como Ayala (2006) terminan definiendo a los fenómenos como los diferentes momentos y experiencias que se pueden encontrar en el mundo natural. Por lo que no se entiende como algo externo a la experiencia del sujeto, sino que, por el contrario, está presente en esta.

Para comprender lo anterior, es posible describir un breve ejemplo; cuando pensamos en el mundo natural⁸, es posible darnos cuenta de la existencia de múltiples aspectos que nos rodean, los cuales pueden maravillarnos. En tal caso, podemos elegir uno en específico, por ejemplo, el fenómeno de la dispersión de la luz blanca, que da como resultado la aparición de los colores. Este hecho no es ajeno a nuestras experiencias y comúnmente podemos hacer descripciones breves al respecto, pues hace parte de nuestra cotidianidad ver y diferenciar un color de otro u observar un arcoíris. No obstante, una cosa es tener la experiencia acerca de ciertos efectos y otra muy diferente poder comprender la organización de estos y su formalización. Es así como no basta saber que existe el fenómeno, sino también tener experiencias organizadas y así poder generar explicaciones al respecto.

Malagón, Ayala y Sandoval (2013), añaden que la noción de fenómeno, desde una mirada filosófica, implica tener en cuenta tres puntos, que no se deben entender como aspectos separados, sino que en conjunto conforman su postura acerca del fenómeno, por lo que se complementan una a la otra. A continuación, se describe el primero de esos puntos:

El fenómeno es lo que aparece frente a una conciencia. [...] La conciencia existe en la medida en que es consciencia de algo y, por lo tanto, desde ese punto de vista el fenómeno no es en sí mismo, no existe en sí mismo, ni tampoco la consciencia existe en sí misma, hay una relación de doble vía (p. 88).

⁷ Es una corriente filosófica creada con el propósito de renovar la filosofía como una ciencia estricta de un conocimiento progresivo y con un método propio que permita el trabajo colectivo.

⁸ Hace referencia a los fenómenos del mundo físico y a los diversos tipos de seres vivos que lo habitan.

Esto quiere decir, que para que el fenómeno exista es necesario que alguien lo interprete. Por esto, dicha conciencia ligada al fenómeno es entendida como una persona, un estudiante o un docente, influenciado por una historia social, una estructura mental, un acontecimiento o en general aspectos de su entorno, los cuales le permiten analizar, entender y explicar lo que se pone en evidencia ante él (Malagón, Ayala y Sandoval, 2013).

Así bien, se destaca como el fenómeno se organiza y se explica. Esto entendido desde las descripciones e interpretaciones que demandan la comprensión de una fenomenología, que exigen la organización de una serie de experiencias y observaciones intencionadas que describen el fenómeno y que se ligan directamente con la actividad experimental.

El segundo punto descrito, es que *“el fenómeno se presenta tal como es, no hay una realidad profunda detrás del fenómeno, el fenómeno no esconde nada detrás de sí”* (Malagón, Ayala y Sandoval, 2013, p.88). Por tanto, se dice que el fenómeno no se presenta enmascarado o lleno de incertidumbres imposibles de descifrar, sino que, por el contrario, implica que la persona que organiza la experiencia no necesita acudir a hipótesis externas o a elementos que no ha percibido, sino a sus propias percepciones que surgen de lo que observa. El fenómeno no esconde su realidad, por lo que puede ser interpretada y por supuesto organizada, con el fin de comprenderla y originar explicaciones en torno a la misma.

Es así como las explicaciones sobre el fenómeno no deben estar dadas en términos de las causas últimas del mismo (Malagón, Ayala y Sandoval, 2013), lo cual se traduce en que no resulta significativo comenzar a hablar del fenómeno desde su concepción más abstracta o *“estructurada”*, sino que, por el contrario, se debe poder explicar desde su propia esencia que se origina con las experiencias de los sujetos.

Si se retoma el ejemplo de la dispersión de la luz blanca, comúnmente se puede apreciar que la explicación de la misma gira en torno a la descripción del *“Experimento Crucial”* de Newton, en el cuál la dirección de los rayos de la luz cambia al cruzar a través de un objeto no opaco, como un prisma, dando a conocer cómo se refractan, produciendo así los colores sobre una pantalla y que aparecen mediante una mancha oblonga. Sin embargo, esta última explicación puede carecer de un sentido propio para el sujeto, ya que, por ejemplo, se dejan de responder cuestiones importantes en la comprensión del fenómeno como lo son: ¿Cómo es posible hablar de rayos que cambian de dirección, sin primero comprender la razón de la representación de la luz mediante esta? o ¿Cómo se sigue cumpliendo la ley de la refracción, si los colores formados

no tienen la forma de la fuente de luz? Es más ¿Qué es una fuente de luz o un objeto no opaco? entre otras. Por consiguiente, centrarse solo en los resultados finales del “*Experimento Crucial*” puede considerarse como una interpretación meramente descriptiva, en la que no se tiene en cuenta el proceso, las problemáticas y las discusiones que pueden surgir a través de su estudio. Siendo así, es posible afirmar que es de esta manera como se comienza a perder el carácter fundamental, en este se hace una descripción y no un análisis detallado del proceso de enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Naturales.

Por último, un tercer punto importante para la noción de fenómeno expuesto por los autores es que “*el fenómeno no es estático, por el mismo hecho de ser algo que se aparece ante una conciencia. Entonces, si la conciencia cambia, el fenómeno cambia; a medida que se van haciendo organizaciones del fenómeno, este cambia*” (Malagón, Ayala y Sandoval, 2013, p.90).

Ejemplificando esto, una persona puede interpretar que el color se produce mediante los diferentes grados de refrangibilidad de los rayos de luz de colores que conforman la luz blanca, es decir, se destaca la dispersión de la luz blanca tal y como lo describe Newton en su Óptica. Otra persona podría describirla como una relación entre la luz y la oscuridad, ya que eso es observable desde un punto de vista común a la experiencia, como lo hacía Goethe. Pero también, podría describirse como una adición o sustracción de colores mediante mezclas, donde se destacan diferencias entre los pigmentos y la luz, como lo explicó Maxwell.

Con base en lo anterior, se resalta que a pesar de que un fenómeno se presenta ante la conciencia de las personas tal y como es, es posible que ellos puedan percibir aspectos distintos del mismo, que terminan organizando para establecer lo que desde sus perspectivas entienden sobre este fenómeno. Esta es la razón por la que no es posible afirmar que Newton, Goethe y Maxwell hablan del mismo fenómeno. Así pues, se identifica que el fenómeno no es estático, cambia, se modifica o evoluciona, debido a las diferentes organizaciones que se van elaborando las personas para su explicación.

Entendiendo los tres puntos principales descritos por Malagón, Ayala y Sandoval en cuanto a la comprensión del fenómeno, es pertinente denotar que para el presente trabajo se tendrá en cuenta dicha perspectiva fenomenológica para el estudio de los fenómenos de la dispersión de la luz blanca y la producción de color, bien sea por adición o sustracción. En tal caso, se destacan las descripciones que estudiantes de secundaria pueden elaborar al respecto y como

se constituye el experimento como una forma apropiada de ampliar las experiencias y formalizar las explicaciones que pueden desarrollar.

4.1 Acerca de la experiencia y el experimento desde la perspectiva fenomenológica

Continuando con las ideas de Malagón, Ayala y Sandoval (2013), se entiende que la práctica experimental tiene un papel fundamental en la construcción y comprensión de los fenómenos abordados en una clase de Ciencias. También se destaca su importancia en la organización y ampliación de las experiencias de los sujetos. Por tanto, se aleja de la idea de ser corroboradora de teorías y se le da un papel mucho más fuerte en la generación de explicaciones.

En contexto, se puede identificar casos puntuales en los que se demuestra lo anteriormente mencionado. Por ejemplo, se destaca al bien conocido “*Experimento Crucial*” descrito en el apartado de *Luz, color y prisma: El fenómeno de la dispersión de la luz blanca*, en este, Newton lejos de querer mostrar que la teoría es verificable con su experimento, realiza una serie de observaciones, con el objetivo de poder ampliar su comprensión del fenómeno y generar así nuevas explicaciones, que sean lo suficientemente sólidas para ser aceptadas por la comunidad científica. Con esto, pudo identificar diferentes aspectos que son sumamente importantes para la comprensión del fenómeno de la dispersión de la luz blanca y además permitió una ampliación de la experiencia que se podía tener, hasta el momento, de las ideas del origen y la producción de los colores, que como se ha mencionado, se limitaba al estudio del prisma.

Ahora bien, si la práctica experimental se entiende así, es importante comprenderla de una manera más profunda, con el propósito de llevarla al aula de clase, por lo que parece apropiado formularse algunas preguntas que pueden orientar este proceso: ¿Qué se busca con la práctica experimental cuando se aplica en el aula de clase? y ¿Cómo se vinculan las experiencias de los estudiantes con la actividad experimental? En relación con esto, siguiendo las ideas de Malagón, Ayala y Sandoval (2013), las respuestas a estas preguntas pueden ser orientadas teniendo en cuenta lo siguiente:

1. En cuanto a la construcción y comprensión de fenomenologías, se debe tener en cuenta que un punto de partida es la experiencia sensible de los sujetos que están inmersos en la actividad que se desarrolla en el aula de clase. Es decir, que estos han vivido situaciones cotidianas y con estas estructuran ideas acerca del fenómeno de estudio, por

lo que pueden generar explicaciones desde sus percepciones, teniendo en cuenta las experiencias vividas y por supuesto lo que comprendieron de estas.

Un ejemplo de esto es realizar preguntas sobre la acción de ver a estudiantes de secundaria, pues si se formulan preguntas del tipo ¿Cómo podemos ver un objeto? o ¿Que se necesita para ver un objeto? surgirán diferentes respuestas que se ligan directamente a la experiencia del estudiante con el fenómeno. Con base en esto, se podrían identificar explicaciones donde se vinculen relaciones entre luz, fuente, objeto y observador (Aldana y Hernández, 2020).

Esto último, muestra un punto de partida para la construcción y comprensión de fenomenologías, no obstante, es importante destacar que no siempre los sujetos cuentan con las experiencias sensibles necesarias para poder instaurar ideas del fenómeno de estudio. Así bien, es necesario primero construir dicha experiencia sensible con la cual se puedan generar explicaciones. Para ejemplificar esto, podemos acudir al color y hablar puntualmente de su producción, en tanto a que no es algo que comúnmente se tenga en cuenta en las situaciones del diario vivir, por lo que la experiencia del sujeto no suele ser suficiente para explicarla y comprenderla. En otras palabras, las personas pueden hablar del color, pero no todos cuentan con las experiencias necesarias para realizar descripciones acerca de su producción.

Normalmente, en el aula de clase cuando se formulan preguntas como: ¿Qué colores se producen a través de la mezcla de diferentes colores? con el propósito de obtener descripciones por parte de los estudiantes con la producción de color, ellos involucran en sus explicaciones al arte, al arcoíris y en ocasiones, mencionan los diferentes colores que desde su experiencia conocen que aparecen por mezclas, como que el azul y el amarillo conforman al verde. Pero, no se suelen hacer descripciones con un grado de formalización más profunda, en la cual se vinculen fenómenos como la dispersión de la luz blanca o la producción de color por adición o sustracción, como lo describían Newton, Goethe o Maxwell.

Entonces, si puntualmente se pregunta por estos fenómenos, parece evidenciarse que la experiencia comienza a palidecer para poder dar una respuesta clara al respecto. Por lo tanto, es necesario comenzar a construir un conjunto de actividades que permita evidenciar algunas condiciones que puedan contribuir en la caracterización de dichos

fenómenos. En este punto, es cuando se puede hacer uso de la actividad experimental, pues esta puede jugar un papel fundamental en la construcción de explicaciones.

2. Otra consideración importante a tener en cuenta es la ampliación de la experiencia. En tal caso, la actividad experimental es fundamental, ya que al ponerla en práctica se logra propiciar discusiones, generar efectos, establecer relaciones y lenguajes con las que los estudiantes amplíen su visión del fenómeno y logren estructurar explicaciones más formales.

Para comprender esto, basta con retomar la elaboración de la rueda de colores de Maxwell. Él tenía una serie de experiencias previas, de la cuál se destaca el hacer girar un círculo de seis o siete colores (círculo de Newton) a una velocidad adecuada y así encontrar que de la mezcla se obtiene un color blanco. No obstante, Maxwell, lejos de conformarse con esto, decidió realizar su propia rueda, la cual, como se mencionó anteriormente, constaba de dos círculos, uno sobre el otro, donde podía variar la proporción de los colores, esto con el objetivo de comparar y observar si era posible identificar cambios en cuanto a la producción del color en relación con dichas proporciones elegidas. Bajo esa mirada, encontró una serie de relaciones que describió mediante ecuaciones, con las cuales pudo ampliar su experiencia y comenzar a describir cómo a través de cualquier triada de colores, en porcentajes adecuados, podría obtener el color blanco.

3. Una tercera consideración, se relaciona directamente con la construcción de formas de entender y comunicar el fenómeno, ya que no solo se transforma esta, sino que además se amplía el lenguaje, con el que el sujeto se refiere a la experiencia. Es así como se comienzan a realizar explicaciones más detalladas, con una organización que va de la mano con factores que se han hecho importantes a través de la ampliación de la experiencia. En otras palabras, se comienzan a realizar formalizaciones más amplias, que lejos de representarse solamente por expresiones algebraicas o matemáticas, pueden aparecer mediante la construcción de palabras, signos, dibujos, procedimientos, proposiciones, entre otras (Malagón, Ayala y Sandoval, 2013).

Dicha ampliación del lenguaje es importante para el sujeto que está estudiando un fenómeno, porque así puede hablar de este de una manera más formal y organizada, lo

cual contribuye a la ampliación de su propia experiencia. Un ejemplo claro de esto es lo descrito en el apartado *observando a través de un prisma: la relación entre el color, la luz y la oscuridad*, donde se describen algunas experiencias y experimentos que Goethe realizó con respecto al color. En este se muestra como él construye sus propias formas de entender el fenómeno y de comunicarlo, alejándose de las expresiones matemáticas o algebraicas y centrándose en describir lo que ve mediante representaciones, palabras, entre otras. Es así, como eventualmente Goethe termina describiendo la relación luz-oscuridad, la cual se liga directamente al fenómeno de la dispersión de la luz, basándose principalmente en la observación y en la ampliación de las explicaciones para la comprensión del fenómeno.

4. Por último, se recalca la concreción de supuestos conceptuales, la cual está relacionada directamente con el proceso de elaboración de instrumentos de medida y escalas de medición para las magnitudes involucradas en el fenómeno de estudio. Estudiar la construcción y reconstrucción de la magnitud y la forma en que se mide, promueve la ampliación de la base fenomenológica, por lo que suscita la comprensión de problemas conceptuales, la formalización y la organización de la experiencia.

Esta elaboración de instrumentos y escalas de medición, suelen ser comunes en la construcción de explicaciones que diferentes sujetos utilizan, con el objetivo de describir un fenómeno. Así bien, es posible destacar como ejemplo a Maxwell, y su contribución a la comprensión del fenómeno de la producción del color y la diferencia existente entre el color del pigmento y el de la luz. Cabe resaltar que sus aportes no solo se dieron por su gran capacidad de observación, sino también por la importante formalización que desarrolló al respecto, lo cual lo llevó a la reconstrucción de instrumentos de medida y magnitudes físicas. Por consiguiente, puede destacarse su construcción de ecuaciones mediante proporciones de color con mezclas, mediante su triángulo cromático y rueda de colores, su reinterpretación a las leyes de Grassmann, su modificación al experimento de Von Helmholtz, el cual ya era una variación del “*Experimento Crucial*” de Newton y su distribución del color mediante longitudes de onda y curvas, solo por mencionar algunas.

En síntesis, cuando se hace uso de la actividad experimental se promueve la organización y ampliación de la experiencia, la cual no es estática, sino que cambia a través de la profundización de esta y aporta a la comprensión del fenómeno. Por esto, se ve la importancia

del experimento y su relación con la experiencia, y cómo estas pueden constituirse como ejes centrales en la construcción del fenómeno, que lejos de mantenerse en un solo punto, comienza a formalizarse, compararse, clasificarse, relacionarse, entre otras. Esto es importante para la generación de explicaciones de los sujetos inmersos en el fenómeno.

En concordancia con lo anterior, nuevamente se recalca que la experimentación no se entiende como una manera de corroborar teorías, pues tiene un papel fundamental en la construcción de nuevas ideas y explicaciones. Entonces, se asume que la actividad teórica está íntimamente influenciada por la actividad experimental y de igual manera, la actividad experimental está relacionada con la actividad teórica.

Además, esto termina contribuyendo en la disolución de la dicotomía entre lo cualitativo y lo cuantitativo, pues no se conoce ciertamente, donde comienza una y termina la otra, en cuanto a que el sujeto constantemente hace uso de ambos en el estudio y explicación de un fenómeno determinado. Es así, que es necesario incentivar la concepción de la actividad experimental como un todo en la dinámica de la clase, con el fin de promover la comprensión de los estudiantes (Malagón, Ayala y Sandoval, citando a Segura, 2013).

4.2 La perspectiva fenomenológica como un recurso en la Enseñanza de las Ciencias

En la Enseñanza de las Ciencias se ha discutido cuáles son los recursos que pueden aportar a la comprensión de los fenómenos en el aula, ya que como se ha mencionado a lo largo de este trabajo, las explicaciones que los estudiantes logran construir con base en experiencias y experimentos, permiten conocer lo que comprenden estos del fenómeno y a su vez, como lo relacionan con otras experiencias que comúnmente hacen parte de su cotidianidad.

Ahora bien, en el estudio de los fenómenos se destaca el uso de instrumentos de medición, los cuales permiten la elaboración de experiencias y experimentos que contribuyen en la construcción de explicaciones de los sujetos. Por ejemplo, si en el aula se plantea la elaboración del círculo de Newton dividido en seis segmentos iguales, cada uno pintado con un color diferente, y se hace que se gire rápidamente, puede que el estudiante realice descripciones en las cuales se destaca la aparición del color blanco debido a las mezclas y la proporción de cada uno. Sin embargo, cuando se hace uso de un instrumento de medición, el cuál involucra que se pueda variar dicha proporción de color en el círculo, como lo hacía Maxwell con su rueda de

colores, pueden aparecer explicaciones más formales, en donde las ideas del estudiante pueda ampliarse aún más.

Es así, como la medición implica avanzar paralelamente en la construcción de la propiedad, así como en la conformación de la fenomenología a la que se encuentra articulada (Ayala, Malagón, y Sandoval, 2011). Se comprende desde esta perspectiva, que la construcción de una propiedad se relaciona con lo que se mide y en qué unidades se toman algunos valores y con estos llegar a la construcción de explicaciones desde la perspectiva fenomenológica.

La perspectiva fenomenológica se podría tomar como un recurso para la Enseñanza de las Ciencias, ya que se puede desarrollar en el aula actividades experimentales que aporten a la construcción de explicaciones donde se puedan generar nuevas preguntas sobre el fenómeno, reconocer las variables y sus relaciones, modificar materiales, entre otros. A partir de esto, se pueden generar nuevos aprendizajes o comprensiones que construyen los estudiantes y con esto nuevos conocimientos.

Retomando el caso de los fenómenos vinculados con el color como: La dispersión de la luz blanca y la producción de color, generalmente se tiene la noción de algunas ideas, como la generación de los diferentes colores de la luz cuando la luz blanca incide sobre un prisma, esto sustentado desde la Óptica Física. No obstante, comúnmente no se hace una profundización al respecto para describir dichos fenómenos, porque no se tienen en cuenta otros aspectos igualmente importantes, como el rol del observador, la diferencia entre un objeto opaco y no opaco, la proporción del color para las mezclas, la relación luz-oscuridad o la diferencia entre luz y pigmento, entre otros.

Por lo anterior, uno de los propósitos de este trabajo es ampliar lo que se “*conoce*” sobre el color, en especial algunos de los fenómenos que están relacionados con el mismo y abordarlos desde una perspectiva fenomenológica, retomando y construyendo diferentes experiencias, dando aportes desde diferentes perspectivas como las de Newton, Goethe y Maxwell. Logrando así, que se generen explicaciones, partiendo principalmente de un estudio histórico, pero también planteando y desarrollando experiencias y experimentos.

Por último, el estudio de la dispersión de la luz blanca y la producción de color es un claro ejemplo de una relación teoría-actividad experimental en la Enseñanza de las Ciencias, porque desde un estudio histórico de algunas fuentes primarias y secundarias, es posible plantear

experiencias y experimentos que pueden ser llevados al aula. En este punto, se resaltan actividades con luces de colores, pigmentos como pinturas o lápices, círculos cromáticos o sombras de colores, por mencionar algunos. Lo anterior basados en un enfoque fenomenológico, ya que se muestra cómo la aplicación de la actividad experimental en ciencias, puede convertirse en un espacio donde se establecen relaciones entre la construcción de fenomenologías y el desarrollo de procesos de formalización y conceptualización.

5. Propuesta de aula: diseño, implementación y sistematización

Se presenta a continuación la descripción del diseño de la propuesta de aula, fraccionada en cuatro momentos y dividida en siete sesiones. Esta propuesta surgió al reconocer que el estudio de los fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad, no se suele tener en cuenta en la enseñanza de la Física, especialmente en los grados de secundaria, como se mencionó en el contexto de origen.

Para la elaboración de esta propuesta de aula, se realizó un estudio histórico desde la perspectiva de recontextualización de saberes, entendido como un recurso para la Enseñanza de las Ciencias. En este, principalmente se acude al estudio de fuentes primarias de Newton, Goethe y Maxwell, con la intención de leer, interpretar, analizar y revisar las preguntas, experiencias, experimentos y explicaciones, que se hacían sobre algunos fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad. A su vez, se tuvo en cuenta las ideas estructuradas en este trabajo de grado acerca de lo que se entiende sobre dichos fenómenos. Por su parte, las actividades fueron elaboradas mediante la perspectiva fenomenológica, estas se estructuraron y se plantearon teniendo en cuenta los fenómenos de estudio, con el propósito de permitir la ampliación de la experiencia mediante el uso de la experimentación.

5.1 Diseño y desarrollo de los momentos

Los cuatro momentos de la propuesta de aula, se construyeron principalmente con experiencias y experimentos relacionados con los fenómenos: la dispersión de la luz blanca y la producción de color por pigmentos y luces. El primer momento, se centró en las experiencias cotidianas que tienen los estudiantes con respecto al color y su relación con los aspectos necesarios para ver un objeto, como: la luz, el objeto, la ubicación del observador y los tipos de fuente de luz.

El segundo momento vincula la relación luz, objeto, oscuridad. Se toman principalmente algunas ideas de Goethe sobre las sombras de colores y su variación con respecto a la relación claro-oscuro y el balance entre la luz y la oscuridad. Allí se presentan una serie de actividades haciendo uso de diferentes fuentes con distintos colores, las cuales se apuntan a un objeto opaco, para generar sombras de colores y con esto se busca que los estudiantes construyan relaciones al respecto.

El tercer momento, se centró en la mezcla de colores y cómo a través de estas se pueden generar nuevos colores hasta obtener finalmente el color blanco. Tomando como punto de referencia algunas ideas relacionadas con la producción de color por adición y sustracción de Newton y Maxwell. Esto a través de la construcción del círculo de Newton con pigmentos y el planteamiento de un experimento que utiliza tres colores de luz (azul, rojo y verde), como lo realizaba Maxwell, mediante diferentes fuentes de luz para generar las respectivas mezclas aditivas y sustractivas.

Por último, en el cuarto momento, se presentan las ideas principales de los pensadores a través de la historia, con el fin de concluir las actividades y que haya un panorama general de los fenómenos estudiados. Por otra parte, se abre un espacio para comentarios y sugerencias por parte de los docentes encargados del grupo de investigación de Ciencias Naturales del Colegio Nuestra Señora de Nazareth y los estudiantes, con respecto al desarrollo de la propuesta de aula.

Con base en lo anterior, se propuso a los estudiantes que construyeran explicaciones acerca de cada momento trabajado en las diferentes sesiones de clase. Con el propósito, de conocer cómo ellos iban estructurando conceptos y fortaleciendo su aprendizaje, con respecto a los fenómenos estudiados. A continuación, se describen las actividades para cada uno de los momentos de la propuesta.

| Momentos | Objetivos⁹ | Descripción de la actividad | Materiales | Tiempo |
|--|--|--|---------------------------|-----------------------------|
| Momento 1: ¿Qué conocemos sobre el color? | (A) Identificar los aspectos necesarios que se tienen en cuenta al momento de describir un objeto unicolor. (B) | Se plantea la descripción de dos situaciones con relación al color: Primera situación Observe cuidadosamente el objeto unicolor que eligió. Dibuje el objeto y coloréalo. | Un objeto unicolor opaco. | Dos sesiones de 60 min c/u. |

⁹ Se plantean dos tipos de objetivos: (A) Hace referencia al proceso que realizan los estudiantes y (B) hace referencia a la investigación.

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| | <p>Conocer las ideas que los estudiantes tienen acerca del color, la luz y la oscuridad.</p> | <p style="text-align: center;">Preguntas</p> <p>¿De qué color es el objeto?</p> <p>¿Ese objeto siempre es de ese color?</p> <p>¿Se puede cambiar el color del objeto sin usar ningún tipo de pintura o producto que lo modifique? ¿Cómo?</p> <p>¿El objeto proyecta algún tipo de sombra? Si lo hace, descríbala.</p> <p style="text-align: center;">Segunda situación</p> <p>Coloque el objeto dentro de una habitación “<i>totalmente</i>” oscura.</p> <p style="text-align: center;">Actividad</p> <p>Realice una representación de la segunda situación.</p> <p style="text-align: center;">Preguntas</p> <p>¿Seguiría siendo del color descrito anteriormente?</p> <p>¿Cómo podría observar de nuevo el color que describió en la primera situación?</p> <p>¿El objeto seguirá proyectando una sombra?</p> <p>¿Qué cree usted que pasaría si variamos los colores de la fuente de luz?</p> | | |
|--|--|---|--|--|

| <p>Momento 2: Relación luz-objeto-oscuridad</p> | <p>(A) Vincular las sombras de los objetos opacos y su color, en relación con los diferentes colores de las fuentes de luz utilizadas.</p> <p>(B) Identificar las explicaciones de los estudiantes con respecto a la producción de color por luz y sombra.</p> | <p style="text-align: center;">Primera situación</p> <p>Coloque papel celofán a una linterna, luego ilumine un objeto opaco dentro de un lugar oscuro.</p> <p style="text-align: center;">Preguntas</p> <p>¿Qué pasaría con el color del objeto?</p> <p>¿Qué color tiene la sombra del objeto?</p> <p style="text-align: center;">Segunda situación</p> <p>Coloque una ficha de dominó de pie en el centro de 1/8 de cartulina blanca. Luego, coloque apuntando hacia una de las caras de la ficha una fuente de luz blanca (linterna). Después, coloque otra fuente de luz con un filtro de papel celofán (verde, amarillo, rojo o azul) apuntando a la otra cara de la ficha.</p> <p>Complete la siguiente tabla con base en la situación.</p> <table border="1" data-bbox="628 1599 1027 1995" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Color de la fuente de luz</th> <th style="text-align: center;">Color de la sombra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Verde</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Amarillo</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Rojo</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Azul</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | Color de la fuente de luz | Color de la sombra | Verde | | Amarillo | | Rojo | | Azul | | <p>Papel celofán de diferentes colores.</p> <p>Linternas.</p> <p>Ficha de dominó.</p> <p>Fondo blanco (1/8 de cartulina blanca).</p> | <p>Dos sesiones de 60 min c/u.</p> |
|---|--|--|---------------------------|--------------------|-------|--|----------|--|------|--|------|--|--|------------------------------------|
| Color de la fuente de luz | Color de la sombra | | | | | | | | | | | | | |
| Verde | | | | | | | | | | | | | | |
| Amarillo | | | | | | | | | | | | | | |
| Rojo | | | | | | | | | | | | | | |
| Azul | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | |
|---|--|---|---|------------------------------------|
| | | Preguntas | | |
| | | <p>¿Qué ocurre con el color de la sombra de la ficha en cada caso?</p> <p>¿El color de la ficha, es del mismo color de la sombra fuente de luz?</p> | | |
| <p>Momento 3: ¿Qué colores se producen a través de la mezcla de diferentes colores?</p> | <p>(A) Reconocer que de la unión de los colores, por pigmentos y luz, se pueden generar otros, hasta obtener el blanco.</p> <p>(B) Analizar las explicaciones de los estudiantes que hacen sobre la producción de los colores.</p> | <p style="text-align: center;">Primera situación</p> <p>Divida un círculo de cartón de diámetro de 10cm en seis partes iguales y pinte cada uno de diferente color (rojo, naranja, amarillo, verde, azul y morado). Luego, haga dos agujeros a 2cm del centro del círculo (uno a la izquierda y otro a la derecha) e inserte 1m de pita. Después, enrolle la pita y gire el círculo rápidamente.</p> <p style="text-align: center;">Preguntas</p> <p>¿Qué pasa con los colores del círculo?</p> <p>¿Qué puede concluir de la situación?</p> <p style="text-align: center;">Actividad</p> <p>Coloque una fotografía del círculo en el Padlet.</p> <p style="text-align: center;">Segunda situación</p> <p>1. Corte un trozo de cartón de 10cm x10cm. Luego, trace y corte un círculo</p> | <p>Cartulina blanca.</p> <p>Cinta.</p> <p>Linternas (mínimo 3).</p> <p>Papel celofán de color azul, rojo y verde.</p> <p>Metro.</p> <p>Cartón paja.</p> <p>Tijeras.</p> <p>Palito de balsa.</p> | <p>Dos sesiones de 60 min c/u.</p> |

| | | | |
|--|--|---|--|
| | | <p>en el centro del cartón con un diámetro de 4cm. Pegue un palito de balsa en el centro del cartón.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Coloque a tres fuentes de luz (linternas) tres filtros de diferente color (azul, rojo y verde) y ubíquelas apuntando al centro de una pantalla (1/8 de cartulina) colocada en una pared. 3. Justo donde la luz de las fuentes está apuntando en la pantalla, coloque el trozo de cartón con el agujero mencionado en el paso 1. 4. Varíe la distancia entre la pantalla y el trozo de cartón <p style="text-align: center;">Preguntas</p> <p>¿Qué colores observa que se proyectan en la pantalla al pasar las luces por el agujero del cartón?</p> <p>A medida que va acercando el trozo de cartón a la pantalla ¿Qué ocurre con los colores de la luz de las fuentes que se están usando?</p> <p style="text-align: center;">Actividad</p> <p>Qué conclusiones podría sacar al respecto de las situaciones.</p> | |
|--|--|---|--|

| | | | | |
|--|---|--|---|------------------------------|
| <p>Momento 4: Reflexiones finales.</p> | <p>(A) Presentar las ideas frente a los fenómenos relacionados con el color, que están relacionadas con los pensadores a través de la historia.</p> <p>(B) Concluir las ideas en torno al color que se desarrollaron en los momentos 1,2 y 3 con el fin de sintetizarlas.</p> | <p>Presentación</p> <p>Mostrar algunas ideas de pensadores a través de la historia y de los estudiantes, con el fin de que ellos relacionen las teorías con sus propias explicaciones.</p> <p>Reflexiones finales sobre la propuesta de aula</p> <p>Encuesta con base en la propuesta de aula, donde los docentes encargados del grupo de investigación dejan sus comentarios y sugerencias.</p> | <p>Presentación elaborada por los docentes.</p> <p>Formulario elaborado en Google Form.</p> | <p>Una sesión de 60 min.</p> |
|--|---|--|---|------------------------------|

Tabla 2. Descripción de los momentos de la propuesta de aula. Fuente: elaboración propia.

5.2 Implementación de la propuesta de aula

Esta propuesta de aula se desarrolló con veinte estudiantes en edades entre los 11 a 16 años del Colegio Nuestra Señora de Nazareth, ubicado en la localidad de Bosa, Bogotá, en el grupo de investigación de Ciencias Naturales,¹⁰ en siete sesiones, a través de videollamadas por la plataforma Zoom¹¹. Además, se desarrollaron siete guías que fueron compartidas por una página web¹² diseñada y creada por los docentes que desarrollan esta propuesta. Esto, con el fin de tener un lugar propio que permitiera almacenar las actividades que realizaron los

¹⁰ El grupo de investigación está abierto para cualquier estudiante del colegio, y su objetivo es que ellos puedan acercarse a experiencias científicas poco comunes en su entorno escolar. Las actividades se desarrollan una vez por semana, los días miércoles y se centran en diferentes experiencias que prepara el docente guía, que puede ser de cualquier asignatura que compone al área de ciencias.

¹¹ Ver Anexo A.

¹² <https://licaheal.wixsite.com/my-site>

estudiantes y organizar los momentos de clase, esto permitió tener una secuencia ordenada para realizar la sistematización de la propuesta de aula.

Por lo anterior, se realizó un análisis de las sesiones de la implementación grabadas en vídeos, las respuestas de las guías, las explicaciones y representaciones que los estudiantes desarrollaron en los momentos propuestos. Para esto, se organizaron los momentos en algunas tablas¹³ para su debido análisis, de los cuales se construyeron los diferentes aspectos y relaciones de análisis.

Por último, se aclara que no se utilizan los nombres de los estudiantes participantes para referenciar sus explicaciones o representaciones, por lo que fueron enumerados de 1 a 20, teniendo en cuenta la lista del curso, debido a que todos ellos son menores de edad.

5.2.1 Descripción y primer nivel de análisis de la propuesta de aula

A continuación, se realiza un análisis de cada uno de los momentos de la implementación de las actividades desarrolladas por los estudiantes del grupo de investigación de Ciencias Naturales, las cuales se organizan teniendo en cuenta sus explicaciones y representaciones.

5.2.1.1 Momento 1: ¿Qué conocemos sobre el color?

Esta sesión de clase se desarrolló con los estudiantes de secundaria del grupo de investigación. Inicialmente se identificaron sus ideas previas, representaciones y explicaciones, que tenían sobre el color, especialmente las que están inmersas en su diario vivir. Además, qué ideas tienen en relación con los fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad, también qué aspectos identifican en dichos fenómenos, como: la luz, la ubicación del observador, las sombras, entre otros.

Con base en lo anterior, se les solicitó a los estudiantes que observaran un objeto unicolor opaco y lo dibujaran, además, que lo colorearán, como se muestra en la siguiente imagen:

¹³ Ver Anexo del B al Ñ.



Imagen 24. Algunas representaciones por medio de dibujos de los objetos opacos. Fuente:
Estudiantes 3, 8, 10 y 15.

Con las representaciones que elaboraron los estudiantes se les preguntó: ¿De qué color es el objeto? Cada uno dió respuesta a la pregunta mencionando diferentes colores. También se identificó que conocen otros colores diferentes a los “*primarios*” o “*secundarios*” que se describieron en el marco teórico de este trabajo. Por ejemplo: “*azul agua marina*” (Estudiante 2, 2021) o “*rojo ladrillo*” (Estudiante 4, 2021).

Después los docentes realizaron la siguiente pregunta: ¿Este objeto siempre es de este color? A lo que algunos estudiantes respondieron: “*Si, pero dependiendo de la iluminación, nuestro ojo lo percibe de diferentes tonalidades, pero siempre sigue siendo del mismo color*” (Estudiante 2, 2021), “*no es de ese color siempre, ya que si lo reflejamos con la luz o donde se encuentre la luz este se va a poner más claro y el color va a cambiar*” (Estudiante 8, 2021). “*Se puede modificar, pero no de forma definitiva, aumentando la cantidad de luz que llega e ilumina al objeto o disminuyéndola*” (Estudiante 9, 2021).

Con base en las respuestas anteriores, se identifica que los estudiantes relacionan el color con la luz, en especial con la que llega al objeto y que a su vez tiene incidencia con la tonalidad de

su color, es decir, se ve más claro si la luz lo ilumina. Por otra parte, se identifica la ubicación del objeto con la respuesta del estudiante 8 y el rol del observador para identificar los colores, como lo mencionó el estudiante 2. Con estos aspectos, se puede comenzar a evidenciar que los estudiantes entablan relaciones entre el objeto iluminado y el color, que viene siendo importante para la descripción de la tonalidad del color del objeto en relación a la intensidad de la luz.

Luego se les preguntó: ¿Se puede cambiar el color del objeto sin usar ningún tipo de pintura o producto que lo modifique? ¿Cómo? Esta pregunta se planteó, con la intención que siguieran identificando otros aspectos relacionados con el color de los objetos, el rol de la luz, entre otros. Ellos respondieron: *“Viéndolo a través de unas gafas de sol, se vería más oscuro el color”* (Estudiante 14, 2021). Con esta respuesta se puede inferir que si se interpone un objeto no opaco con algún tipo de filtro, como una lente oscura, esta permite que el observador vea un color diferente.

También respondieron: *“colocándolo hacia la luz se ve un poco más claro”* (Estudiante 1, 2021), *“si el objeto se refleja directamente con la luz se puede ver más claro, pero si hay poca luz el objeto se ve más oscuro”* (Estudiante 3, 2021), *“si lo coloco en el patio de mi casa se vería más claro porque la luz se refleja en este”* (Estudiante 7, 2021). Para los tres estudiantes es importante la luz para describir el color de los objetos, y con esto saber si la tonalidad del mismo es más clara u oscura, debido a la intensidad de luz que esté incidiendo en el objeto. Hasta este punto, los estudiantes hacen referencia a la relación entre la cantidad de luz con respecto al color del objeto que observan, también se hace un primer acercamiento a la relación claro-oscuro vinculada un poco con la noción de Goethe, referente a que los colores se originan debido a dicha relación.

Para cerrar la sesión, los estudiantes tenían que describir la sombra que proyectaba el objeto unicolor opaco. Este fue un acercamiento, para describir la sombra en cuanto a su color, tamaño, forma, entre otros. Un estudiante describió: *“Al ser un cuerpo opaco el objeto, la luz no lo traspasa, generando así una sombra en dirección de donde proviene la luz. Esta sombra será de la misma forma que el objeto que la produce, ya que si cambiamos el ángulo de la luz o del objeto encontraremos una deformación de esta sombra”* (Estudiante 2, 2021). Con esta explicación, se encuentran diferentes ideas importantes respecto a las sombras, como: la

importancia de los objetos opacos para la formación de estas, la dirección de la luz y el ángulo con respecto a la fuente de luz para describir la forma que tiene.

Otros estudiantes describieron: *“El objeto si proyecta una sombra, ya que es grande y es sólido, al momento que lo ilumina la luz, esta es de color gris y tiene una forma muy similar a la del objeto”* (Estudiante 10, 2021). *“Si tiene una sombra, pero es tipo gris muy claro no se alcanza a ver muy bien”* (Estudiante 11, 2021), *“El objeto si proyecta algún tipo de sombra al ponerlo a contraluz o con una linterna alumbrando el objeto”* (Estudiante 12, 2021). Con base en esto, se identifica que los estudiantes reconocen otros aspectos como: el color de las sombras, ya que lo mencionan como gris, la ubicación de la fuente, y se establece una relación entre la ubicación del observador, el objeto y la fuente de luz. Es de aclarar que no mencionan valores cuantitativos de distancia, pero si hacen uso de esta relación para caracterizar lo que ven y desean explicar, por ejemplo, el tamaño de la sombra.

En la primera sesión del momento uno, se encuentran ideas importantes que los estudiantes del grupo de investigación identifican y que son fundamentales para la comprensión y generación de explicaciones a fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad, como lo son la dispersión de la luz blanca y la producción del color. Aunque no se les solicitó a los estudiantes medir la distancia entre las fuentes de luz, el objeto u observador, ellos identifican que, por ejemplo, para que una sombra se pueda ver depende de la ubicación de los mismos. Además, es importante la iluminación del lugar donde se encuentre el objeto, ya que el color se ve más claro o más oscuro debido a esto. De aquí se tiene en cuenta la relación color-luz-oscuridad.

Por su parte, los estudiantes hacen referencia a los objetos opacos y no opacos como las lentes con filtro, lo cuál se puede relacionar con el fenómeno de la dispersión de la luz, que aunque no se menciona puntualmente, si se comienzan a entablar relaciones importantes al respecto. Esto es importante porque se encuentra un hilo conductor frente a los contenidos que tradicionalmente se abordan en el aula. Como se mencionó en el contexto de origen los fenómenos relacionados con el color no se suelen abordar en las clases de Física de secundaria, y con esto se encuentra la importancia de que se estudien, a partir de experiencias cotidianas, como observar y describir el color de un objeto y sus sombras.

A partir de la primera sesión, los estudiantes del grupo de investigación de Ciencias Naturales, identificaron algunos aspectos vinculados con los fenómenos relacionados con el color y la luz.

En la segunda sesión se pretende vincular la oscuridad, para que haya una relación más profunda, cuando observan los objetos y explican los aspectos y sus características. Las explicaciones para esta sesión fueron escritas, verbales y a través de representaciones. Para iniciar la sesión se planteó la siguiente situación: Coloque el objeto que dibujó en la primera sesión, dentro de una habitación “totalmente” oscura y represéntelo mediante un dibujo. A continuación, se destacan las siguientes representaciones:

Algunas representaciones y explicaciones del momento 1, sesión 2

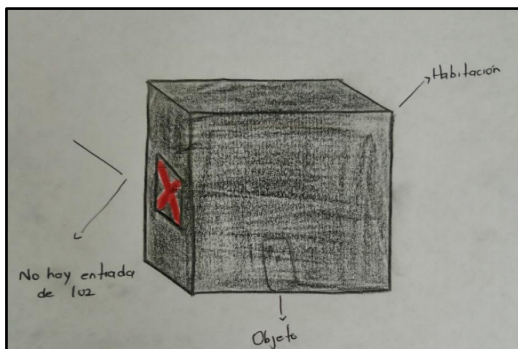


Imagen 25. Representación de la segunda situación del momento 1. 1(A). “Como la habitación esta oscura, quiere decir que no hay luz y el objeto no se puede ver, entonces todo se verá de color negro”. Fuente: Estudiante 2.

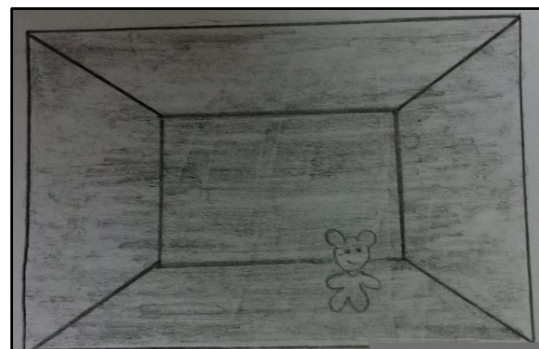


Imagen 26. Representación de la segunda situación del momento 1. 1(B). “El osito de peluche ya no es de color azul, no podría verlo, tendría que iluminarlo”. Fuente: Estudiante 6.



Imagen 27. Representación de la segunda situación del momento 1. 1(C). “Aunque mi objeto desde el principio era de color negro, en este caso no lo podría ver, por eso le



Imagen 28. Representación de la segunda situación del momento 1. 1(D). “Como la habitación no es totalmente oscura se

| | |
|--|--|
| <i>coloque una mancha negra, ese es el color de la oscuridad</i> ". Fuente: Estudiante 12. | <i>alcanza a ver un poquito el color morado del objeto</i> ". Fuente: Estudiante 19. |
|--|--|

Tabla 3. *Algunas representaciones y explicaciones del momento 1, sesión 2.* Fuente: Elaboración propia.

Después de realizar la representación de la segunda situación, se planteó la siguiente pregunta: El objeto que está en la habitación ¿Seguiría siendo del color descrito en la primera situación? Con esta pregunta y sus respectivas explicaciones verbales y escritas, se tiene en cuenta los aspectos que los estudiantes utilizan para vincular los fenómenos relacionados con el color, como se ha mencionado reiterativamente. Como: *"No, porque como no hay luz en la habitación se ve todo muy oscuro"* (Estudiante 1, 2021), *"Si, pero, no se lograra ver, su tonalidad sería oscura, ya que no hay una entrada de luz para que rebote en el objeto y pueda percibir su color y su tonalidad"* (Estudiante 2, 2021).

En las representaciones de los estudiantes y las respuestas a la pregunta, se evidencia que representan a la oscuridad con un color oscuro, como el negro, además, el Estudiante 2 representó la ausencia de luz con una X. Con esto, aparecen elementos que permiten hablar de la relación entre la luz y la oscuridad o como lo llamó Goethe claro-oscuro. En tal caso, en sus explicaciones queda explícito que es necesario iluminar la habitación para identificar el color del objeto, y de no ser así, no habría distinción entre la oscuridad y el objeto, por lo que se representaría con el mismo color oscuro. Esta relación entre el color, la luz y la oscuridad se especifica mejor con la aclaración del estudiante 19, quien describe como la habitación no está totalmente oscura, por lo que se ve un poco el color morado de su objeto.

Luego se preguntó: ¿Cómo podría observar de nuevo el color que describió en la primera situación? A lo que respondieron: *"Habría que buscar una fuente de luz para ver si cambia de color"* (Estudiante 11, 2021). Con esto identifican a la luz, como uno de los aspectos principales en la acción de ver un objeto y describir, por ejemplo, su color. Otro estudiante respondió: *"Puede iluminarse o cambiar el ángulo del observador."* (Estudiante 3, 2021), él reconoce la luz, pero, menciona otro aspecto que es importante: la ubicación del observador. También respondieron: *"Prendiendo la luz de la habitación o algo que refleje luz dentro de ella"* (Estudiante 8, 2021). El estudiante 8, vincula la reflexión de la luz, es decir, que identifica las fuentes primarias y secundarias cuando se observa un objeto.

Por último, se preguntó: ¿El objeto seguiría proyectando una sombra? justifique su respuesta. Con esta pregunta se pretende identificar la generación de sombras a través de la relación luz-oscuridad. Entre sus respuestas se destacan: *“No, porque como no hay una luz y el objeto es muy opaco, no alcanza a proyectar una sombra”* (Estudiante 1, 2021) y *“No, ya que al no haber luz no se puede proyectar una, ya que la sombra es el producto del paso de esta en un cuerpo no opaco”* (Estudiante 2, 2021).

Las respuestas de los estudiantes 1 y 2 hacen referencia sobre la generación de sombras, a partir de la concepción cuerpo opaco, es decir, los que no permiten el paso de la luz. Aunque ellos no lo mencionan como la reflexión de la luz cuando la luz no pasa a través de un cuerpo lo tienen en cuenta en sus explicaciones. Otros estudiantes respondieron: *“No, porque no hay una luz que haga ver su sombra”* (Estudiante 4, 2021) y *“El objeto proyectará sombra si se encontrara una fuente de luz que lo iluminara”* (Estudiante 11, 2021). Con estas respuestas se sigue manteniendo la idea de la relación entre la luz y la oscuridad, es este caso para la generación de las sombras.

Para concluir, las dos sesiones del momento 1 se puede indicar que los estudiantes identifican los siguientes aspectos:

- 1) El observador no suele ser tenido en cuenta para las descripciones, sin embargo, se resalta que para el estudiante 2, el ojo es importante en sus explicaciones, pues se especifica que es en el ojo donde se termina interpretando lo que se ve.
- 2) La luz y las fuentes de luz primarias y secundarias. Además, la intensidad de la luz, aunque no le dan un valor cuantitativo, menciona palabras como: muy iluminado o poco iluminado.
- 3) El color y su relación con la luz y la oscuridad, para explicar las características de los objetos, en especial su tonalidad, intensidad y sombras.
- 4) La generación de las sombras a través de la relación luz-oscuridad. Aspecto que se mencionó a partir del estudio de Goethe sobre el color.
- 5) Los objetos opacos y no opacos, relacionados con los fenómenos de reflexión y refracción de la luz. Los estudiantes mencionan algunos aspectos sobre estos y los asocian con sus concepciones y experiencias sobre el color.

Las explicaciones de los estudiantes, permitieron identificar qué aspectos conocen sobre la relación color-luz-oscuridad, en cuanto a la intensidad del color (clara u oscura), la intensidad

de la luz incidiendo en el objeto y la oscuridad necesaria para conocer la tonalidad del color. Conociendo esto, fue posible diseñar e implementar las actividades del segundo momento, para continuar explicando los fenómenos de estudio de este trabajo.

5.2.1.2 Momento 2: Relación luz-objeto-oscuridad

En el momento 2 se pretende lograr que los aspectos que fueron identificados con anterioridad, se vinculen con la relación entre los objetos opacos, sus sombras, la luz, el color y la oscuridad. En este caso, se plantean dos situaciones, estas tienen como objetivo que los estudiantes, además, de asociar los aspectos descritos en el momento 1, logren ampliar sus explicaciones y describir con mayor detalle las experiencias y experimentos planteados.

Inicialmente en la primera sesión del momento 2, se planteó la siguiente situación: colocarle papel celofán a una linterna, luego iluminar un objeto opaco dentro de un lugar oscuro. A partir de esta situación, se realizó inicialmente la siguiente pregunta: ¿Qué pasaría con el color del objeto si se observa en una habitación iluminada por una linterna y se cambia el color de la luz emitida con un filtro de papel celofán? A continuación, se muestran algunas fotografías tomadas por los estudiantes:



Imagen 29. Algunas fotografías de la situación del momento 2, sesión 1. Fuente: Estudiantes

9, 19 y 20

Algunos estudiantes respondieron: *“La luz al ser de diferente color, el objeto cambia su tonalidad”* (Estudiante 2, 2021), *“Cambia de color, por el papel celofán, ya que por el papel celofán el objeto (la ficha de domino) cambia su color”* (Estudiante 6, 2021). Con las respuestas de los estudiantes se encuentra una relación entre el color de la fuente de la luz y el color del objeto en este caso. Algunos estudiantes iluminaron el mismo objeto del momento uno, *“Cuando ilumino el objeto que use en la primera actividad, con la luz con papel amarillo, este se vuelve un “poquito” amarillo. Y si lo iluminó sin ese filtro, es normal, es decir blanco”* (Estudiante 2, 2021).

Con esta pregunta se busca que los estudiantes noten una relación entre el color del objeto y el color de la fuente que lo ilumina. Por otro lado, algunos estudiantes indican que el lugar donde se realizará este experimento es importante, por ejemplo: *“depende del lugar si está oscuro o si la habitación está iluminada. Entonces, el color depende del lugar”* (Estudiante 2, 2021). Los estudiantes en este momento, logran explicar con mayor propiedad lo que están observando a simple vista, también vinculan los aspectos identificados en el momento uno.

Luego se les preguntó: ¿Qué color tiene la sombra del objeto? Por lo que algunos estudiantes afirmaron que las sombras tienen un color oscuro, mencionaban: gris, gris oscuro o negro. Cabe aclarar que esta experiencia se realizó utilizando diferentes filtros de papel celofán en la fuente, con el fin de evidenciar si los colores de las sombras cambian al hacer dicha variación. Por su parte, los estudiantes al cambiar el color de la luz resaltan lo siguiente: *“Cuando use el rojo, la sombra era negra, lo que cambiaba era el color del objeto”* (Estudiante 13, 2021) y *“La sigue teniendo un poco gris”* (Estudiante 7, 2021).

Es así, como a través de la actividad se destaca que a pesar de cambiar el color del filtro de la fuente, se sigue identificando que las sombras tienen un color gris, gris claro o negra. Para seguir avanzando, se planteó que los estudiantes iluminaran el objeto, sumándole otra fuente de luz. Con base en la situación anterior, ellos realizaron este experimento brevemente, dado que la sesión estaba por terminarse, de esto se destacan unas primeras descripciones interesantes como: *La sombra se ve “roja y amarilla se combinaban y daba un color naranja”* (Estudiante 5, 2021). También: *“Es de color oscuro, pero con un poco de rojo, es así por la luz y el objeto opaco”* (Estudiante 3, 2021). Es importante denotar que los estudiantes explican lo que ven utilizando aspectos que hacen parte de su experiencia, como la mención del objeto opaco.

En general durante la sesión, aunque se realizaron solo dos preguntas, se evidencia un progreso en las explicaciones y generación de preguntas de los estudiantes, como: ¿A qué se debe la tonalidad que tiene el objeto? “*Depende del celofán, se vería más intenso si le coloco más a la linterna*” (Estudiante 15, 2021). Este tipo de preguntas que emergen en la sesión permiten que se vinculen otros aspectos que no se tenían presentes en el diseño de la propuesta de aula, porque permiten ampliar las explicaciones de los estudiantes, además, de realizar un estudio más detallado.

Por último, se destaca el interés que tienen los estudiantes por seguir avanzando en la elaboración de las experiencias y experimentos, tanto así, que decidieron realizar el experimento en la misma sesión y seguir discutiendo sobre esto en la siguiente. En tal caso se resalta al estudiante 2, el cuál rápidamente con lo que tenía en casa, realizó el experimento con las diferentes fuentes y respondió a la pregunta ¿Qué color tiene la sombra? “*Morada*” (Estudiante 2, 2021). Esto también es verificado por otros estudiantes al enunciar “*Se ve morada*” (Estudiante 13, 2021). En la siguiente sesión se realiza este experimento más rigurosamente como se muestra a continuación.

En la sesión 2, se pretendía que los estudiantes lograran explicar detalladamente lo que observan, en el siguiente experimento: coloque papel celofán a una linterna, luego ilumine un objeto opaco dentro de un lugar oscuro, después ubique otra fuente de luz, sin colocarle papel celofán e ilumine el objeto con las dos fuentes, ubicando el objeto en el centro de las dos.

Inicialmente se explicó la ubicación de las fuentes y del objeto opaco y los estudiantes tomaron fotografías de este experimento. A continuación, se muestran algunas de estas.

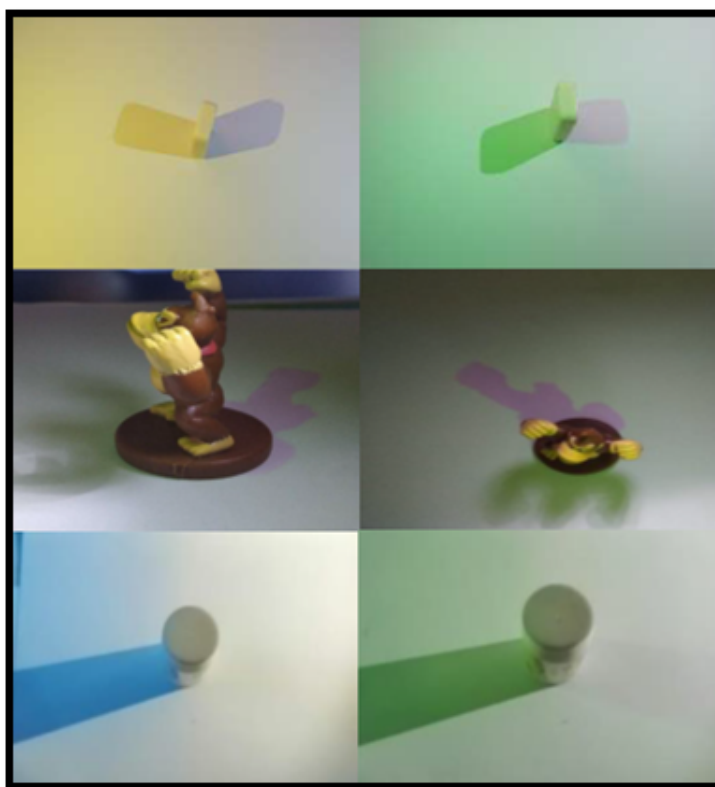


Imagen 30. Algunas fotografías de la situación del momento 2, sesión 2. Fuente: Estudiantes 6, 12 y 16.

Después de realizar el experimento, se les preguntó a los estudiantes: ¿Qué pasa con el color del objeto? Esta pregunta es la misma que se formuló en la primera sesión del momento dos, para contrastar las explicaciones de los estudiantes con respecto al experimento cuando se utiliza una y dos fuentes de luz. A continuación, se presentan algunas respuestas de los estudiantes: *“Por la mitad de la ficha es de un color y en la otra mitad se ve el color original del objeto”* (Estudiante 1, 2021), *“Del lado izquierdo donde la luz de color esta, el color original del objeto tomará una tonalidad parecida al de la luz, sin embargo, el lado derecho donde está la luz blanca, el color del objeto permanecerá igual”* (Estudiante 2, 2021) y *“La ficha se ve de dos colores por un lado del color de la fuente y por otro del color de la fuente de luz en mi caso azul”* (Estudiante 11, 2021).

Cabe mencionar que se elaboró y se presentó a los estudiantes un vídeo con el paso a paso de este experimento, con el fin de que ellos tuvieran una idea general de la situación, este se pausó a medida que ellos iban realizando el experimento, también se hizo como orientación para los estudiantes que no pudieron conseguir más de una fuente de luz (linterna). Para este momento de la sesión, los estudiantes mencionaron que el color del objeto opaco depende del color de la

fuelle. Es relevante como ellos logran interpretar lo que observan. Después se les preguntó: ¿Qué color tiene la sombra que proyecta el objeto? Se muestra una tabla comparando las respuestas de la sesión 1 y 2.

| Estudiante | Sesión 1 | Sesión 2 |
|------------|--|--|
| 2 | <i>“Dependiendo del color de la luz, la sombra será de este tono, pero más oscuro, ya que la luz invade el entorno, nosotros percibimos un color parecido al combinar ese tipo de luz y la oscuridad”.</i> | <i>“La sombra tiene diferentes colores variando el color de la fuente de luz, estos colores se correlacionan estando en el círculo cromático llamándolo así colores armónicos, por ejemplo, si la fuente de luz es verde su sombra se tornará violeta, este color estando en forma recta en el círculo cromático”.</i> |
| 10 | <i>“A veces la sombra se ve negra o gris, utilice el color amarillo para la fuente”.</i> | <i>“Con el filtro el objeto empieza a tener una sombra de color verde”.</i> |
| 13 | <i>“Cuando use el rojo, la sombra era negra, lo que cambiaba era el color del objeto”</i> | <i>“La sombra cambia a un color muy distinto al que habíamos observado anteriormente, en mi caso coloqué papel celofán de color rosado y su sombra otorga un color verde”</i> |

Tabla 4. *Algunas respuestas de las preguntas del momento 2.* Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra cómo los estudiantes explican el experimento, especialmente en la sesión 2, aquí se evidencia un proceso más riguroso en sus explicaciones. Es importante las relaciones que hacen entre el color de las fuentes y el color de las sombras. En la sesión se completó la siguiente tabla:

| Color de la fuentes de luz | Color de la sombra |
|----------------------------|--|
| Verde - Blanco | Rojo claro, morado o magenta. |
| Amarillo - Blanco | Azul claro. |
| Rojo - Blanco | Verde claro o cian. |
| Azul - Blanco | Durazno, salmón, carmelito o amarillo. |

Tabla 5. *Los colores de las sombras de la ficha de dominó, observados por los estudiantes, según el color de las fuentes de luz.* Fuente: elaboración propia.

Para el caso de las fuentes de color verde, rojo y azul en contraste con el blanco, los estudiantes no mencionaron el mismo color de las sombras, sino por el contrario distintos colores. Esto se relaciona un poco con la subjetividad al momento de describir lo que se observa y luego lo que se explica, como lo menciona Goethe. Con esto, se puede ilustrar como la explicación de un fenómeno depende de la interpretación del observador.

Para cerrar la segunda sesión en el vídeo¹⁴ proyectado se mostró un experimento en el cual cuatro fuentes. Los estudiantes explicaron: *“Las sombras se ven de todos los colores, se ve increíble y nosotros pensando que negras o grises”* (Estudiante 12, 2021) Y se preguntó: *¿Qué pasa con los colores? ¿Por qué se invierte el color de la luz con el de las sombras? “Yo creería que, por la posición de las fuentes, como esta diagonal se cruza por eso se ve así”* (Estudiante 2, 2021), *“Como se proyectan, como las cuatro fuentes están apuntando cambian la dirección de la sombra”* (Estudiante 4, 2021). Además se preguntó: *¿Qué pasaría si las fuentes de luz estuvieran más lejos? “Se verían más grandes pero el color no se vería con la misma intensidad”* (Estudiante 8, 2021).

También se preguntó: *¿Qué pasa cuando prendemos la luz? Ya que el experimento está inicialmente propuesto en una habitación oscura, a lo que respondieron: “Se ve, mucho más clara la sombra”* (Estudiante 9, 2021). Además *¿Qué necesitamos para ver bien el color de las sombras? Ellos contestaron: “estar en un lugar muy, muy, pero, muy oscuro”* (Estudiante 7, 2021), *“Que las linternas tengan una buena intensidad”* (Estudiante 14, 2021) y *“lo más*

¹⁴ Ver video: https://youtu.be/ht2YvE0Ms_c

importante que haya buena luz de la fuente, un lugar muy oscuro, así se verá mucho mejor la sombra del color y que yo esté cerca de la ficha, así lo podría ver mejor” (Estudiante 15, 2021).

Con las explicaciones se evidencia cómo los estudiantes logran relacionar los aspectos que identificaron en el momento 1, con los experimentos planteados en las dos siguientes sesiones. Centrados en el fenómeno de la producción de color por la relación luz-oscuridad, se pidió que realizaran una explicación sobre esta situación vinculando aspectos relacionados con el momento 1. A continuación, se presenta la explicación de uno de los estudiantes:

“La luz blanca está conformada por los colores del círculo cromático que podemos visualizar en el arcoíris, pero ¿cómo los percibimos? Muy fácil, los objetos absorben todos los colores de la luz, pero hay algunos que no cumplen esta regla y rebotan, y es el color que ve un observador, por ejemplo, una manzana absorbe todos los colores excepto el rojo, y de esta forma con todos los objetos alrededor, ¿y si no hay luz o esta invadido por la oscuridad?, los objetos serán negros u oscuros, podremos utilizar otros sentidos para sentir su presencia, de la misma manera funciona con el negro, este absorbe todos los colores que proporciona la luz. Podemos encontrar un factor importante, no todas las fuentes de luz serán blancas, si se altera o pasa por filtros de tonalidad cambia su color, y ¿Cómo los objetos se ven?, estos cambian la tonalidad dependiendo el color utilizado, y si utilizamos un cuerpo opaco está creando una sombra que también tenga su propia tonalidad, por ejemplo, si iluminamos un objeto con una luz roja, el objeto tomará tonalidades rojizas y su sombra será de un color verdoso, esto lo podemos entender mejor observando los colores armónicos, también entran en juego factores como el ángulo o posición ya sea de la luz, objeto o el observador” (Estudiante 2, 2021).

La explicación anterior, es muestra de que los estudiantes construyen su conocimiento a partir de la elaboración de experiencias y experimentos, para este caso lo que observan cuando iluminan objetos opacos con una o dos fuentes de luz. Es importante destacar que en las explicaciones se generan otras preguntas que permiten seguir organizando sus explicaciones y como involucran los aspectos identificados del momento uno. Además, se pone de manifiesto que el estudiante 2 utiliza otras fuentes de conocimiento con el fin de complementar lo que se estudió en las sesiones.

5.1.2.3 Momento 3: ¿Qué colores se producen a través de la mezcla de diferentes colores?

En la primera sesión del momento 3, los estudiantes realizaron una actividad con el círculo de Newton, cuyo objetivo era reconocer que de la mezcla de los colores de dicho círculo se formará el color blanco. Desde el comienzo de la sesión, se identifica que los estudiantes generan preguntas que nacen de la curiosidad de la construcción del círculo. Esto se refleja en preguntas como: “¿Profe, los colores que estamos usando son los mismos que veo en un arcoíris? qué curioso” (Estudiante 2, 2021) o “¿Cuál es la razón de usar los colores con ese orden profesores? ¿Por qué no se pueden colocar de otra forma?” (Estudiante 5, 2021). Estas dos últimas, en relación con el orden de los colores que se usan en el experimento.

En tal caso, se muestra cómo los estudiantes van identificando relaciones de orden, en cuanto a que discuten acerca de cómo los colores se distribuyen en el círculo, y su relación con los observados en un arcoíris. De esta situación, se estructuran relaciones de mezclas, al incurrir en preguntas simples por parte del docente como: si mezclas amarillo y rojo ¿Qué obtienes? A lo que se respondió: “El naranja profe” (Estudiantes 5, 2021).

De esta manera, los estudiantes terminan reconociendo como el círculo de Newton se estructura por medio de colores y sus respectivas mezclas, y de esta manera comprenden el orden que tiene. Además, se reconoce que hay indicios de que las mezclas de colores producen a su vez otro color. Es de aclarar que solo se hacen referencias a colores de pigmentos, sin profundizar en la luz, la cual solo es mencionada por la similitud con el arcoíris.

Al terminar la construcción del círculo, y ponerlo a girar, se desencadena una serie de respuestas cuando se formula la pregunta ¿Qué ven? Los estudiantes describen lo siguiente: “Yo veo un montón de colores girando” (Estudiante 1, 2021). “Parece blanco profe, pero no es tan blanco ¿Puede ser blanco?” (Estudiante 5, 2021). “Profe, efectivamente si se ve blanco, solo que debe hacerle mucha fuerza” (Estudiante 5, 2021). “El blanco puede ser porque se pintó el círculo con colores claros. Es decir, que no se les hizo fuerza para pintar” (Estudiante 2, 2021).

En cuanto al comentario del estudiante 1, se identifica que al girar el disco no percibe una mezcla homogénea de colores, sin embargo, con el último comentario del estudiante 5, se puede aclarar qué es el hecho de hacerle más “fuerza” lo que proporciona que las mezclas de colores

se den de una manera adecuada. Esto comprobado cuando el estudiante 1, menciona “*Creo que si es por eso profe*” (Estudiante 1, 2021), en relación con que es necesario hacerle más fuerza.

Por su parte, la palabra “*fuerza*” vuelve a aparecer en el comentario del estudiante 2, pero relacionado con un aspecto diferente al mencionado anteriormente, ya que entabla una relación de los pigmentos utilizados para pintar cada sección del círculo y lo que ve. En este caso, se muestra como este hace alusión a que el blanco puede aparecer simplemente porque no se le hizo suficiente fuerza al pigmento cuando se pintó el círculo, no obstante, esta afirmación es refutada por el estudiante 6, quien muestra como al pintar con “*fuerza*” aún se sigue identificando la producción del color blanco de las mezclas.

Otro aspecto importante para mencionar es que gracias a la observación se comienza a detectar al color blanco como mezcla final de todos los colores, aunque se menciona que el blanco “*no es tan blanco*”. Esto resulta interesante, al percatarse que es una idea que puede relacionarse con lo mencionado por Maxwell, donde hace alusión a los colores “*sucios*”, por ejemplo el “*amarillo sucio*”, haciendo relación a las proporciones de colores necesarias para crear un color, y cómo pueden aparecer diferentes tonos de este dependiendo de dicha composición.

Teniendo en cuenta el color blanco que observaban los estudiantes en el experimento, también se preguntó por la razón de que se produjera. En tal caso, los estudiantes hacían alusión a “*la velocidad*” (Estudiante 5, 2021) o la rapidez del giro del círculo y la mezcla o combinación de los colores producto de esto: “*Yo creo que es precisamente por la misma mezcla, se combinan y aparece el blanco*” (Estudiante 6, 2021).

Es así, como se puede identificar que los estudiantes van construyendo relaciones entre las mezclas o combinaciones de los colores del círculo, y la formación del color blanco. Sin embargo, se destaca la idea de que es necesario que la velocidad o “*rapidez*” del giro sea adecuada para observar el fenómeno. Si bien, se sabe que la velocidad y la rapidez no hacen físicamente alusión a lo mismo, se muestra que estos hacen referencia en estas como sinónimas.

Por otro lado, cuando se habla del uso de mezclas directas de pigmentos comunes a los colores del círculo, como temperas, se pone en evidencia que no aparece el blanco, sino una mezcla oscura. Así pues, aparecen afirmaciones como: “*Eso pasa por que son muy oscuras*” (Estudiante 2, 2021). “*Profe, la razón es que no se está girando*” (Estudiante 6, 2021). En tal

caso, se vuelve a identificar que el giro es necesario para la mezcla adecuada y observar el color blanco, además de exaltar el tono de estos y su relación con la oscuridad. Así bien, aunque brevemente, se hace una alusión a dos tipos diferentes de producción de color: adición, cuyo resultado es el color blanco y sustracción cuyo resultado es una tonalidad oscura.

Otro aspecto a tener en cuenta es que los estudiantes hacen alusión a que la actividad les recuerda directamente a la luz, debido a su color característico: *“Es blanca y por eso me la recuerda, ya que ese tipo de blanco se me parece al que yo veo cuando giro mi círculo”* (Estudiante 3, 2021). *“A mí me recuerda los colores del cielo [...] porque no siempre tiene los mismos colores”* (Estudiante 1, 2021). *“A mí el arcoíris [...] por sus colores de luz, que son los mismos del círculo”* (Estudiante 5, 2021). *“La luz del sol es la mezcla de muchos colores [...] Los del arcoíris, es decir de los colores de luz”* (Estudiante 6, 2021). Esto es una constituyente importante para sus explicaciones, ya que no solo reconocen la similitud de los colores del círculo con los de la luz, sino que además ponen de manifiesto su idea de que la unión de estos también da el blanco. A su vez, vinculan relaciones directas con el cielo, ya que debido a sus experiencias, han evidenciado que este no siempre tiene un mismo color, por lo que parece tener una relación directa con la luz.

Para complementar esta idea, se pregunta a los estudiantes si verían los mismos efectos del experimento del círculo en una habitación oscura. En este caso, unánimemente, la respuesta es *“NO”*. Destacando así, que la luz es necesaria para ver los colores: *“Es necesaria la luz. Es decir, que esté iluminada la habitación”* (Estudiante 6, 2021). Aunque en aclaración a esto se destaca que *“si la luz es azul, el círculo va a quedar azul o bueno, no, se verán todos los colores, pero se ve un poco más el azul”* (Estudiante 1, 2021). Por consiguiente, se evidencia cómo los estudiantes le dan una importancia a luz, no solo para ver los objetos, sino también en la identificación de sus colores, destacando como los diferentes colores de luz, pueden tener incidencias diferentes en cómo percibe el observador el color del objeto. En otras palabras, el color del objeto depende no solo de que lo ilumine la luz, sino también del color de esta.

Algunas fotografías de la actividad del momento 3, sesión 1

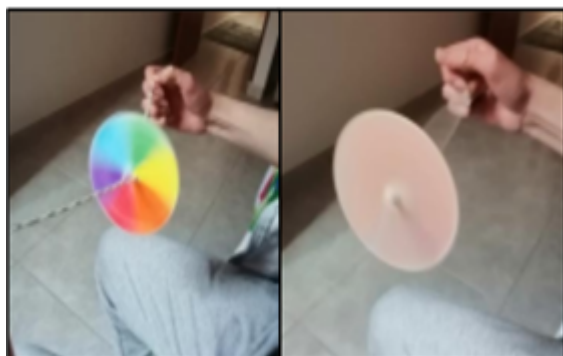


Imagen 31. Fotografía del momento 3, situación 1(A). *“Se ve de un color claro ya que el movimiento que se realiza hace que se unan y esta explica los colores que tiene la luz blanca, esta está conformada por los colores vistos en el disco, estos mismos son los que podemos observar en el arcoíris”.*

Fuente: Estudiante 10.

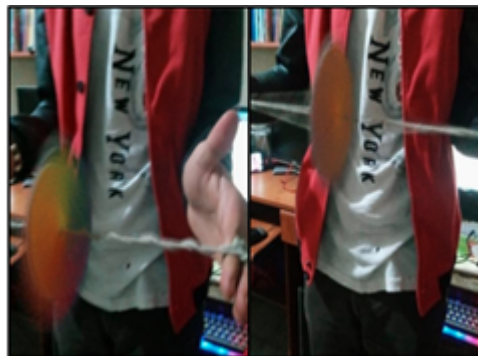


Imagen 32. Fotografía del momento 3, situación 1 (B). *“Se puede ver como los colores reconstruyen el color blanco, pues esto es lo que demuestra el disco de Newton, ya que al girarlo rápidamente el observador evidencia un color blanco a pesar de que el disco sea colorido, con este experimento se concluye que la luz blanca está formada por los colores del arcoíris”.*

Fuente: Estudiante 8.

Tabla 6. *Algunas fotografías y explicaciones del círculo de Newton elaborado por los estudiantes.* Fuente: elaboración propia.

En la segunda sesión del momento 3, se presentó un video¹⁵ guía del experimento a desarrollar, en el cuál se debían utilizar tres fuentes que emiten diferentes luces de colores, en específico los usados por Maxwell en uno de sus experimentos y que denominó primarios, ahora conocidos como RGB.

Desde el primer momento, se identifica que con la elaboración del círculo de Newton los estudiantes tienen en cuenta que de la mezcla de color se forma el color blanco, por lo que al preguntarles por lo que ocurriría si mezclamos los colores de luz, ellos responden que pasará lo mismo. No obstante, esta idea se comienza a discutir cuando el docente (DC)¹⁶ y la docente

¹⁵ Ver video: <https://youtu.be/tvpZFktxCPQ>

¹⁶ DC: Docente-Camilo; DL: Docente-Lina; E: Estudiante y VE: Varios estudiantes.

(DL), formulan preguntas que se relacionan con los colores utilizados por el círculo y los que ahora se usan con las fuentes de luz, destacando la idea de los colores primarios. De esta parte se destaca el siguiente fragmento:

DC: *Se acuerdan de los colores primarios ¿Cuáles son estos?*

E3: *Amarillo, azul y rojo.*

DL: *Pero en este caso no tenemos el amarillo.*

E3: *Lo cambiamos por el verde.*

DL: *Una pregunta ¿Porque se le llaman colores primarios a estos?*

E9: *Esto es porque no se pueden crear.*

E4: *Con la mezcla de estos se pueden “hacer” todos los colores.*

E3: *Es decir que nosotros no podemos usar una mezcla de dos colores para obtener un “primario” como por ejemplo, el amarillo.*

VE: *No, no se puede.*

DC: *Entiendo, es decir que para que sean primarios, es necesario de que no se produzcan bajo ninguna mezcla.*

VE: *si.*

Por lo anterior, se identifica que los estudiantes desde sus experiencias reconocen los colores amarillo, azul y rojo como colores primarios, y a su vez, se menciona que estos no pueden ser obtenidos por mezclas. Por tanto, continúan haciendo relaciones con las diferentes descripciones de los colores, y además se presenta un orden de los mismos, destacando así los que ellos consideran como primarios y cómo de estos se pueden obtener otros más. Ahora bien, aún no se hace una aclaración de porque se usa el verde y no el amarillo. Por lo que al continuar con la actividad y mezclar las luces de las fuentes elegidas, se identifica que los estudiantes comienzan a realizar aclaraciones al respecto.

DL: *Si ustedes me dijeron que no era posible obtener el color amarillo por mezclas, ¿Porque aqui sí se produce por la mezcla del rojo y el verde?*

E3: *Por la mezcla de los primarios, ¡ah! pero el verde no lo es.*

DL: *Si ustedes hacen esto con un color, tinte o témperas ¿obtendrán lo mismo?*

E12: *Busqué por internet y dice que el verde y el rojo dan el café.*

DC: *[Risas] Pero como ven, aquí no ¿Entonces que paso?*

E3: *Profé, hace 8 días mezclamos colores (pigmentos) y hoy luz.*

DC: *Muy bien, cómo se dan cuenta, es un poco diferente. Yo creó que si les hubiera planteado la pregunta de cuál color se produciría de la mezcla entre rojo y verde, nunca me hubieran dicho amarillo. ¿No es verdad?*

VE: *Es cierto, hubiéramos optado por decir café o un color muy oscuro.*

DL: *Eso quiere decir, que ¿cuales son los colores primarios ahora?*

E1: *El rojo, verde y azul.*

E10: *Profes, esos colores yo los vi cuando me acerqué a mi televisor ¿Tienen alguna similitud?*

E3: *¿Es decir que de estos tres colores podemos obtener todos los que vemos en el televisor?*

DC: *Así es. Muy bien, como en este experimento, se supone que con la mezcla de estos, podemos obtener todos los colores o la mayoría, por lo menos, de estos. Así que si acercamos ese cartón aún más a la pantalla ¿Que observamos?*

VE: *Creeríamos que se va ver las mezcla de estos. Es decir, se producirían otros colores.*

En esta discusión se destacan varios aspectos: primero, los estudiantes comienzan a identificar que su concepción de colores primarios (donde mencionan al amarillo entre estos) puede verse variada debido a las mezclas mediante luces que se realizaron, por lo que entablan diferencias entre los pigmentos y la luz. En ese orden de ideas, identifican una nueva tríada primaria de colores donde se destaca el verde, tal y como lo presentó Maxwell, y así mismo destacan algunas de sus aplicaciones, como su uso en las pantallas de los televisores. Segundo, que colores como el amarillo pueden obtenerse por mezclas de colores, algo que no contemplaban hasta que lo observaron. Así bien, describen como la mezcla entre rojo y verde produce el amarillo, lo cuál es algo nuevo para ellos, destacando así diferencias entre sus experiencias cotidianas y lo que desarrollan en el experimento.

Para finalizar, se muestra con el último comentario que los estudiantes, sin necesidad de continuar el experimento, ya conocen que se van a producir más colores cuando acercamos el cartón, promoviendo la mezcla de luces. Por tanto, no solo se muestra su avance en cuanto a la comprensión del fenómeno de producción de color, sino también en su forma de pensar el experimento y hacer predicciones e hipótesis al respecto.

Continuando con el experimento, evidentemente aparecieron otros colores, como lo habían predicho los estudiantes, no obstante, quizá lo que más pareció interesarles fue la formación del blanco de la mezcla de los colores y la aparición del amarillo y naranja, esto debido a que eran colores que no habían utilizado en las fuentes, pero que aún así se percibían. En tal caso se destacan los comentarios: *Sale blanco, sale blanco, blanco* (Estudiante 3, 2021), *Veo (en las sombras) otros colores, un azul verdoso, un azul casi parecido al del orificio, el negro, el rojo y el amarillo o naranja claro* (Estudiante 1, 2021). “*Me parece que es un poco igual, por el resultado. Es decir, obtuvimos el blanco*” (Estudiante 9, 2021). “*Definitivamente el blanco es la unión de todos los colores*” (Estudiante 10, 2021).

Ahora bien, cuando se pregunta por las diferencias o similitudes con el círculo de Newton, y se hacen preguntas con respecto al color de la luz del sol, aparecen otras respuestas que complementan sus explicaciones.

E9: *Me parece que es un poco igual, por el resultado. Es decir, obtuvimos el blanco.*

E3: *Profe, yo pienso que tiene que ver con la relación que tienen en las mezclas, porque los colores azul, verde y rojo sí están en el círculo de Newton, y están sus mezclas también, las cuales vemos cuando acercamos el cartón, es decir que igualmente los mezclamos todos.*

E8: *De acuerdo, por ejemplo la mezcla del azul y el rojo me dan el morado, pero la del verde y el rojo, amarillo, y así sucesivamente se van obteniendo los colores del círculo de Newton.*

DC: *Chicos, si la unión de todos estos colores me da el blanco ¿Eso quiere decir que la luz que llega a ustedes desde el sol, también lo está?.*

E3: *Yo creo que sí.*

E8: *Profe, ahora que lo pienso, cuando yo miro al cielo, veo diferentes colores de luz, pareciera que la luz que llega hasta nosotros si está mezclada con todos los colores, pero por ejemplo, cuando yo miro hacia otras partes no se alcanza a mezclar y se ve rojo, como el atardecer..*

DC: *Excelente, me parece muy buen apunte. Hace ocho días otra persona mencionaba algo parecido, en el momento no le prestamos la suficiente atención, pero fíjense que efectivamente cuando miramos al cielo, vemos diferentes colores de luz.*

E13: *Claro profe, no es lo mismo verlo en la mañana, que en la tarde o en la noche.*

DC: *¿Y de qué depende eso?*

E3: *Profe, podría ser por la posición del sol.*

DC: *¿Se parece a nuestro experimento?*

E5: *Si, aunque no estamos usando la luz del sol, usamos las linternas y depende de su posición que podamos o no ver los colores.*

Dichas comparaciones son interesantes, ya que se presentan relaciones que dan respuesta a por qué en ambos casos (círculo de Newton y experimento con linternas) se produce el blanco de las mezclas. Es así como identifican que es necesario de ciertos colores para que esto ocurra, y que sus respectivas mezclas son fundamentales para el resultado final, por tanto se destacan sus explicaciones de la producción de color por adición.

Por otro lado, aparece otro aspecto clave, y es la posición de las fuentes para la respectiva producción de color, esto se evidencia cuando se afirma que la posición del sol o las linternas influye en el color que se observa en el cielo o la pantalla, respectivamente. Es claro que no solo se trata de las mezclas, sino de la posición de las fuentes y la percepción del observador, en todo caso parece que existe una relación implícita entre estas tres y que repercute en lo que se observa.

Luego, se planteó una nueva interrogante y en las explicaciones de esta, se describieron otros aspectos diferentes . Destacando la siguiente discusión:

DC: *¿Nosotros podemos hacer que la luz blanca deje de ser blanca? [...] ¿Cómo?*

E8: *¿Podría ser por la capa de ozono, profe?*

E15: *Profe, ¿Es parecido a lo que pasa con el arcoíris?*

DC: *Puede ser ¿Cómo se forma un arcoíris?*

E3: *Con agua y con luz.*

DC: *¿Qué papel tiene el agua?*

E3: *Profe, cuando llueve, algunas gotas quedan ahí “flotando” y a través de estas pasa la luz, formando así el arcoíris. Eso sí, pareciera que fuera selectivo el color de la luz que pasa por las gólicas.*

DC: *Entonces ¿Cuál es la similitud que comparte una gota de agua, con el ozono o un vidrio?*

E4: *Que son transparentes.*

E5: *Qué la luz puede pasar a través de estos.*

DC: *Correcto, y si pasa esa luz blanca por el agua, influye en que veamos los colores de un arcoíris.*

DL: *¿Qué similitudes encuentran con el experimento que acabamos de hacer?*

DC: *Es decir, si yo acercaba el cartón a la pantalla ¿Que pasa?*

E2: *Se mezclan los colores y veo el blanco.*

DC: *Y si lo alejo.*

E2: *Se separan.*

DC: *Entonces qué pasa con la gótica y la luz. ¿Qué le pasa a la luz blanca al pasar por la gota?*

E3: *Se separan los colores del blanco.*

DC: *Muy bien.*

E3: *Profe, eso también lo veo en mi mesa de vidrio. ¿Pasa lo mismo?*

DC: *Correcto.*

Mediante las preguntas que se formularon, se identifican explicaciones relacionadas con la dispersión de la luz blanca y su influencia en la comprensión de fenómenos naturales, como la formación del arcoíris; además se hace alusión a la importancia de la translucidez de objetos o sustancias no opacas que contribuyen a lo que se ve. Por tanto, ya no solo se habla de la producción del color, sino también se mencionan otros aspectos a tener en cuenta. Si bien, se había identificado al observador, las fuentes y la luz como aspectos importantes en los fenómenos relacionados al color, también parece valioso resaltar un cambio en el color de la luz cuando esta incide en algo no opaco, como una gota de agua o la misma atmósfera.

Es así como los estudiantes comienzan a realizar formalizaciones que apuntan a fenómenos de la luz más complejos como la refracción, reflexión y dispersión de la luz, esto, sin mencionarlo directamente, pero sí mediante expresiones como: “*Se separan*”(Estudiante 2, 2021), “*se separan los colores del blanco*” (Estudiante 3, 2021) o “*eso también lo veo en mi mesa de vidrio*” (Estudiante 3, 2021).

Al continuar con el experimento y realizar una variación al mismo, haciendo tres orificios al cartón, se preguntó a los estudiantes por lo que veían. No obstante, en esta ocasión, no se centraron solo en la variedad de mezclas de colores que se observaban a través de dichas cavidades, sino también por la sombra del cartón. En tal caso, se pone en evidencia cómo los

colores formados en las sombras son diferentes a los que se perciben a través de los orificios, además de que su mezcla también lo es. Teniendo en cuenta esto, se resalta lo siguiente:

DC: *¿Qué colores ven?*

E1: *Diferentes verdes, azules, rojos, rosado, fucsia, amarillo, morada. Y se ven muchas sombras de colores.*

DL: *Tengo una pregunta. Si en el centro de los círculos se ve blanca la mezcla, porque en el de las sombras, no.*

E4: *Así se veían también cuando fallaban los televisores.*

E8: *Profe, pareciera que no fueran mezclas normales, son como distintas.*

E9: *Profe, pasa como cuando veíamos sombras, donde los colores de estas dependen de las fuentes y al unirse, se ve el negro.*

DC: *Eso que quiere decir, que si para el blanco unimos varios colores, para el negro.*

E2: *Puede que se desunen profe, es decir, si en uno pasa una cosa, en el otro, la otra, creo.*

DC: *Desunir, interesante, ¿Pueden complementar esa idea?*

E8: *Quizá, es por el hecho de que el negro es un color, que por así decirlo, carece de los otros colores. Entonces el negro no es la mezcla de ninguno¿.*

E2: *Profe, creo que para el negro, los colores no se mezclan, sino que por así decirlo se quitan, no sé cómo explicarlo, en cambio para el blanco, si se unen.*

DC: *Muy bien ¿Cómo creen que pasa eso?*

E3: *Pues la única razón es los colores profe, algunas sombras son diferentes colores que los que se ven al pasar por el agujero, quizá cuando estos se “chocan” hacen que desaparezcan.*

DC: *Muy bien niños.*

Se evidencia que algunos estudiantes se percatan de la diferencia entre los colores que se producen por las mezclas de la luz de las fuentes y las que se perciben por las sombras. Por tanto, se comienzan a instaurar explicaciones sobre este fenómeno observado, destacando así, que los colores en las sombras se producen debido a que estos se “desunen”, y que contrario a lo que ocurría con el blanco, en este caso aparecería el color negro como resultado. Este hecho, parece fortalecerse con una afirmación del Estudiante 8, en la que dice que el negro “carece de otros colores” y también cuando el Estudiante 2 afirma que este no es la mezcla de ninguno e

incluso se ejemplifica con el comentario del Estudiante 4 “*Así se veían también cuando fallaban los televisores*”.

Por lo anterior, se destaca que el experimento de sombras de colores de una sesión pasada, fue importante para las explicaciones que se presentan en esta sesión, ya que lograron realizar una observación más detallada, en la que determinaron que las mezclas de sombras y de luces de colores de las fuentes son diferentes. Se exalta así, que los estudiantes logran encontrar que la producción de color no solo se da por adición o “*unión*” de colores, sino que también se da por un proceso contrario, que se menciona como “*desunir o quitar*”, lo cuál se relaciona directamente con la producción por sustracción. Así mismo, se ejemplifica con la mención de la falla de los televisores, un hecho común y cercano a los estudiantes, y los colores RGB.

Finalmente, la sesión termina con las conclusiones de los estudiantes, referente a la actividad, pero que terminan vinculando a otras experiencias, destacándose así las siguientes ideas:

VE: *Se forman muchos colores, como el morado, rojo, entre otros y de la mezcla de estos al acercarse, se unen varios, hasta formar el blanco.*

DC: *Muy bien, pero una pregunta, ¿El morado siempre es el mismo? Es decir ¿No hay otros tipos de morado?*

E8: *Sí profe, está el morado claro, el oscuro y otros más.*

DC: *Ok, y qué necesito para que aparezca ese morado oscuro o bueno cualquier otro oscuro, como el amarillo.*

E3: *Si quiero uno claro, uso blanco, pero si quiero uno oscuro, el negro.*

E6: *Exacto, pero toca tener en cuenta que no se puede usar, ni mucho blanco, ni mucho negro, o se daña el color.*

DC: *Muy bien, las proporciones. Entonces, en conclusión, cuéntenme.*

E3: *De tres colores que podemos llamar primarios, podemos obtener muchos otros más.*

E8: *Las sombras no solo son de un color y al unirse, se desunen para obtener el negro. Y los otros colores, forman el blanco.*

E12: *No es lo mismo mezclar pinturas o colores, que la luz, tienen similitudes.*

E4: *Existen otros colores primarios, como lo son el verde, rojo y azul y con estos podemos obtener otros colores más.*

DC: *Muy bien chicos.*

De este fragmento se exalta que los estudiantes concluyen varios aspectos:

El primero, que de la mezcla entre luces de colores se producen otros colores, que a su vez al unirse, se termina observando el blanco, esto haciendo referencia a la producción de color por adición.

El segundo es que se identifica que no existe un solo tipo de tonalidad en los colores, es decir que se evidencian varios amarillos, por ejemplo, esto debido a la proporción de colores que se utilizan para su producción y el cual puede verse variado por el uso en las mezclas del blanco o negro. Por esto, se resalta como se da una importancia a lo que se conoce como relación claro-oscuro con el color.

Tercero, la concepción de que el amarillo, azul y rojo son la triada de colores primarios, cambió, ya que al realizar el último experimento se modificó el amarillo por el verde, y aún así de la mezcla de este último con el rojo, se obtenía el amarillo. Así bien, aparece una nueva triada de colores primarios conocidos como RGB, la cuál parece más adecuada para la producción de colores en este caso.

El cuarto, es que se encuentra que existen sombras de colores, es decir que no solo son grises o negras, además de que la mezcla de dichos colores, tiene un resultado diferente al de los colores de las luces, ya que para este caso, parece obtenerse el negro, por lo que se concluye que es debido a la “*desunion*” de los colores, lo cuál se relaciona directamente con la producción de color por sustracción.

Por último, se resalta la mención de la similitud que existe entre mezclar luces de colores y pigmentos, conociendo que los resultados no son los mismos, por ejemplo el usar fuentes de luz y compararlo con usar plastilina en cuanto a las mezclas. Por tanto, esto termina siendo importante y se debe tener en cuenta para una ampliación de la propuesta de aula, en donde se pueda identificar directamente cuáles son estas diferencias.

5.3 Construcción de explicaciones por parte de los estudiantes sobre los fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad

Después del primer nivel de análisis del apartado anterior, en este se pretende organizar y analizar detalladamente algunas explicaciones, que construyeron los estudiantes a través de los diferentes momentos de la implementación. Este análisis, se organizó en distintos criterios, en los cuales se tuvo en cuenta los fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad. Estos son: Algunos aspectos necesarios para la descripción del color, el fenómeno de la dispersión de la luz y algunas explicaciones al respecto y el fenómeno de la producción del color y algunas explicaciones al respecto. A continuación se presenta el análisis de cada uno.

5.3.1 Algunos aspectos necesarios para la descripción del color

Mediante un primer análisis de las sesiones de clase, se pudo identificar que los estudiantes para hablar sobre el color, describen algunos aspectos que para ellos son importantes en sus explicaciones. Estos son: La relación entre la luz y el objeto y la formación de sombras, la intensidad de la luz y su influencia en la tonalidad del color y el vínculo que se presenta entre la luz, el color y el objeto. Con base en esto, se realiza una clasificación en tres aspectos que involucran los estudiantes en la descripción del color, presentados a continuación:

5.3.1.1 La relación luz-oscuridad-objeto en la formación de las sombras

Al realizar un análisis de las explicaciones de los estudiantes en el momento 1, se identifica que para ellos la luz es un aspecto importante en la acción de ver, pero además, ponen de manifiesto cómo esto influye en la formación de las sombras y el color del objeto. Para ser precisos, se evidencia que para ellos la ausencia de luz se asocia con la oscuridad representada con un color oscuro, como se muestra en la siguiente imagen:

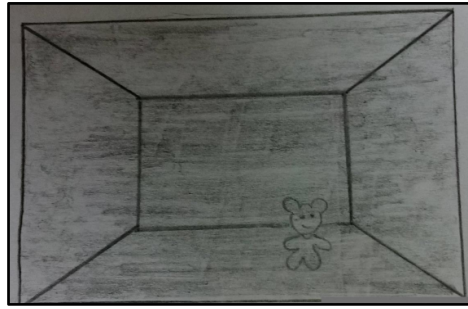


Imagen 33. *Representación de la segunda situación del momento 1.1(B). “El osito de peluche ya no es de color azul, no podría verlo, tendría que iluminarlo”*. Fuente: Estudiante 6.

En esta imagen, se puede observar cómo la oscuridad en una habitación, termina modificando, según el estudiante, el color del “osito de peluche” que en un primer momento fue descrito como azul, pero que ahora toma el color de la “oscuridad”. Por tanto, es de resaltar cómo la luz es necesaria para que el color del objeto pueda observarse y cómo la ausencia de la misma hace que no se pueda ver y por tanto ya no sea de color azul. Además, se puede ver que el estudiante, tal y como lo hacen los demás en sus representaciones, no tiene en cuenta la formación de una sombra, por lo que el hecho de que el objeto se encuentre en una habitación oscura, impide la formación de esta y por tanto, es un hecho que solo se presenta mediante la iluminación del mismo.

Como se mencionó anteriormente, la sombra del objeto es identificada sólo cuando hay una fuente de luz alumbrando el lugar y si el objeto es opaco. Además, se muestra que la variación de la posición de la luz o del objeto tienen incidencia en la proyección de la sombra, esto se sustenta por explicaciones como: “Al ser un cuerpo opaco el objeto, la luz no lo traspasa, generando así una sombra en dirección de donde proviene la luz. Esta sombra será de la misma forma que el objeto que la produce, ya que si cambiamos el ángulo de la luz o del objeto encontraremos una deformación de esta sombra” (Estudiante 2, 2021).

Con base en esto, es pertinente mencionar que los estudiantes vinculan la formación de sombras con la importancia que se le da a la luz y al objeto en sí, mediante su aclaración de que este debe ser opaco, porque dicho material no transparente refleja la luz, por lo que la sombra es un producto de dicha relación. Es decir, que si sobre el objeto opaco incide luz, se formará una sombra, esto queda explícito en representaciones como la siguiente:

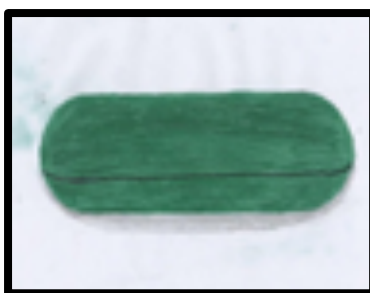


Imagen 34. Representación de un objeto opaco con su sombra. Fuente: Estudiantes 8.

Esta actividad se realizó con el objetivo de que los estudiantes describieran el color de la sombra que se proyectaba en sus objetos. En tal caso, se evidencia que siempre se hacen descripciones de esto, mediante colores oscuros, como gris o negro, por lo que no es para ellos común la aparición de sombras de colores. Así pues, la sombra, tal y como la oscuridad, se produce por la relación entre la luz y el objeto opaco, esto reflejado cuando describen que la luz no “*traspasó el objeto opaco*”.

Con respecto a lo analizado en el momento 2, se identificó otro aspecto importante sobre la relación luz-oscuridad-objeto, como lo menciona el siguiente estudiante: “*depende del lugar si está oscuro o si la habitación está iluminada. Entonces, el color depende del lugar*” (Estudiante 2, 2021). En esta intervención se resalta nuevamente la importancia de la luz, y se añade que el color de los objetos depende del lugar donde se encuentre. Entonces, no es lo mismo observar el color de un objeto en un lugar oscuro, que en un lugar iluminado, porque su tonalidad cambia, debido a la intensidad de la luz, lo cuál termina siendo importante para la enunciación del segundo criterio de análisis.

5.3.1.2 La relación intensidad de luz y tonalidad del color

A lo largo de las diferentes sesiones de clase, se encuentra la importancia que los estudiantes le dan a la tonalidad del color, con relación a la intensidad de la luz que incide en el objeto que se está observando. Sin embargo, se aclara que dicha relación no era uno de los puntos fuertes a tratar en el diseño de la propuesta de aula, pero fue abordada en varios momentos por los estudiantes, por lo que se termina constituyendo como un aspecto importante en la construcción de sus explicaciones.

En el momento 1, se encuentran diferentes explicaciones del color de los objetos en relación con la intensidad de la luz, la cuál no es nombrada explícitamente, pero que sí se tiene en cuenta cuando los estudiantes utilizan expresiones como “*dependiendo de la iluminación*” (Estudiante 2, 2021), “*si lo reflejamos con la luz o donde se encuentre la luz este se va a poner más claro*” (Estudiante 8, 2021), “*aumentando la cantidad de luz que llega e ilumina al objeto o disminuyéndola*” (Estudiante 9, 2021) “*si lo coloco en el patio de mi casa se vería más claro porque la luz se refleja en este*” (Estudiante 7, 2021), entre otras.

Por consiguiente, hablar de la intensidad de la luz, se convierte en un factor clave, no solo para la descripción del color del objeto, sino también en la variación de la tonalidad del mismo, en cuanto a que se describe en repetidas ocasiones que se puede ver más “*claro*” o más “*oscuro*”. Esto se diferencia de las explicaciones del aspecto anterior, donde debido a la oscuridad no se puede ver el objeto, puesto que en este caso sí se puede ver, pero hay una variación en su tonalidad. Esto último, es sustentado por los estudiantes en el momento 2 y 3, cuando se hace énfasis en iluminar el objeto en una habitación oscura, ya que se reconocen situaciones en las que ellos lo describen mediante representaciones y explicaciones. Por ejemplo, se exalta la siguiente explicación y dibujo del estudiante 19:



Imagen 35. Representación de la primera situación del momento 2. “*Como la habitación no es totalmente oscura se alcanza a ver un poquito el color morado del objeto*”. Fuente: Estudiante 19.

Esta experiencia, termina siendo crucial para algunas de las conclusiones a las que llegan los estudiantes en el momento 3, ya que cuando se hace referencia, por ejemplo, a que el color morado siempre es el mismo en términos de su tonalidad; ellos afirman, sin ninguna duda, que esto no es así, sino que existe una gama de colores morados, que dependen de mezclas con colores “*claros*” u “*oscuros*”, que previamente ya habían relacionado con la luz y la oscuridad. Entonces, los estudiantes identifican una relación entre el color del objeto y la intensidad de la

luz, en cuanto a que si hay una variación de esta última, la tonalidad del color del objeto observado cambiaría. Es decir, que la relación claro-oscuro, es importante para la descripción que realiza el observador respecto a esto.

5.3.1.3 La relación luz-color-objeto

A partir del momento 2, se encuentra otro factor importante para los estudiantes, en cuanto a su descripción del color de los objetos. Esta fue la relación que tiene el color de la luz, con el color del objeto, pues ellos comenzaron a vincular en sus explicaciones el hecho de iluminar los objetos con una fuente que emite luz con un color diferente al blanco, esto hace que el objeto cambie al color de la luz que incide sobre este.

Desde este punto, se distingue en las respuestas de los estudiantes este aspecto, tal y como se evidencia a continuación: *“Cambia de color, por el papel celofán, ya que por el papel celofán el objeto (la ficha de domino) cambia su color”* (Estudiante 6, 2021), *“Cuando ilumino el objeto que use en la primera actividad, con la luz con papel amarillo, este se vuelve un “poquito” amarillo. Y si lo iluminó sin ese filtro, es normal, es decir blanco”*(Estudiante 2, 2021), *“Cuando usaba el rojo, la sombra era negra, lo que cambiaba era el color del objeto”*(Estudiante 15, 2021).

En el análisis de estas explicaciones se muestra que los estudiantes a través de las experiencias y experimentos, han logrado identificar que el color de los objetos no es una característica propia del objeto, sino que puede verse modificado por las condiciones del color de la luz. Con esto, se comienza a ver cómo sus explicaciones se van estructurando con un grado de formalización más amplio que al comienzo del momento 1, ya que no solo se habla que el objeto *“siempre es del mismo color”* (Estudiante 1 y 4, 2021), sino que ahora se establecen relaciones entre la luz, el color y el objeto. Esta formalización también queda explícita cuando se comparan explicaciones de los estudiantes en la sesión 1 y la sesión 2 como se muestra en la siguiente tabla:

| Estudiante | Sesión 1 | Sesión 2 |
|------------|--|--|
| 1 | <i>“El objeto tiene el color del papel que se coloque a la fuente de luz”.</i> | <i>“Por la mitad de la ficha es de un color y en la otra mitad se ve el color original del objeto”.</i> |
| 2 | <i>“La luz al ser de diferente color, el objeto cambia su tonalidad”.</i> | <i>“Del lado izquierdo donde la luz de color esta, el color original del objeto tomará una tonalidad parecida al de la luz, sin embargo, el lado derecho donde está la luz blanca, el color del objeto permanecerá igual”.</i> |
| 11 | <i>“Dependiendo del color del papel celofán cambia el color del objeto”.</i> | <i>“La ficha se ve de dos colores por un lado del color de la fuente y por otro del color de la fuente de luz en mi caso azul”.</i> |

Tabla 7. *Algunas explicaciones de los estudiantes de la sesión 1 y 2.* Fuente: Elaboración propia.

En las explicaciones que se presentan la tabla 7, se encuentra que además de contemplar que el objeto cambia de color debido al filtro que se le pone a la fuente de luz (sesión 1), también se pone en evidencia, que la luz blanca no modifica el color “*original*” del objeto (sesión 2). Esto es relevante, en cuanto a la comprensión del porqué el color de los objetos y cómo la luz termina siendo fundamental para que el observador lo perciba de esa manera. En tal caso, aunque no queda explícito el fenómeno, se podría ampliar esta actividad, para comenzar a entablar descripciones sobre la reflexión y la absorción de la luz y su relación con el color.

5.3.2 El fenómeno de la dispersión de la luz y algunas explicaciones al respecto

Para los estudiantes ha sido fundamental mencionar los objetos opacos y no opacos, para describir lo que observan en cuanto a los colores de los mismos. Por esto, aunque no se mencionan propiamente los nombres de los fenómenos que están involucrados con los efectos que se estudiaron, sí se logran establecer relaciones que permiten describir los fenómenos de estudio a partir de experiencias y experimentos, como el observar un objeto, iluminarlo con una fuente de luz, ya sea blanca o de diferentes colores, observar su sombra, hacer mezclas de

colores, entre otros. En ese orden de ideas, aspectos relacionados directamente con el fenómeno de la dispersión de la luz, se suelen tener en cuenta en las explicaciones de los estudiantes, en especial en el momento 3, cuando se establecen analogías y conclusiones con respecto a lo trabajado en cada una de las sesiones.

Cuando se realizó la actividad de la elaboración del círculo de Newton, los estudiantes comenzaron a percibir como la organización de los colores en el círculo, tenían una relación con experiencias previas que tenían, como el observar un arcoíris. Lo cuál fue imprescindible para entablar la relación que tenía este experimento con el fenómeno de la dispersión de la luz blanca. Mediante la elaboración y discusión en el momento, se pudieron identificar diferentes aspectos que los estudiantes mencionan en respuesta a las preguntas o como forma de aclarar ideas que van surgiendo a través de sus respectivas interpretaciones. Por tanto, del análisis realizado hasta el momento se destacan diferentes aspectos, descritos a continuación.

Los estudiantes relacionan la distribución de los colores presentes en el círculo de Newton, con los que desde su experiencia observan en un *“arcoíris”* o en *“el cielo”*, en el *“atardecer o anochecer”*, destacando cómo se mantiene una organización similar en ambos casos. A medida que se iban desarrollando las discusiones en torno al experimento, ellos comenzaron a ampliar y organizar sus experiencias y explicaciones. Esto se puede identificar, por ejemplo, cuando usan frases como: *“la luz blanca está conformada por los colores del disco”* (Estudiante 10, 2021).

Por otro lado, los estudiantes incluyeron, en el desarrollo de las sesiones, su conocimiento acerca de las experiencias que han vivido y que se relacionan al fenómeno de la dispersión de la luz, como observar el cielo o el arcoíris. En el transcurso de la actividad, lograron hacer una relación entre ese conocimiento previo, con lo que observaron en el experimento y con la discusión constante entre los docentes y los estudiantes. Entonces, sus experiencias previas son suficientes para realizar descripciones del porqué el cielo no mantiene un solo color durante todo el día, sino que cambian debido a ciertas condiciones. En tal caso se exalta la pregunta formulada por un estudiante *¿Podría ser por la capa de ozono, profe?* (estudiante 8, 2021). Esto, porqué insta una primera aproximación de que debe existir algo entre el cielo y el sol que hagan que la luz que se observa no siempre tenga el mismo color.

Por su parte, en la explicación que los estudiantes formulan acerca de la formación del arcoíris, se destaca que ellos conocen que éste aparece por una relación entre *“agua y luz”* (Estudiante

3, 2021). No obstante, su forma de explicarlo en el momento 3 difiere de la simple mención del fenómeno natural, como lo hicieron en momentos anteriores, ya que ahora se hacen aclaraciones como que *“cuando llueve, algunas gotas quedan ahí “flotando” y a través de estas pasa la luz, formando así el arcoíris”* (Estudiante 3, 2021). Con esta última afirmación, se puede hacer una analogía entre esta explicación y las primeras ideas que tenía Newton sobre los diferentes grados de refrangibilidad, que cada color de luz tiene al pasar por un prisma y que hacen parte de su explicación acerca de cómo se dispersan los colores.

A su vez, aparece otro factor importante en sus explicaciones y es la mención de los objetos no opacos, que son caracterizados por que son *“transparentes”* (Estudiante 4, 2021) y por lo tanto *“la luz puede pasar a través de estos”* (Estudiante 5, 2021). en sus explicaciones se plantea una relación entre dichos objetos transparentes y la luz que cruza a través de estos, que conlleva a la aparición de los colores en el arcoíris, es decir, se presentan unos primeros indicios de la dispersión de la luz blanca a través de materiales no opacos como el agua o el vidrio. Esto sustentado por los estudiantes cuando afirman que la luz blanca al pasar por una gota se dispersa o en sus palabras *“se separan los colores del blanco”* (Estudiante 2, 2021) o en términos generales *“eso también lo veo (la separación) en mi mesa de vidrio”* (Estudiante 3, 2021).

Aunque puntualmente no se habla de la dispersión de la luz, sí se tienen en cuenta diferentes aspectos que hacen parte de la comprensión de este fenómeno. Así pues, los estudiantes tienen en cuenta: los objetos o medios no opacos como el agua o el vidrio, la separación que tiene la luz blanca al cruzar por dichos medios u objetos y que la luz blanca está conformada por diferentes colores que tienen una organización en específico y que se relaciona con la del arcoíris.

5.3.3 El fenómeno de la producción de color y algunas explicaciones al respecto

Por medio del análisis del momento 2 y 3, es posible identificar que los estudiantes elaboraron explicaciones acerca del fenómeno de la producción de color, en específico, sobre la producción aditiva, sustractiva y por medio de sombras de colores. En tal sentido, a continuación se presenta la organización que surgió a través de dicho análisis.

5.3.3.1 Producción de color por pigmentos y luces

Durante la primera sesión del momento 3, cuando se realizaron observaciones con el círculo de Newton, los estudiantes construyeron explicaciones con respecto a qué pasa cuando se pone a girar este. Inicialmente, describieron la aparición del color blanco o uno “claro” gracias a la mezcla de los colores que componían el círculo y que eran los mismos que aparecen en un arcoíris como se muestra a continuación: *“Se ve de un color claro ya que el movimiento que se realiza hace que se unan y esta explica los colores que tiene la luz blanca, esta está conformada por los colores vistos en el disco, estos mismos son los que podemos observar en el arcoíris”* (Estudiante 10, 2021).

Es así, como algunos estudiantes identifican que los colores pueden mezclarse o “unirse” y así formar el color blanco mediante el uso del círculo de Newton. En este punto, aún no se realizan distinciones entre colores de pigmentos o de luces, pero sí se asocian algunas características de sus mezclas. Es decir, se comienza a describir la producción de color por adición y como esto se observa en el experimento y también en la formación de un fenómeno natural como lo es el arcoíris. Con esto, se retoma el siguiente comentario: *“Profe, cuando llueve, algunas gotas quedan ahí “flotando” y a través de estas pasa la luz, formando así el arcoíris.”* (Estudiante 3, 2021), ya que se comienzan a identificar formalizaciones en cuanto a su manera de describir dicha producción de color, no solo en términos de la dispersión de la luz blanca, sino también de la mezcla aditiva de colores.

Por su parte, se evidencia como ellos en sus explicaciones van ampliando y complementando sus ideas para argumentar sus conclusiones acerca de la producción de color por adición, destacando la siguiente: *“Se puede ver como los colores reconstruyen el color blanco, pues esto es lo que demuestra el disco de Newton, ya que al girarlo rápidamente el observador evidencia un color blanco a pesar de que el disco sea colorido, con este experimento se concluye que la luz blanca está formada por los colores del arcoíris”* (Estudiante 8, 2021).

Entonces, se puede reconocer la importancia del término “reconstruyen” en cuanto a que es otra manera que el estudiante encuentra para describir cómo se presenta la mezcla aditiva de colores mediante el uso del “disco de Newton”. También se destaca de la mención de la “rapidez” como un factor considerable para que se pueda observar el color blanco, debido a las mezclas de los colores, los cuales siguen relacionándose directamente con los que se ven en un

arcoíris. Esta conclusión, termina permeando en general al grupo, ya que varios estudiantes asienten que efectivamente se percibe al color blanco: “*Profe, efectivamente si se ve blanco*” (estudiante 2, 2021); “*Yo creo que es precisamente por la misma mezcla, se combinan y aparece el blanco*” (Estudiante 6, 2021).

Ahora bien, cuando se comienza a hablar sobre el color de la luz del sol, es de resaltar cómo algunos estudiantes hacen alusión de la aparente similitud que tiene con el color que obtienen al girar el círculo, es decir, el blanco: “*Es blanca y por eso me la recuerda, ya que ese tipo de blanco se me parece al que yo veo cuando giro mi círculo*” (Estudiante 3, 2021). Con esta analogía, se comienza a entablar un vínculo entre la experiencia de observar la luz del sol y su incidencia con lo que vemos y el experimento que se planteo, como una forma de descripción de la producción de color.

A partir de lo anterior, se continua con la idea de producción de color, pero esta vez utilizando luces de colores. El experimento descrito en la propuesta de aula en la segunda sesión del momento 3, se utilizó como una forma de que los estudiantes pudieran analizar lo que ocurre cuando hacemos mezclas de colores de luz, utilizando como colores primarios los destacados por Maxwell y nombrados RGB.

En un primer momento, como ya se había establecido en la descripción del momento 3, los estudiantes afirman que los colores primarios son el amarillo, el azul y el rojo, debido a sus experiencias con pigmentos, no obstante, esto entra en discordancia con la noción utilizada en esta actividad experimental donde se usaban otro tipo de colores primarios. Así pues, antes de realizar descripciones del experimento, fue importante la discusión que se desarrolló al respecto y que esclareció las ideas que tenían los estudiantes. De esto se destaca la discusión, cuando se formula la pregunta: *Se acuerdan de los colores primarios ¿Cuáles son estos?*

Aquí se denota, como a través de la discusión, se puede identificar que los estudiantes van aclarando sus ideas acerca de la concepción de colores primarios y van exaltando aspectos que para ellos son importantes para su explicación como que “*con la mezcla de estos se pueden hacer todos los colores*” (Estudiante 4, 2021) o que los colores primarios no se pueden “*crear*” (Estudiante 9, 2021). Sin embargo, luego de la discusión y de la presentación del experimento, al conocer que si se cambia el color amarillo, por el verde, se puede obtener mediante la mezcla del rojo y el azul y amarillo, los estudiantes concluyen que no es lo mismo

mezclar pigmentos, que luces de colores. Esto identificado mediante comentarios como: “*Busqué por internet y dice que el verde y el rojo dan el café*” (Estudiante 12, 2021) y “*Profe, hace 8 días mezclamos colores (pigmentos) y hoy luz*” (Estudiante 3, 2021). Por lo que explícitamente se comienzan a presentar unos primeros indicios de la diferencia entre mezclar luces de colores o pigmentos, una idea explicada por Maxwell.

Otro factor clave surgido a través la discusión fue la identificación de la producción de colores mediante mezclas aditivas, las cuales producen otros colores que al volverse a mezclar terminan generando el color blanco. En concordancia con esto, se presentan explicaciones que elaboraron los estudiantes:

- “*Se forman muchos colores, como el morado, rojo, entre otros y de la mezcla de estos al acercarse, se unen varios, hasta formar el blanco*” (Varios estudiantes, 2021).
- “*Me parece que es un poco igual, por el resultado. Es decir, obtuvimos el blanco*” (Estudiante 9, 2021).
- “*Profe, yo pienso que tiene que ver con la relación que tienen en las mezclas, porque los colores azul, verde y rojo si están en el círculo de Newton, y están sus mezclas también, las cuales vemos cuando acercamos el cartón, es decir que igualmente los mezclamos todos*” (Estudiante 3, 2021).

En estas explicaciones, es claro que para los estudiantes las mezclas aditivas de colores de luz producen otros colores, además del blanco, que era una de las ideas presentadas cuando solo se utilizaba el círculo de Newton para la mezcla de pigmentos de diferente color. Es así, como ellos especifican que es de la mezcla de los colores “*secundarios*” producidos por el rojo, verde y azul que se produce el color blanco. Por tanto, se enfatiza que la idea de mezcla de colores, resulta siendo fundamental en la explicación de la producción de color; lo cuál es un hecho para algunos estudiantes, como el estudiante 10, en especial cuando afirma que “*Definitivamente el blanco es la unión de todos los colores*” (Estudiante 10, 2021).

5.3.3.2 Producción de color por luz y sombra

En el desarrollo del momento 2 se evidenció que los estudiantes a través de la realización de las actividades, lograron identificar cómo mediante la relación luz y sombra es posible producir color. Para este caso, se propusieron experimentos con fuentes de diferentes colores de luz incidiendo en objetos opacos, para así observar sus sombras y con esto construir explicaciones al respecto.

Por lo anterior y realizando una comparación entre las explicaciones de los experimentos de la primera¹⁷ y la segunda¹⁸ sesión del momento 2, se muestra cómo los estudiantes comienzan a ampliar sus experiencias al respecto, detallando cómo las sombras que se producen ya no solo son de un color oscuro, sino que por el contrario pueden ser de distintos colores. Esto se presenta en la siguiente tabla comparativa:

| Estudiante | Sesión 1 | Sesión 2 |
|------------|--|---|
| 2 | <i>“Dependiendo del color de la luz, la sombra será de este tono, pero más oscuro, ya que la luz invade el entorno, nosotros percibimos un color parecido al combinar ese tipo de luz y la oscuridad”.</i> | <i>“La sombra tiene diferentes colores variando el color de la fuente de luz, por ejemplo, si la fuente de luz es verde su sombra se tornará violeta”.</i> |
| 10 | <i>“A veces la sombra se ve negra o gris. Utilice el color amarillo para la fuente”.</i> | <i>“Con el filtro el objeto empieza a tener una sombra de color verde”.</i> |
| 13 | <i>“Cuando use el rojo, la sombra era negra, lo que cambiaba era el color del objeto”</i> | <i>“La sombra cambia a un color muy distinto al que habíamos observado anteriormente, en mi caso coloque papel celofán de color rosado y su sombra otorga un color verde”</i> |

Tabla 8. Algunas descripciones del experimento del momento 2. Fuente: elaboración propia.

¹⁷ En este experimento se iluminó un objeto opaco con una fuente de luz, esta de un color diferente al blanco, con el fin de observar y describir el color de su sombra.

¹⁸ En este experimento se iluminó un objeto opaco con dos fuentes de luz, con el fin de observar y describir el color de su sombra.

A partir de las explicaciones expuestas en la tabla 8 se encuentra que los estudiantes identifican la diferencia del color de la sombra de un objeto opaco, cuando sobre este incide un solo color de luz o cuando son dos. Con esto, ellos entablan relaciones entre la luz que incide en el objeto y cómo a partir de esto, se pueden producir sombras de colores distintos a los que se usan para los filtros en las fuentes. Por ejemplo, el estudiante 2 menciona: *“La sombra tiene diferentes colores variando el color de la fuente de luz, por ejemplo, si la fuente de luz es verde su sombra se tornará violeta”*. Por esto, se especifica cómo a través de estas relaciones se pueden obtener unas descripciones acerca de la producción de color que se da entre el vínculo de la luz y la sombra.

En la segunda sesión del momento 3, como se mencionó en el anterior apartado, se realizó el experimento con diferentes colores de luz emitidas por fuentes que apuntaban al orificio de un cartón. En tal caso, no solo los estudiantes identificaban mezclas aditivas de colores que terminaban produciendo el color blanco, sino que además, ellos pudieron observar que al mezclarse las diferentes sombras de colores del cartón se producían colores diferentes que terminaban uniéndose hasta obtener el color negro. En este punto, se comenzaron a presentar discusiones acerca de este hecho, cuando se formuló la siguiente interrogante: Si en el centro de los círculos se ve blanca la mezcla ¿Por qué en el de las sombras no?

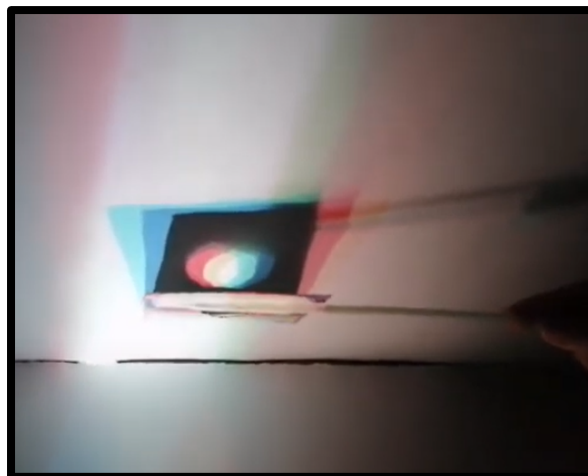


Imagen 36. Mezcla de sombras de diferente color. Fuente: elaboración propia.

Con la pregunta, los estudiantes comenzaron a establecer explicaciones a partir del vínculo entre la luz y la sombra, destacando como el experimento con las sombras de colores fue fundamental para esto. Particularmente cuando ellos dicen: *“Profe, pasa como cuando veíamos*

sombras, donde los colores de estas dependen de las fuentes y al unirse, se ve el negro” (Estudiante 9, 2021).

A su vez, ellos explican que el color negro se genera mediante *“la desunión”* de los colores lo cual es una forma de interpretar la producción de color por sustracción, con esto, se destacan las siguientes explicaciones: *Profe, creo que para el negro, los colores no se mezclan, sino que por así decirlo se quitan, no se como explicarlo, en cambio para el blanco, si se unen* (Estudiante 2, 2021), *“Pues la única razón es los colores profe, algunas sombras son de diferentes colores que los que se ven al pasar por el agujero, quizá cuando estos se “chocan” hacen que desaparezcan”* (Estudiante 3, 2021) y *“Las sombras no solo son de un color y al unirse, se desunen para obtener el negro. Y los otros colores, forman el blanco”* (Estudiante 8, 2021).

Por tanto, los estudiantes hacen distinciones entre la producción de color por adición y sustracción, destacando como en la primera los colores se *“unen”* formando el blanco y en la segunda se *“desunen”* y por esto se forma el negro. Por consiguiente, es posible identificar que en sus explicaciones se tiene en cuenta al color negro como la ausencia de colores o la sustracción de los mismos.

5.4 Consideraciones finales del análisis de la propuesta

Con el análisis de las explicaciones de los estudiantes, se encontraron diferentes aspectos como la relación entre la luz, el objeto y la formación de sombras, también la relación entre la luz, el color y el objeto, estos asociados con los fenómenos abordados en este trabajo de grado. Además, de encontrar otros aspectos que no surgieron a lo largo de la implementación y que no estaban presentes en el diseño de la propuesta de aula, como el vínculo entre la intensidad de la luz y la tonalidad del color. Por otra parte, se evidencia cómo los estudiantes a lo largo del desarrollo de las actividades experimentales logran organizar y ampliar sus experiencias, las cuales terminan siendo sintetizadas por medio de sus explicaciones a modo de conclusión, por ejemplo:

La luz blanca está conformada por los colores del círculo cromático que podemos visualizar en el arcoíris, pero ¿Cómo los percibimos? Muy fácil, los objetos absorben todos los colores de la luz, pero hay algunos que no cumplen esta regla y rebotan, y es el color que ve un observador, por ejemplo, una manzana absorbe todos los colores excepto el rojo, y de esta forma con todos los objetos alrededor ¿Y si no hay luz o está invadido por la oscuridad? Los objetos serán negros u oscuros, podremos utilizar otros sentidos para sentir su presencia, de la misma manera funciona con el negro, este absorbe todos los colores que proporciona la luz. Podemos encontrar un factor importante, no todas las fuentes de luz serán blancas, si se altera o pasa por filtros de tonalidad cambia su color y ¿Cómo los objetos se ven? Estos cambian la tonalidad dependiendo el color utilizado, y si utilizamos un cuerpo opaco está creando una sombra que también tenga su propia tonalidad, por ejemplo, si iluminamos un objeto con una luz roja, el objeto tomará tonalidades rojizas y su sombra será de un color verdoso, también entran en juego factores como el ángulo o posición ya sea de la luz, objeto o el observador (Estudiante 2, 2021).

Es interesante identificar cómo el estudiante 2 a través de su conclusión, termina formulando preguntas que son importantes para la asociación de las actividades propuestas con otros fenómenos relacionados con la luz, como la reflexión y absorción de la misma. También toma en cuenta otros aspectos que son fundamentales para su explicación como lo es: el color de la luz, la sombra del objeto y la ubicación de la fuente de luz, el observador y el objeto.

A su vez, algunos estudiantes hicieron referencia a los objetos opacos y no opacos como las lentes con filtro, estableciendo relaciones relevantes al respecto. Entonces, se encuentra un hilo conductor frente a los contenidos que tradicionalmente se abordan en el aula sobre la luz, como lo son la reflexión y la refracción y otros fenómenos que son esenciales para la descripción de la producción del color; como la dispersión de la luz blanca o las mezclas aditivas y sustractivas, entre otros. Por consiguiente, es posible que esta propuesta de aula pueda ser ampliada para el estudio de dichos aspectos y fenómenos que puedan contribuir a la construcción de explicaciones, por parte de los estudiantes y una mayor comprensión de los fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad.

Para el momento 4 se elaboró un formulario en la plataforma Google Form¹⁹, con el fin de que los docentes a cargo del grupo de investigación en Ciencias del Colegio Nuestra Señora de Nazareth, pudieran responder unas preguntas acerca de la metodología, el proceso de los estudiantes durante las diferentes sesiones, la inclusión de los fenómenos abordados en la malla curricular, la importancia de la experiencia y el experimento y las sugerencias y mejoras a la propuesta²⁰.

La primera pregunta del formulario fue: ¿Considera que la metodología de trabajo (experiencias, experimentos, vídeos y presentaciones) durante las diferentes sesiones fue la adecuada para estudiar algunos fenómenos relacionados con el color? ¿Si? ¿No? ¿Por qué? Los docentes respondieron:

DQ²¹: *Si, fueron adecuadas, ya que permitieron establecer las relaciones entre los fenómenos físicos tratados durante la secuencia, además que generó un aprendizaje significativo por el desarrollo de los conceptos dentro de las actividades experimentales y la secuencia teórica presentada durante los conversatorios y el material socializado por los docentes.*

DB: *Si, los estudiantes logran comprender a partir de la observación de los fenómenos y el control de algunas variables a partir de la experimentación.*

DF: *Si, va desde lo general a lo específico, partiendo de la experimentación.*

En las respuestas de los docentes se exalta como para ellos es adecuada la metodología de trabajo, destacando cómo los estudiantes construyeron un aprendizaje significativo, mediante la observación y experimentación, sin dejar a un lado el hilo conductor de los fenómenos abordados.

La segunda pregunta fue: ¿Qué opinión tiene del proceso de los estudiantes durante la implementación de la propuesta, especialmente frente a la construcción de sus explicaciones?

¹⁹ Ver formulario: <https://forms.gle/TgxxSjDbHetmizJV7>

²⁰ Ver anexo Ñ.

²¹ **DQ:** Docente de Química.

DB: Docente de Biología.

DF: Docente de Física.

Los docentes respondieron:

DQ: *En este caso, el proceso que se desarrollo se vio un avance significativo referente a los conceptos especialmente en la relación del concepto de color y luz, es facil percibir durante la ultima fase de la secuencia, la posibilidad de los estudiantes de responder las preguntas planteadas por los docentes.*

DB: *Los estudiantes estuvieron muy participativos y atentos a los procesos.*

DF: *El proceso de aprendizaje a partir de la experimentación genera en los estudiantes interés y participación autónoma.*

Los docentes comentaron que el proceso de los estudiantes, tuvo un avance significativo, en cuanto a los conceptos relacionados con la luz y el color, debido a su asertiva participación, interés y autonomía en las diferentes actividades, lo cual promovió la construcción de explicaciones.

La tercera pregunta: ¿Considera usted que se debería incluir los fenómenos relacionados con el color en la malla curricular de Ciencias Naturales? ¿Si? ¿No? ¿Por qué? Los docentes respondieron:

DQ: *Se debería tener en cuenta, ya que este permite establecer diferentes conceptos que se aplican de manera teórica tales como radiación, espectro electromagnético y óptica, de igual forma relaciona a nivel interdisciplinar con la química ya que permite la explicación de los modelos atómicos modernos (cuántico y de Bohr) en referencia a interacción de la energía dentro de los sistemas materiales.*

DB: *Si, para que los estudiantes comprendan fenómenos del entorno en las clases.*

DF: *Si, conceptos básicos y cotidianos que traen consigo explicaciones y aplicaciones en diversos fenómenos.*

Unánimemente los docentes consideran que sí deben incluir estos fenómenos, ya que no solo permiten establecer conceptos básicos o cotidianos que llevan a pensar a los estudiantes acerca de los fenómenos de su entorno, sino que también los acerca a los procesos teóricos que pueden estar inmersos en estos y que se pueden extender con relaciones interdisciplinarias con otras Ciencias.

La cuarta pregunta fue: ¿Considera usted que se deben realizar experiencias y experimentos en las clases de Ciencias Naturales, para que los estudiantes comprendan mejor los fenómenos y puedan generar explicaciones al respecto? ¿Sí? ¿No? ¿Por qué? Ellos respondieron:

DQ: *Si, esto permite fomentar el pensamiento científico y las habilidades ya sean a nivel de exploración, interpretación, análisis y resolución de problemas de los estudiantes, de igual manera al ser una experiencia vivencial fomenta el desarrollo de la integralidad del estudiante.*

DB: *Si, a partir de la experimentación se pueden observar los fenómenos y comprender porqué ocurren.*

DF: *Si, los estudiantes retienen con mayor facilidad lo aprendido, mediante la experimentación, se observa que es más significativo.*

Ellos comentaron que mediante el uso de la experiencia y experimentación en los estudiantes se puede fomentar el pensamiento científico y habilidades para la resolución de problemas mediante la observación de los fenómenos y el preguntarse el por qué ocurren. Además, se resalta que con esto pueden apropiarse con mayor facilidad de lo que están aprendiendo.

La quinta pregunta fue: ¿Qué sugerencias tiene acerca de las diferentes actividades? ¿Qué posibles mejoras plantearía en dichas actividades? Los docentes respondieron:

DQ: *La secuencia debería ser un poco más larga, donde se aborden más los conceptos referentes a la interpretación del concepto de luz y oscuridad dentro de los planteamientos tratados por los docentes. De igual forma, el uso de simuladores online permitirá fomentar la posibilidad de comparar el fenómeno realizado por el estudiante con lo teórico.*

DB: *Ninguna.*

DF: *Las sesiones no tan lejanas, quizá dos veces por semana, articulación con otras áreas.*

Los docentes resaltan que la propuesta de aula puede ser más extensa, con el propósito de profundizar sobre los conceptos de la luz y la oscuridad. Por su parte, se sugiere el uso de simuladores en línea, para contrastar lo elaborado por los estudiantes en los experimentos. Por último, recalcan la articulación de esta propuesta a modo interdisciplinar con otras áreas.

En el ejercicio con los docentes de Ciencias, se identifica que la propuesta de aula fue pertinente y apropiada para abordar algunos fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad; teniendo en cuenta, la importancia del rol de la experiencia y del experimento en las clase de Ciencias. A su vez, la propuesta promueve la participación, interés y autonomía de los estudiantes, lo cual contribuyó en su aprendizaje, la comprensión de los fenómenos y la construcción de explicaciones propias al respecto.

6. Conclusiones

A través del desarrollo de este trabajo de grado, se identifica que los aspectos que se pueden tener en cuenta para diseñar una propuesta de aula que aborde algunos fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad pueden ser: primero, a partir de un estudio histórico, desde la perspectiva de recontextualización de saberes, se destaca la pertinencia del estudio de los fenómenos a través de diferentes ideas propuestas por personajes a través de la historia como Newton, Goethe y Maxwell; las cuales permitieron la organización y planteamiento de explicaciones propias. Segundo, teniendo en cuenta la perspectiva fenomenológica, se resalta el planteamiento de experiencias y experimentos que vinculan los aspectos encontrados en el estudio histórico, con lo desarrollado en las actividades de la propuesta de aula. Esto, promueve la comprensión de los fenómenos y amplía la experiencia que se tienen sobre estos, desarrollando en su estudio nuevas interrogantes que resultan importantes para la generación de explicaciones propias al respecto.

Por otro lado, se muestra la importancia de estudiar los fenómenos relacionados con el color en las clases de Física, porque se evidencia que los estudiantes logran ampliar sus conocimientos acerca del color, la luz y la oscuridad y generar explicaciones propias que asocian con diferentes fenómenos como la dispersión de la luz y la producción de color. Por su parte, se destaca que dicho estudio no implica una modificación a los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) de Física, ya que se termina vinculando con el estudio de la luz y fenómenos relacionados, como la reflexión y la refracción de la misma.

A continuación, se presentan los aspectos de orden históricos y fenomenológicos que están relacionados con la construcción de explicaciones de los estudiantes, sobre los fenómenos vinculados con el color, la luz y la oscuridad, que se destacan a través del trabajo de grado. Además, de los aportes que mencionaron los docentes a cargo del grupo de investigación en Ciencias, donde se realizó la implementación. Por último, se sugieren algunas ideas para la ampliación de la propuesta de aula y vínculo de la misma de una manera interdisciplinar.

6.1 Acerca de los estudios históricos y su rol en la Enseñanza de las Ciencias

Cuando los docentes acuden a la Historia de las Ciencias, reconocen las dinámicas sociales bajo las cuales se crearon, se consolidaron y se difundieron las diferentes teorías, que abarcan la comprensión de los fenómenos. Cabe destacar, que los docentes, además, de conocer la Historia de las Ciencias, deberían utilizarla en su contexto. Hecho que muestra a esta figura como sujeto social conocedor de las teorías y su contexto de origen. Todo lo anterior posibilita nuevas perspectivas en la Enseñanza de las Ciencias.

La contribución a la Enseñanza de las Ciencias que se puede derivar de un estudio histórico, sobre algunos fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad, desde la perspectiva de la recontextualización de saberes, permite abordar la enseñanza de estos fenómenos desde otra mirada. A partir de esto, es pertinente estudiar las fuentes primarias de los personajes a través de la historia, para llevar estos estudios históricos al aula, construir actividades y desarrollarlas con los estudiantes, ya que estas fuentes muestran algunas ideas, preguntas, reflexiones, sobre cuáles eran las problemáticas y cómo se constituyeron sus teorías.

Considerando lo anterior, con la elaboración del estudio histórico y la revisión de algunas explicaciones respecto a los fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad, como docentes nos aportaron nuevas ideas frente a la enseñanza de dichos fenómenos, por ejemplo, la diferencia entre la mezcla de colores por pigmentos y luz, la proporcionalidad de los colores para la producción de otros, la producción de color por adición, sustracción y sombras, entre otros. Por lo que al analizar las ideas de diferentes autores como Newton, Goethe y Maxwell, los cuales describieron la dispersión de la luz blanca y la producción del color, nos permiten considerar que en ocasiones no se tienen en cuenta aspectos importantes como: el rol de la luz, la intensidad de la luz para describir el color del objeto, la relación claro-oscuro, entre otros, estos son importantes para el estudio de las temáticas que se abordan en el aula.

Entonces, es imprescindible mencionar que en cursos de física de educación básica, comúnmente no se realiza una descripción detallada a los fenómenos relacionados con el color. Es decir, no se tiene en cuenta el proceso de constitución del fenómeno y de la formalización que se presenta como un producto acabado en los libros, pero al acudir a la historia es posible reconocer su proceso. Esto se evidenció a partir de la revisión de algunos libros de texto o páginas web, mostrados en el contexto de origen que se usan habitualmente en las clases de

Física. Por consiguiente, la Historia de las Ciencias y sus aportes posibilitan a los docentes y estudiantes, una perspectiva más detallada y crítica sobre los fenómenos de estudio que se abordan en el aula.

6.2. Construcción explicaciones de los estudiantes sobre los fenómenos de la dispersión de la luz blanca y la producción de color

Con respecto a la dispersión de la luz, se identificó que los estudiantes, en un primer momento, relacionan este fenómeno con la organización de los colores que conforman el arcoíris y que están presentes en el círculo de Newton. Sin embargo, a través del desarrollo de las diferentes actividades describieron otros aspectos que fueron necesarios para la elaboración de sus explicaciones, como: los objetos o medios no opacos como el agua y el vidrio, la separación de la luz blanca cuando incide y cruza a través de dicho medio y por supuesto cómo al ocurrir esto, se identifica que la luz blanca está compuesta por diferentes colores, organizados de manera específica que al volverse a unir componen de nuevo el color blanco.

Por su parte, con el fenómeno de la producción de color, los estudiantes lograron establecer dos relaciones al respecto. La primera en cuanto a la producción de color por pigmentos y luces, donde se describe la importancia que tiene la luz y su incidencia en los objetos opacos. Además, de destacar la mezcla aditiva entre los colores, donde se menciona la distinción entre los colores de los pigmentos como témperas o plastilina y las luces emitidas por las fuentes. En la segunda, se denota la coherencia existente entre luz y sombra en la producción de color, en la cual se hace un énfasis en las mezclas aditivas y sustractivas de luces de diferente color, para generar otros más.

En esta última, los estudiantes logran construir explicaciones acerca del fenómeno a partir de experiencias con sombras de colores y fuentes de luz incidiendo en objetos opacos, dando a conocer como desde sus discusiones van determinando elementos claves para la construcción de sus explicaciones, como: los colores primarios, resaltando que no solo se usan el rojo, amarillo y azul (RYB), sino también el rojo, verde y azul (RGB). La observación detallada a las mezclas que se dan entre los colores de luces y las de los colores de las sombras, ya que en el primer caso se presenta una producción aditiva y en la segunda una sustractiva. Y por supuesto, como la oscuridad tiene incidencia en la tonalidad del color, acercándose a una

primera aproximación de la proporcionalidad de color necesaria para la generación de cualquier otro teniendo como base solo tres colores primarios.

A partir del análisis de las respuestas de los docentes encargados del grupo de investigación en Ciencias, con quienes se implementó la propuesta de aula, se puede destacar cómo para ellos esta fue pertinente, no sólo para suscitar el interés de los estudiantes por fenómenos físicos relacionados con el color, la luz y la oscuridad, sino también como una forma de promover la participación de ellos, como protagonistas en la construcción de su propio aprendizaje.

6.3. El rol de las experiencias y de los experimentos en la construcción de explicaciones

El papel de las experiencias y los experimentos en el desarrollo de las clases es relevante, ya que posibilita ampliar el estudio de los fenómenos de una forma activa, lo cual permite la construcción de explicaciones, a partir de experiencias como: ver un objeto, iluminarlo con diferentes colores de luz, observar sus sombras, mezclar luces de diferente color, entre otras. También, las experiencias y los experimentos planteados por los autores del presente trabajo, complementan el conocimiento previo de los estudiantes, integrándose así al adquirido por ellos mediante otras fuentes de conocimientos. Con esto, se evidencia que los experimentos no funcionan como corroboradores de teorías, sino que posibilitan la ampliación de las experiencias y conocimientos de los estudiantes, permitiendo que estos generen preguntas y explicaciones a los fenómenos que se están estudiando.

Se resalta la importancia de la construcción de explicaciones a través de la experiencia y el experimento desde una perspectiva fenomenológica, ya que estas permiten propiciar espacios de discusión, donde los estudiantes pueden identificar aspectos imprescindibles para la explicación de fenómenos relacionados con el color, la luz y la oscuridad como: la relación entre la luz, el objeto y la formación de sombras o la relación entre la luz, el color y el objeto. Además, logran reconocer otros elementos que enriquecen sus explicaciones y aportan a la propuesta de aula, como el nexo entre la intensidad de la luz y la tonalidad del color.

También, se identifica que los estudiantes conocen algunos aspectos importantes en los fenómenos que se abordaron, como: la importancia de la luz, como ésta ilumina a los objetos, permite observarlos y asignarles un color, además, de diferenciar los objetos opacos y no

opacos. Esto debido a experiencias cotidianas que han vivido, las cuales les permite construir algunas explicaciones sobre los fenómenos de la dispersión de la luz y la producción de color. Por su parte, esto puede promover que el estudiante se acerque a concepciones más elaboradas y formalizaciones con un nivel de profundización mayor.

Por otro lado, se hace notable el interés de los docentes del grupo de investigación en Ciencias (donde se implementó la propuesta) por hacer uso de las experiencias y experimentos en las clases de ciencias, lo cual es importante para los estudiantes, en especial en el desarrollo de su pensamiento científico y sus habilidades para la resolución de problemas mediante la observación. Además se recalca cómo desde sus sugerencias se hace evidente el posible vínculo que puede presentarse entre estos fenómenos con otras áreas de conocimiento, por lo que se puede ampliar la propuesta de aula teniendo en cuenta una perspectiva interdisciplinar.

Por último, con el diseño, implementación y análisis de la propuesta de aula, es importante mencionar los posibles temas que son pertinentes ampliar para mejorar la comprensión de los fenómenos trabajados, como: el análisis matemático de los valores cuantitativos, por ejemplo, las cantidades de pigmentos que propuso Maxwell, para lograr la producción de un color o el análisis de las diferentes longitudes de onda que tiene un color. Estos permiten al estudiante construir descripciones más amplias. Por otro lado, en las explicaciones de los estudiantes se muestra el interés por utilizar fuentes de conocimiento diferentes a las utilizadas en las sesiones de clase, ya que aparecieron términos como círculo cromático y colores armónicos. Esto demuestra que la propuesta presentada en este trabajo puede ser ampliada, con el propósito de buscar otras experiencias o experimentos que aclaren estos términos y enriquezcan las explicaciones en los procesos en la Enseñanza de las Ciencias.

Referencias

Aldana y Hernández (2020). Algunas explicaciones sobre la reflexión y refracción de la luz con estudiantes de grado Undécimo (tesis de Especialización). *Universidad Pedagógica Nacional*, Bogotá D.C.

Ardila y Maldonado (2011). Prismas y dispersión de la luz blanca. *Procesos del Saber Física*. Cali: Helmer Pardo. Grupo Educativo.

Ayala, M. (2006). Los análisis históricos críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-Posições*, 17(1), 1-19.

Ayala, M., Malagón, F., & Sandoval, S. (2011). Magnitudes, medición y fenomenologías. *Revista enseñanza de la Física*, 24(1), 43-54.

Barros, N, Pena, C, y Gomes, W. (2017). O “Experimento Crucial” Das Cores de Newton e algumas contribuições no processo de formação de professores de física. *Revista Interfaces*, 5, 235-246.

Boscarol (2011). Las funciones colorimétricas del ojo humano. Obtenido de: http://www.gusgsm.com/maxwell_las_funciones_colorimetricas_del_ojo_humano

Boetiüs, H. (Dirección). (1993). *La luz, la oscuridad y los colores. La teoría del color de Goethe. Película.*

Buffa y Lou. (2007). Producción de color por adición y sustracción. *Física*. México: PEARSON Educación.

Calvo, I. (2014). Cuatro aproximaciones a la teoría de los colores de Johann Wolfgang von Goethe. *Universidad de Chile*. Obtenido de <http://revistadisena.com/teoria-de-los-colores-de-goethe/>

Cevagraf (2018). La teoría del color: Mezcla aditiva y mezcla sustractiva. *Cevagraf*. Obtenido de: <https://www.cevagraf.coop/blog/introduccion-a-la-teoria-del-color/>

Castillo, J. (2008). La Historia de las Ciencias y la formación de maestros: la recontextualización de saberes como herramienta para la Enseñanza de las Ciencias. *Revista Nodos y nudos*, 8.

Fernández. (2021). Representación de la dispersión de la luz blanca, mediante el prisma de Newton. *Fiscalab*. Obtenido de: <https://www.fiscalab.com/apartado/dispersion-luz>.

Garay, F. (2011). Perspectivas de historia y contexto cultural en la enseñanza de las ciencias: discusiones para los procesos de enseñanza y aprendizaje. *Revista Ciencia y Educación*, 17(1), 51-62.

Goethe, J. W. (1810). Teoría de los colores. 1-586. *John Murray*.

Granés, J., & Caicedo, L. M. (1997). Del contexto de la producción de conocimientos al contexto de enseñanza: Análisis de una experiencia pedagógica. *Revista Colombiana de educación* (34), 1-11.

Granés, J. (1998). La teoría de Newton sobre la óptica de los colores y el debate con el empirismo científico. Necesidad matemática y causalidad física, Newton y el Empirismo (pp. 17-34). Universidad Nacional de Colombia.

Granés, J. y Caicedo, L. (1990). Del contexto de la producción de conocimientos al contexto de la enseñanza. Análisis de una experiencia pedagógica. *Universidad Pedagógica Nacional*, 1-10.

Hernández, L. (2021). La recepción de las teorías de la relatividad en Colombia. Estudio histórico a partir de la perspectiva de la recontextualización de saberes. *Editorial Académica Española*.

Malagón, J, Ayala, M, y Sandoval, S. (2013). La actividad experimental: Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. *Construcción de fenomenologías y procesos de formalización: un sentido para la Enseñanza de las Ciencias*. (pp. 89-102). Universidad Pedagógica Nacional.

Max Kohl (1906). Disque coloré de Newton. Universidad de la Plata.

Maxwell, J. (1860). On the Theory of Compound Colours, and the Relations of the Colours of the Spectrum. *Royal Society*, 57-84.

Ministerio de Educación Nacional (2016). Derechos Básicos de aprendizaje de Ciencias Naturales. *Colombia Aprende*.

Newton (1704). *Opticks: or, a treatise of the reflexions, refractions, inflexions and colours of light. Also two treatises of the species and magnitude of curvilinear figures*. *Royal Society*.

Newton, I. (2001). *Philosophical Transactions*. (Granés, Trad.). (Obra original publicada en 1671/2). *Royal Society*.

Orozco, J. (2005). Los estudios histórico-críticos y la enseñanza de las ciencias. *Atajos y desviaciones*, 1-13.

Ospina, L, Tobón, E, y Marín, N. (2010). Newton y la teoría de Color: A propósito de la formalización de los fenómenos [Tesis, Universidad de Antioquia]. Repositorio Institucional-Universidad de Antioquia.

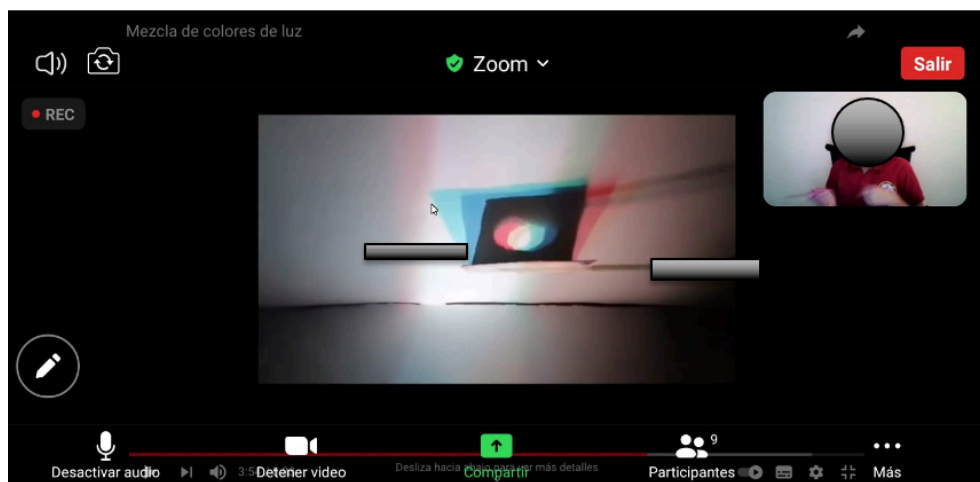
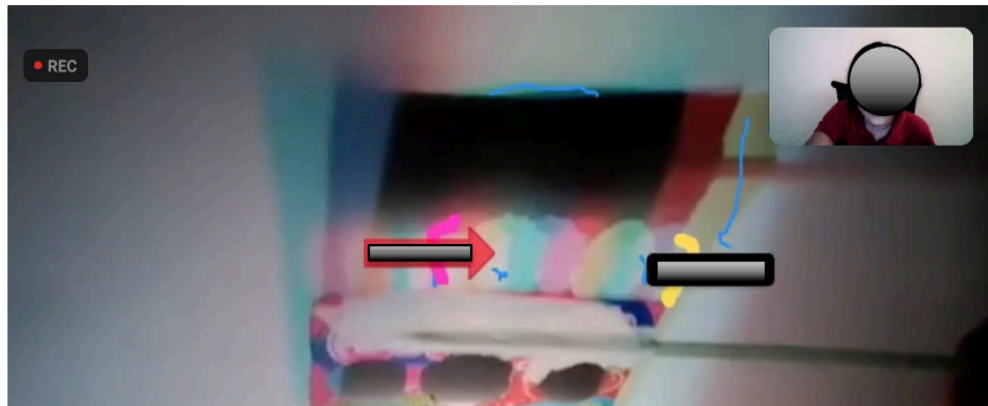
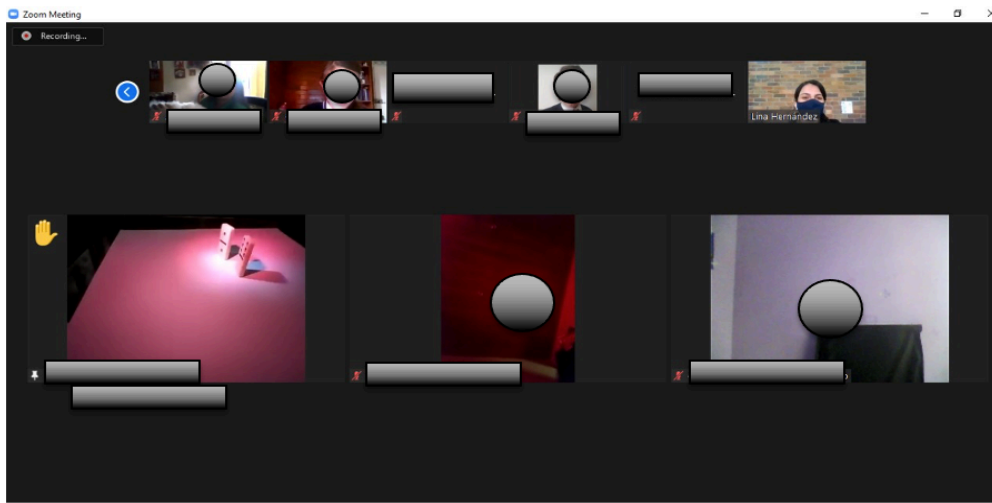
Sandoval, S., Malagón, F., Garzón, M., Ayala, M., Tarazona, L. (2018). Una perspectiva fenomenológica para la Enseñanza de las Ciencias. *Universidad Pedagógica Nacional*, 1-52.

Sabadell. (2013). La síntesis electromagnética-Maxwell- Magnetismo de alto voltaje. National Geographic.

Sautoy, M. (26 de julio de 2020). El experimento crucial con el que Isaac Newton derrocó el mundo antiguo y le dio paso a la ciencia moderna. BBC News Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-53412005#:~:text=Newton%20hab%C3%ADa%20descubierto%20una%20ley,el%20arco%20iris%20son%20inmutables>.

Shapiro, A. (2007). La “Filosofía Experimental” de Newton. *Universidad de Antioquia*, 111-147.

Anexo A. Algunos pantallazos de las vídeo llamadas de la implementación



Imágenes 1, 2 y 3. Algunos pantallazos de las vídeo llamadas de la implementación.

Fuente: elaboración propia.

Anexo B. Discusiones de la video llamada del momento 1-sesión 1.

| | |
|---|--|
| Nombres de quienes elaboran esta tabla | Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda y Marlon Camilo Aldana Boada. |
| Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes | Momento 1-sesión 1 ¿Qué conocemos sobre el color? |
| Con qué curso desarrolló la actividad | Estudiantes de secundaria |
| Número de estudiantes que desarrollaron la actividad | 20 |
| Número de sesiones realizadas | 1 |
| Pregunta problema o interés de análisis | Conocer las ideas que los estudiantes tienen acerca del color e identificar algunos aspectos que reconocen en cuanto a la relación color – luz – observador. |
| Narración de la actividad momento 1-sesión 1 | |
| <p>Descripción: Después del saludo y la presentación de la página web, se le presenta a los estudiantes la situación de la primera sesión a cargo de los docentes Lina (DL) y Camilo (DC): Observe cuidadosamente el objeto unicolor que eligió.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● DL: Vamos a dibujar y colorear el objeto unicolor que eligieron en una hoja. <p>Después de realizar el dibujo, de forma sincrónica se leyó cada pregunta, estas preparadas en torno a la experiencia de observar un objeto unicolor, que se dibujó anteriormente y se respondieron, con el fin de que toda la actividad se realizará en la sesión.</p> <p>Socialización de las respuestas de la guía</p> <p>1) DC: ¿De qué color es el objeto?</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Estudiante 13: Naranja. ● Estudiante 20: Café. ● Estudiante 3: Azul. ● Estudiante 9: Amarillo con negro. ● Estudiante 15: Agua marina. | |

- **Estudiante 17:** Morado.
- **Estudiante 2:** fucsia.
- **Estudiante 18:** Rojo.
- **Estudiante 1:** Verde.
- **DL:** Casualmente ningún color se repite, tenemos diversidad de colores.

2) **DC:** ¿Ese objeto siempre es del mismo color?

- **Estudiante 7:** siempre.
- **Estudiante 20:** Siempre, siempre.
- **Estudiante 15:** pero, puede cambiar si le aplico color.
- **Estudiante 18:** cambia según sus propiedades, si está en el agua, o está expuesto al sol, depende del lugar donde se encuentre, por ejemplo, mi objeto se ve negro, pero depende del lugar, este puede tener diferentes tonalidades.

3) **DL:** ¿Cómo cambiar el color del objeto?

- **Estudiante 6:** Envolver el objeto con una hoja de otro color.
- **Estudiante 18:** De alguna forma química.
- **DL:** No podemos usar ningún producto.
- **Estudiante 17:** Viéndolo a través de unas gafas de sol, se vería más oscuro el color.
- **Estudiante 4:** Podemos cambiar el color usando algún tipo de luz, o papel o cambiando nuestro punto de perspectiva.
- **Estudiante 5:** o tal vez viendo el objeto detrás de una ventana.
- **Estudiante 3:** Dejando el producto al sol por los rayos solares se decolora el producto.

4) **DC:** ¿El objeto proyecta algún tipo de sombra?

- **Estudiante 6:** Si cuando está bajo un bombillo se puede ver su sombra, es negra.
- **Estudiante 8:** sí, no es tan oscura ni tan clarita y es mediana.
- **Estudiante 9:** si, es una sombra muy clara y algo complicada de ver.
- **DC:** ¿Por qué?
- **Estudiante 16:** porque tiene una forma extraña.
- **Estudiante 19:** La sombra de mi objeto tiene una forma muy similar a la del objeto.
- **Docentes:** en general, estamos reconociendo aspectos que están relacionados con el color y que no hablamos frecuentemente y hacen parte de nuestra vida cotidiana.

Anexo C. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 1-sesión 1

| | |
|--|--|
| Nombres de quienes elaboran esta tabla | Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda y Marlon Camilo Aldana Boada. |
| Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes | Momento 1-sesión 1 ¿Qué conocemos sobre el color? |
| Con qué curso desarrolló la actividad | Estudiantes de secundaria |
| Número de estudiantes que desarrollaron la actividad | 20 |
| Número de sesiones realizadas | 1 |
| Pregunta problema o interés de análisis | Conocer las ideas que los estudiantes tienen acerca del color e identificar algunos aspectos que reconocen en cuanto a la relación color – luz – observador. |

Respuestas escritas de la actividad del momento 1-sesión 1

¿De qué color es el objeto?

- **Estudiante 1:** café.
- **Estudiante 2:** azul agua marina.
- **Estudiante 3:** café.
- **Estudiante 4:** rojo ladrillo.
- **Estudiante 5:** morado.
- **Estudiante 6:** café claro.
- **Estudiante 7:** azul.
- **Estudiante 8:** negro.
- **Estudiante 9:** verde.
- **Estudiante 10:** blanco con rosado.
- **Estudiante 11:** negro.
- **Estudiante 12:** negro con verde.
- **Estudiante 13:** beige.

¿Ese objeto siempre es del mismo color?

- **Estudiante 1:** si, es del mismo color.
- **Estudiante 2:** si, pero dependiendo de la iluminación nuestro ojo lo percibe de diferentes tonalidades, pero, siempre siendo del mismo color.
- **Estudiante 3:** depende del ángulo en el que se refleje la luz.
- **Estudiante 4:** si, siempre es del mismo color.
- **Estudiante 5:** no siempre porque cuando está en la luz se vuelve un poco transparente.
- **Estudiante 6:** puede que al momento que el objeto se encuentre en la luz el color del objeto sea más claro.
- **Estudiante 7:** si, ya que no se opaca con la luz ni se oscurece con las sombras.
- **Estudiante 8:** no es de ese color siempre ya que si lo reflejamos con la luz o donde se encuentre luz este se va a poner más claro y el color va a cambiar.
- **Estudiante 9:** se puede modificar, pero, no de forma definitiva, aumentando la cantidad de luz que llega e ilumina al objeto o disminuyéndola.
- **Estudiante 10:** puede que el objeto tenga más colores en algunas partes de su cola u cabeza si la luz ilumina unas partes más que otras.
- **Estudiante 11:** si, pero cuando le da la luz refleja lo que hay alrededor, pero, de forma distorsionada.
- **Estudiante 12:** no el objeto cambia de color cuando lo refleja el sol.
- **Estudiante 13:** dependiendo de la posición de la luz.

¿Se puede cambiar el color del objeto sin usar ningún tipo de pintura o producto que lo modifique?

¿Cómo?

- **Estudiante 1:** colocándolo hacia la luz se ve un poco más claro.
- **Estudiante 2:** de una forma natural sería dejando el objeto al sol, ya que el color original se opaca, esta es una de las razones del porqué los museos con pinturas no les da directamente la luz para la exhibición.
- **Estudiante 3:** si el objeto se refleja directamente con la luz se puede ver más claro, pero si hay poca luz el objeto se ve más oscuro.
- **Estudiante 4:** no, el objeto no cambia de color, ni teniendo alguna bebida.

- **Estudiante 5:** no se puede modificar a menos que haya un rayo de luz que haga que el color se aclare, porque el color del objeto no es totalmente opaco.
- **Estudiante 6:** no se puede cambiar el color del objeto a menos que lo laven o lo mojen ya que se vuelve un color más oscuro.
- **Estudiante 7:** si lo coloco en el patio de mi casa se vería más claro porque la luz se refleja en este.
- **Estudiante 8:** Si una forma seria dejándolo en la luz y este se pondría más claro.
- **Estudiante 9:** se puede modificar, pero no de forma definitiva, aumentando la cantidad de luz que llega al objeto o disminuyéndola.
- **Estudiante 10:** no se puede cambiar el color del objeto a menos que el objeto esté sucio, se vuelve un color gris y el rosa se vuelve más oscuro si se moja.
- **Estudiante 11:** no simplemente es negro y no cambia de color.
- **Estudiante 12:** si se puede cambiar el color del objeto poniéndole un papel celofán encima del objeto. El papel celofán podría ser de color azul y ponerlo encima del objeto así cambiaría el color.
- **Estudiante 13:** no, es un color muy plano.

¿El objeto proyecta algún tipo de sombra? Si lo hace, descríbela.

- **Estudiante 1:** si, depende de cómo uno mire el objeto y cómo la luz le dé al objeto, ya que es sólido y no traspasa la luz.
- **Estudiante 2:** Si, ya que al ser un cuerpo opaco el objeto, la luz no lo traspasa, generando así una sombra en dirección de donde proviene la luz. Esta sombra será de la misma forma que el objeto que la produce, ya que si cambiamos el ángulo de la luz o del objeto encontraremos una deformación de esta sombra”
- **Estudiante 3:** sí hace sombra, pero, no es tan notable.
- **Estudiante 4:** si, porque es totalmente sólido, por ende, al colocarlo en frente de la luz da la sombra del mismo, pero, aún más grande.
- **Estudiante 5:** sí, porque es sólido y no es totalmente transparente por lo tanto la luz no traspasa del todo.

- **Estudiante 6:** el objeto si puede proyectar un tipo de sombra, ya que es grande y es sólido, al momento que se encuentre cerca de una fuente de luz como un bombillo o una lámpara.
- **Estudiante 7:** si, proyecta sombra ya que es grande y es sólido y se puede sentar ya sea en el piso, mesa, o incluso en movimiento proyecta sombra.
- **Estudiante 8:** si lo dejo en la sombra este se opaca en el color y como no hay tanta luz este reflejaba su sombra en la dirección que provenga la luz.
- **Estudiante 9:** se puede modificar, pero no de forma definitiva, aumentando la cantidad de luz que llega al objeto o disminuyéndola.
- **Estudiante 10:** el objeto si proyecta una sombra ya que es grande y es sólido, al momento que lo ilumina la luz, esta es de color gris y tiene una forma muy similar a la del objeto.
- **Estudiante 11:** si, pero la sombra es tipo gris muy claro no se alcanza a ver muy bien.
- **Estudiante 12:** el objeto si proyecta algún tipo de sombra al ponerlo a contraluz o con una linterna alumbrando el objeto.
- **Estudiante 13:** si, la sombra se genera como la sombra de una casa.

Anexo D. Discusiones de la video llamada del momento 1-sesión 2.

| | |
|--|--|
| Nombres de quienes elaboran esta tabla | Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda y Marlon Camilo Aldana Boada. |
| Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes | Momento 1-Sesión 2 ¿Qué conocemos sobre el color? |
| Con qué curso desarrolló la actividad | Estudiantes de secundaria |
| Número de estudiantes que desarrollaron la actividad | 20 |
| Número de sesiones realizadas | 2 |
| Pregunta problema o interés de análisis | Conocer las ideas que los estudiantes tienen acerca del color e identificar algunos aspectos que reconocen en cuanto a la relación color – luz – observador. |

Narración de la actividad momento 1-Sesión 2

Saludo.

- **DC:** continuamos indagando ¿Qué conocemos sobre el color?

Revisamos sus representaciones y encontramos que encuentran una relación entre las sombras y la luz que ilumina los objetos.

- **DC:** explicaremos la siguiente situación. Recuerdan el objeto, ahora imaginemos que el objeto está en una habitación oscura o le colocamos una cobija.
- **DL:** Primero vamos a realizar el dibujo. Imaginémonos el objeto en un lugar totalmente oscuro.
- **DC:** ¿Cómo van con los dibujos?
- **Estudiante 3:** voy bien, pinte una mancha oscura, no podría ver el objeto.

Socialización de las preguntas.

- 1) **DL:** según la situación de hace ocho días el objeto tendría el mismo color.
 - **Estudiante 5:** si mi objeto tenía color café cuando lo veía con luz, en un cuarto oscuro no se podría ver.
 - **Estudiante 13:** el color que tendría en la habitación oscura es negro.
 - **Estudiante 15:** ¿Qué hace que el objeto se vuelva negro?

- **Estudiante 16:** el no haber luz.
 - **Estudiante 18:** Carol ¿Cómo hiciste tu representación?
 - **Estudiante 20:** El color cambia, ya que, sin LUZ, no tendríamos visibilidad.
 - **DC:** ¿Qué tendríamos que hacer para ver el mismo color del objeto?
 - **Estudiante 9:** prender la luz.
 - **Estudiante 11:** tal vez tenga la misma capacidad de luz, y tiene que ser la misma intensidad de hace ocho días.
 - **DL:** ¿Estudiante 3 de qué color es tu objeto?
 - **Estudiante 3:** Naranja.
 - **DL:** Sí hay muchísima luz, seguirá siendo el mismo naranja.
 - **Estudiante 3:** no, porque depende del lugar, hay se vería más intenso.
- 2) **DC:** ¿Cómo podría ver el mismo color de la 1ra situación?
- **DC:** aparte de prender la luz, que otra forma, podrían explicar.
 - **Estudiante 3:** Si es de día correr las cortinas o iluminarlo con una linterna.
 - **Estudiante 4:** iluminándolo con una vela.
 - **Estudiante 8:** con la luz solar.
 - **Estudiante 10:** saliéndose de la habitación oscura.
 - **DC:** Nos damos cuenta de que necesitamos formas de iluminar los objetos, como: la luz solar o las linternas.
 - **DL:** las velas.
 - **DC:** antes no existían los bombillos, era solo con velas y mucho antes solo con la luz del sol. Por ejemplo: ¿De qué color es el cielo?
 - **Estudiantes:** azul.
 - **DC:** ¿Siempre es ese azul?
 - **Estudiantes:** no, a veces más oscuro, en la noche se ve casi negro. También, gris.
 - **DL:** ¿Juan Felipe de qué color es tu objeto?
 - **Juan Felipe:** Fucsia.
 - **DL:** ¿Qué tendrías que hacer para cambiar el color del objeto?
 - **Estudiantes:** Tendría que acercarlo a la linterna o alejarlo. Para que sea más claro u oscuro.
- 3) **DC:** ¿El objeto tendría algún tipo de sombra?

- **Estudiante 6:** no, tenía que haber luz, porque la luz choca con el objeto para que haya sombra.
- **Estudiantes 9:** No tendrían sombra, porque no hay luz que proyecte una sombra.
- **Estudiante 11:** Ósea, para que haya sombra necesitamos luz. Ahora que lo pienso, que pasaría si alumbramos el objeto con luz que no sea de color blanco.
- **Estudiante 5:** El objeto tiene la misma forma de la sombra, si cambia de color la luz puede ser más clara u oscura. Pero, si el objeto es transparente no se verá casi la sombra.
- **Estudiante 10:** En una habitación oscura, escuche que no hay luz sin oscuridad u oscuridad sin sombra.

TERCERA SITUACIÓN:

- **DC:** Vamos a cambiar el color a la luz de la linterna, colocando papel celofán.

Con esto, queremos ver qué pasa con las sombras y con el objeto.

Estudiante 3: ya lo hice, cambia el color de la sombra, mi linterna tenía color morado. No se veía mucho porque mi casa está muy iluminada.

DC: Dejamos hasta aquí, lo ideal es que jueguen con las linternas cambiando los colores y después de vacaciones nos cuenten que observaron y que variaciones realizaron.

Anexo E. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 1-Sesión 2

| | |
|--|--|
| Nombres de quienes elaboran esta tabla | Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda y Marlon Camilo Aldana Boada. |
| Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes | Momento 1-Sesión 2 ¿Qué conocemos sobre el color? |
| Con qué curso desarrolló la actividad | Estudiantes de secundaria |
| Número de estudiantes que desarrollaron la actividad | 20 |
| Número de sesiones realizadas | 2 |
| Pregunta problema o interés de análisis | Conocer las ideas que los estudiantes tienen acerca del color e identificar algunos aspectos que reconocen en cuanto a la relación color – luz – observador. |

Respuestas de la actividad del Momento 1, Sesión 2.

El objeto en la habitación oscura: ¿Seguiría siendo del color descrito anteriormente?

- **Estudiante 1:** no, porque como no hay luz en la habitación se ve todo muy oscuro.
- **Estudiante 2:** si, pero no se logra ver, su tonalidad sería oscura, ya que no hay una entrada de luz para que rebote en el objeto y pueda percibir su color tonalidad.
- **Estudiante 3:** no, es más oscuro.
- **Estudiante 4:** no, ya que la habitación esta oscura por ende se ve negro.
- **Estudiante 5:** sí, porque se vería igual que el lugar, es decir, con un color oscuro.
- **Estudiante 6:** no sería del mismo color, ya que solo nosotros podemos percibir el color cuando hay luz.
- **Estudiante 7:** No, se vería el objeto, no se observaría ya que no hay una luz que me ayude o me permita visualizar el objeto.
- **Estudiante 8:** si siguiera siendo del mismo color, pero como no hay luz no podemos ver el objeto.
- **Estudiante 10:** si, pero no lo vamos a observar porque el lugar está oscuro mas no cambia su color.

- **Estudiante 11:** si porque el objeto es de color negro y no se ve en la oscuridad.
- **Estudiante 12:** no se sigue viendo del mismo color por lo que estoy en una habitación totalmente oscura por lo tanto no se puede ver del mismo color.
- **Estudiante 13:** no, porque cambia de tono la luz del ambiente.

¿Cómo podría observar de nuevo el color que describió en la primera situación (en la actividad 1)?

- **Estudiante 1:** prender la luz de la habitación o una linterna.
- **Estudiante 2:** que haya una entrada de luz en la habitación.
- **Estudiante 3:** puede iluminarse, o cambiar el ángulo del observador.
- **Estudiante 4:** debo prender la luz, porque con la luz apagada se va a ver de color negro.
- **Estudiante 5:** no lo podría ver, pero si prendo la luz lo podría ver lo
- **Estudiante 6:** tendría que prender la luz en la habitación para percibir los colores y que sea visible el objeto.
- **Estudiante 7:** para poder visualizar u observar el color del objeto (peluche) tendría que prender la luz o que haya una luz que me permita observar el color
- **Estudiante 8:** prendiendo la luz de la habitación o algo que refleje luz dentro de ella.
- **Estudiante 10:** prendiendo la luz de la habitación para observar su color.
- **Estudiante 11:** habría que buscar una fuente de luz para ver si se cambia de color.
- **Estudiante 12:** para observar de nuevo el color que tiene el objeto tocaría encender la luz o prender la linterna de nuestro celular.
- **Estudiante 13:** solo si aumenta la luz ambiente.

¿El objeto seguirá proyectando una sombra? Si lo hace o no justifica tu respuesta.

- **Estudiante 1:** no, porque como no hay una luz y el objeto es muy opaco, no alcanza a proyectar una sombra.
- **Estudiante 2:** no, ya que al no haber luz no se puede proyectar una, ya que la sombra es el producto del paso de esta en un cuerpo no opaco.
- **Estudiante 3:** no, se puede observar una sombra.
- **Estudiante 4:** no, porque no hay una luz que haga ver su sombra.
- **Estudiante 5:** no, ya que no hay una luz que refleje la sombra.

- **Estudiante 6:** no proyectara una sombra porque el objeto es un cuerpo opaco y cuando no hay ningún rayo de luz que se asome en la habitación todo será oscuro y la visión de uno no observa nada.
- **Estudiante 7:** no, porque hay una sombra ya que no hay una entrada de luz que me permita realizar una sombra u observar una sombra
- **Estudiante 8:** no, este no podría reflejar una sombra ya que para se puede reflejar una sombra se necesita luz o iluminación para que este refleje.
- **Estudiante 10:** no porque no tiene un cuerpo que lo complemente para hacer la sombra.
- **Estudiante 11:** el objeto proyectará sombra si se encuentra una fuente de luz que lo iluminará.
- **Estudiante 12:** no el objeto no proyecta ninguna sombra ya que estoy en una habitación totalmente oscura por lo tanto no proyecta sombra.
- **Estudiante 13:** si, la sombra es débil pero, sí.

Anexo F. Discusiones de la vídeo llamada del momento 2-Sesión 1

| | |
|--|---|
| Nombres de quienes elaboran esta tabla | Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda Marlon Camilo Aldana Boada |
| Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes | Momento 2-Sesión 1 Relación luz-objeto-oscuridad |
| Con qué curso desarrolló la actividad | Sección de secundaria |
| Número de estudiantes que desarrollaron la actividad | 20 |
| Número de sesiones realizadas | 1 |
| Pregunta problema o interés de análisis | Vincular las sombras de los objetos opacos y su color, en relación con los diferentes colores de las fuentes de luz utilizadas. |
| Narración de la primera situación del momento 2-Sesión 1 | |
| <p>Descripción: después de un breve saludo los docentes preguntan a los estudiantes por la situación que se había dejado planteada la sesión anterior, en la cual, debían ponerle un filtro de papel celofán a una linterna y luego iluminar un objeto opaco dentro de una habitación oscura. Esto con el fin de que ellos pudieran observar qué cambios podrían identificar en el color del objeto y la sombra del mismo.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Estudiante 2: profes, yo lo intente y use un filtro de color morado junto a otros más que no me acuerdo. Lo que veía eran como las partículas alrededor y si doblaba el filtro y lo acercaba cada vez más al objeto, este se veía con una luz morada. Y lo mismo con el verde. ● Estudiante 18: profe, yo mire a través de los filtros, use varios. Cuando miraba el objeto, me parecía curioso como cambiaba de color y se veía como 3D, es decir, no era normal su forma. Es como cuando miramos con unas gafas 3D. ● DC: muy bien pequeños saltamontes, teniendo en cuenta que la idea es que todos participemos, vamos a retomar un poquito ese experimento, lo volvamos hacer y abrir la posibilidad de intentar modificarlo. Ya si bien ustedes realizaron un primer avance con este, vamos a ver qué otras cosas pueden ver. Para eso, vamos a mencionar de nuevo los materiales que con anterioridad les habíamos pedido, los cuales son: papel celofán de diferentes colores, linternas, ficha de dominó u objeto opaco y por supuesto un fondo blanco que puede ser 1/8 de cartulina o una hoja donde colocaremos la ficha. | |

- Ahora, ¿Qué vamos a hacer con esto? Ustedes tienen su linterna, que puede ser la del celular. Quiero que ustedes cojan dicha linterna y le coloquen un filtro de papel celofán justamente donde sale la luz. Ahora bien, si pueden hacerse en un lugar que esté medianamente oscuro, mucho mejor. Luego, vamos a colocar la ficha de dominó justo encima y en el centro de la cartulina.
- **DL:** bien, vamos paso a paso, primero nos vamos a centrar en colocar adecuadamente el filtro a la linterna.
- **DC:** si de pronto se les complica mucho colocarlo, pueden pegarlo con cinta. Ahora bien, fíjense en algo muy interesante que decía María Paula, ella expresaba que entre más dobleces se le hacía el papel, más se podía ver el color que ella utilizaba.
- **Estudiante 2:** al principio lo dejé solo con una capa de papel celofán y lo veía de tal color, pero a medida que yo iba doblando y doblando, se veía mucho mejor.
- **DL:** muy bien, vamos todos a realizar estos pasos, para saber qué ocurre. Estudiante 17 ¿Cómo vas?
- **Estudiante 17:** perfecto profe.
- **Estudiante 6:** yo también voy bien.
- **DC:** fíjense que en un primer momento lo que está pasando, si comparamos la luz de la linterna sin el filtro y con el filtro ¿Qué observan ustedes? ¿Qué cambios se dan?
- **Estudiante 2:** sin el papel celofán todo está totalmente blanco y si se lo pone el filtro, cambia de color.
- **DL:** y cuando iluminas los objetos ¿Qué pasa?
- **Estudiante 2:** cuando ilumino el objeto que use en la primera actividad, con la luz con papel amarillo, este se vuelve un “*poquito*” amarillo. Y si lo iluminó sin ese filtro, está normal, es decir blanco.
- Este hecho es aceptado mediante la reproducción del experimento por todos los estudiantes que estaban en la sesión. Prosiguiendo con la sesión, se plantea una situación en la que no se use una sola linterna, sino que además se utilicen varias de estas al mismo tiempo para alumbrar el objeto ¿Qué pasaría?
- **DC:** si alguno puede usar varias linternas con distintos filtros, dos o más, y alumbrar el objeto, pueden describir ¿Qué ven? Es decir, describen los cambios que pueden apreciar al respecto.
- **DL:** además, como ya tenemos todo listo, vamos a realizar esto, en lo posible, en un lugar oscuro. Recuerden no mover el objeto, dejarlo fijo, lo único que movemos es la linterna. Y

observe minuciosamente, describan qué pasa con el objeto y su sombra. Tengamos en cuenta cada cosa que hemos hablado hasta el momento.

- **Estudiante 9:** profe, me voy a ir a un lugar más oscuro. Aquí no se ve nada.
- **DL:** si quieren pueden tomarle una foto a lo que ven. Vamos a proyectar el de nosotros, para que ustedes se hagan una idea.
- **Estudiante 12:** profe, efectivamente cuando cambio el filtro y proyectó la luz a la ficha de dominó, se cambia al color de la luz ¡Se ve super increíble!
- **DL:** en la base tenemos la cartulina blanca, ¿Qué podemos ver?
- **Estudiante 2:** la sombra se ve como en 3D.
- **DL:** ¿El color de la sombra es negro?
- **Estudiante 8:** el color que veo, un poquito es similar al color de la fuente de luz.
- **DC:** nosotros hicimos la actividad con diferentes colores. Sería interesante que ustedes también lo hicieran. Vamos a continuar con las preguntas, con base en lo que observamos.
- **DL:** ¿Qué pasa con el color del objeto cuando lo iluminamos con una fuente de color? Por ejemplo, qué pasa con la azul.
- **Estudiante 10:** profe, yo vi que mi esfera negra, no cambia el color, pero se ve un poquito azul.
- **Estudiante 14:** solo cambia cuando lo refleja.
- **DC:** Estudiante 11 ¿De qué color es tu objeto?
- **Estudiante 11:** es de color durazno.
- **Estudiante 20:** pues lo que yo veo, cuando uso papel celofán de color azul, cambia a ese color el lado que estoy alumbrando.
- **Estudiante 3:** cuando lo iluminó, cambia más o menos el color.
- **Estudiante 2:** iluminé con celofán rojo, y se veía como rosado pálido, cuando lo hice con verde el objeto se veía de color verde, es decir, cambia dependiendo del color de la fuente.
- **DC:** aquí me surge una pregunta adicional: ¿Por qué creen que cambia el color?
- **Estudiante 2:** por la iluminación, si mi cuarto está oscuro no se ve, pero, si está medio iluminado si se logra ver.
- **DL:** ¿Qué otra razón aparte de la que menciona María Paula?
- **Estudiante 15:** depende del celofán, se vería más intenso si le coloco más la linterna.
- **Estudiante 6:** Tal vez por la oscuridad y la claridad del color.

- **Estudiante 9:** pues, la cantidad de cofán y del lugar sí está claro u oscuro. Además, por la intensidad de la luz.
- **DL:** ¿Quién da la intensidad de la luz que ilumina?
- **Estudiante 7:** ¿La intensidad del papel?
- **DL:** ¿Y qué más?
- **Estudiante 12:** la linterna.
- **DC:** digamos, en algún momento hicimos la actividad con una vela y comparamos la luz de la vela con la linterna y está relacionado con lo que ustedes mencionan. ¿Alguien mencionó algo de la luz y la oscuridad?
- **Estudiante 5:** yo profe, que depende del lugar si está oscuro o si la habitación está iluminada. Entonces, el color depende del lugar.
- **DL:** sigamos con las preguntas: ¿Qué color tiene la sombra del objeto?
- **Estudiante 10:** a veces la sombra se ve negra o gris, utilice el color amarillo para la fuente.
- **DC:** ¿Con qué otro color lo hiciste?
- **Estudiante 15:** con azul, profe, pasa lo mismo.
- **Estudiante 13:** cuando usaba el rojo, la sombra era negra, lo que cambiaba era el color del objeto.
- **Estudiante 17:** la sombra se ve negra u oscura.
- **DL:** ¡Wuuu! Un color distinto. Intenta con otro color María Paula.
- **DC:** eso les iba a decir, que pasa cuando cambian los colores de las linternas, que pasaría si además usamos otra linterna.
- **Estudiante 5:** rojo y amarillo se combinaban y daba un color naranja.
- **Estudiante 2:** profe si la hago con rojo y verde se ve distinto.
- **DL:** es importante que modifiquen las linternas en sus colores.
- **DC:** mire lo que está haciendo Juan, observen coloco papel azul y luego amarillo.
- **DL:** ¿Qué color ven?
- **Estudiantes:** verde.
- **Estudiante 5:** ya lo había visto. Pero, ya no me sorprende tanto jajaja.
- **DC:** también sigue pasando con las sombras, ya han mencionado otros colores, moradas, por ejemplo.
- **DL:** ¿Anita que viste en la sombra?
- **Estudiante 4:** con muchas capas de papel celofán el objeto opaco se veía azul, pero, la sombra seguía siendo oscura.

- **Estudiante 19:** con el verde y amarillo, se ve un verde más claro.
- **DC:** ahora la idea, es qué pasa si cambiamos la ubicación de las fuentes, pensemos en todas las variaciones que podemos hacer.
- **Estudiante 16:** profe, me dio morado cuando utilice el color rojo y azul.
- **Estudiante 12:** las cortinas de mi casa son azules, pero, la sombra se ve roja.
- **DC:** En la primera sesión ustedes nos decían que las sombras son grises o negras. ¿Las sombras son solo grises o negras?
- **Estudiante 18:** ¿Depende del papel celofán que uno esté usando?
- **DC:** ustedes no usaron solo una fuente. El estudiante 2 uso rojo y verde. ¿Qué color viste?
- **Estudiante 17:** la sombra es de color verde claro.
- **Estudiante 20:** cuando usaba azul y rojo, se notaba más el rojo.
- **DL:** ¿Por qué crees que pasa eso?
- **Estudiante 9:** Por la linterna es más intensa la del rojo.
- **Estudiante 3:** use el rojo, y la sombra es de color es negro.
- **Estudiante 10:** vi una sombra como rojita.
- **Estudiante 1:** Profe es que me puse a ver la ficha, y la sombra está entre rojo, azul y verde.
- **DC:** muestra su experimento a sus compañeros y docentes. Inicialmente ubica las fuentes de luz en forma diagonal apuntando a la ficha de dominó que está sobre una cartulina blanca.
- **DL:** ¿Qué color tiene la sombra?
- **Estudiante 5:** ¿Negra?
- **Estudiante 13:** se ve morada.
- **DC:** los invitamos a que lo hagan en la noche y se maravillen con los colores que observan. En la próxima sesión continuaremos trabajando sobre las sombras. Nos vemos dentro de ocho días.

Cierre de la sesión.

Anexo G. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 2-sesión 1

| | |
|--|---|
| Nombres de quienes elaboran esta tabla | Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda Marlon Camilo Aldana Boada |
| Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes | Momento 2-Sesión 1 Relación luz-objeto-oscuridad |
| Con qué curso desarrolló la actividad | Sección de secundaria |
| Número de estudiantes que desarrollaron la actividad | 20 |
| Número de sesiones realizadas | 1 |
| Pregunta problema o interés de análisis | Vincular las sombras de los objetos opacos y su color, en relación con los diferentes colores de las fuentes de luz utilizadas. |
| Respuestas de las preguntas momento 2-sesión 1 | |
| <p>¿Qué pasaría con el color del objeto si se observa en una habitación iluminada por una linterna y se cambia el color de dicha linterna con un filtro de papel celofán?</p> <p>Estudiante 1: el objeto tiene el color del papel que se coloque a la fuente de luz.</p> <p>Estudiante 2: la luz al ser de diferente color, el objeto cambia su tonalidad.</p> <p>Estudiante 3: el objeto sigue siendo del mismo color, solo que cambia un poco la tonalidad por la luz que lo ilumina, en mi caso es el rojo.</p> <p>Estudiante 4: el color del vaso con el papel celofán rojo es café.</p> <p>Estudiante 5: cambia el color del objeto dependiendo de la tonalidad de la luz que se refleja.</p> <p>Estudiante 6: cambia de color, por el papel celofán, ya que por el papel celofán el objeto (la ficha de domino) cambia su color.</p> <p>Estudiante 7: cambia un poco de color, depende del color del papel celofán y con eso cambia el color de la habitación y un poco el objeto.</p> <p>Estudiante 8: el objeto sigue siendo del mismo color, pero ahora se va a ver gracias a la luz de diferente color, ya que tenemos la linterna con el papel celofán y así este va a reflejar su color.</p> <p>Estudiante 10: sigue siendo del mismo color, solo que se observa el cambio de los fondos luminosos, por el color de la fuente de luz.</p> <p>Estudiante 11: dependiendo del color del papel celofán cambia el color del objeto.</p> | |

Estudiante 12: el objeto se observaría de otro color en algunos colores, por el filtro del papel celofán, por lo tanto, si pudiera cambiar de color o no podría cambiar como lo es en el rojo que se ve como color plata metalizado.

Estudiante 13: cambia la saturación por el color e intensidad de la fuente.

¿Qué pasa con el color del objeto?

Estudiante 1: se ve, pero muy muy poco, se ve más el color del papel.

Estudiante 2: sigue siendo el mismo pero su tonalidad cambia al color de la luz. Por ejemplo, la linterna tiene luz roja y si tenemos un objeto de color azul, su tonalidad cambiara de a un punto más rojizo.

Estudiante 3: cambia la tonalidad un poco en mi caso de color rojo.

Estudiante 4: se ve café, pero con la linterna se ve un poco morado, entonces queda como un color mármol el objeto.

Estudiante 5: en ocasiones logra cambiar su color principal, esto debido a que el papel hace reflejar ese color y la visión de nosotros muestra una similitud al color del papel celofán.

Estudiante 6: el objeto se ilumina del color de la fuente, ya que está dando directamente a los rayos en cambio alrededor del objeto no porque no está dando un punto de percepción.

Estudiante 7: mi objeto es de color azul y el papel celofán también lo es, no cambia mucho queda del mismo color.

Estudiante 8: la sombra va a ser de la misma tonalidad de la luz, pero más oscura ya que está invade todo el lugar y estos dos colores se combinan haciendo la perspectiva que vemos nosotros.

Estudiante 10: no cambia el color del objeto, pero si cambia el fondo al observarlo determinadamente y con variedad de color va desapareciendo la sombra del objeto

Estudiante 11: dependiendo del color del papel celofán, el color del objeto cambia.

Estudiante 12: con el color del objeto al momento de poner el papel celofán no cambia la gran mayoría como lo es en el rojo que si cambiar de color se ve como un color plata metalizado.

Estudiante 13: refleja la luz de la linterna y por esto cambia de color el objeto.

¿Qué color tiene la sombra del objeto? ¿Por qué tiene este color?

Estudiante 1: tiene 2 sombras, dentro de la caja se ve la sombra de color negro porque la parte de debajo de la caja no deja que la luz pase y como la luz es tan fuerte está cerca se ve de ese color la sombra, y por fuera de la caja la sombra se ve de un color blanco porque la parte de arriba de la caja impide que la luz llegue a esa parte.

Estudiante 2: dependiendo del color de la luz, la sombra será de este tono, pero más oscuro, ya que la luz invade el entorno, nosotros percibimos un color parecido al combinar ese tipo de luz y la oscuridad.

Estudiante 3: es de color oscuro, pero con un poco de rojo, es así por la refracción de la luz y porque el objeto es opaco.

Estudiante 4: su sombra es oscura, ya que el color del vaso es café oscuro, por ende, no cambia el color de su sombra.

Estudiante 5: su sombra tiene una tonalidad más clara o más oscura, esto depende de la luz que se le otorga a la linterna y hace notar sus cambios en la sombra.

Estudiante 6: la sombra del objeto es color negro y se da por la sombra que da el efecto al recibir la luz y el objeto que está en contra de la sombra.

Estudiante 7: la sigue teniendo un poco gris, también un poco celeste solo es un poquito es 90% gris y 10% celeste. La linterna irradia color azul por eso, cambie de color al ser la única luz de la habitación. Y así con los otros colores de papel, pero en este caso solo cambie la sombra mas no el objeto.

Estudiante 8: la sombra va a hacer de la misma tonalidad de la luz, pero más oscura ya que está invade todo el lugar y estos dos colores se combinan haciendo la perspectiva que vemos nosotros.

Estudiante 10: tiene un color determinado porque depende del lugar o cuerpo que lo ilumine se define su lado opuesto.

Estudiante 11: se ven colores distintos como morado o verde entre otros y tienen esos colores por el filtro y el color del papel celofán al votar la luz da ese color.

Estudiante 12: al momento de poner el papel celofán sobre la linterna de nuestro celular cambia el color de la sombra.

Estudiante 13: El color de la sombra sigue siendo oscuro.

Anexo H. Discusiones de la vídeo llamada del momento 2-sesión 2

| | |
|---|---|
| Nombres de quienes elaboran esta tabla | Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda Marlon Camilo Aldana Boada |
| Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes | Momento 2-Sesión 2 Relación luz-objeto-oscuridad |
| Con qué curso desarrolló la actividad | Sección de secundaria |
| Número de estudiantes que desarrollaron la actividad | 20 |
| Número de sesiones realizadas | 1 |
| Pregunta problema o interés de análisis | Vincular las sombras de los objetos opacos y su color, en relación con los diferentes colores de las fuentes de luz utilizadas. |
| Narración del momento 2-sesión 2 | |
| <p>Descripción: En la sesión anterior hablamos sobre las sombras. Ahora se retomarán con la ficha de dominó, con la intención de complementar las ideas que se tienen al respecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● DL: lo primero que haremos es colocar el papel celofán a las linternas con un poco de cinta. ● DC: Solo una linterna, la otra linterna quedará blanca. ● Estudiante 15: Profe no veo nada. ● DL: tienes que colocarle el papel a la linterna. ● Nicol: profe descubrí una combinación: cuando coloco el azul y el rojo en la linterna, se ve morado. ● DC: claro pueden hacer muchas combinaciones. ● Estudiante 2: ¿Alumbramos la ficha de dominó? ● DL: vamos a proyectar un vídeo, que queremos compartir con ustedes. En este vídeo, si observan vamos a usar dos linternas. Vamos haciéndolo entre todos. ● Estudiante 11: Mira profe, ¿Así? ● DC: si, perfecto. ● DL: Hace ocho días estuvimos hablando de las sombras, qué pasa con las sombras y con su color. ● DC: ¿Qué pasa cuando están iluminados con la linterna verde? Y con la fuente blanca. Vamos a hacerlo. | |

- **Estudiante 2:** profe, ya lo había hecho y sé qué cambia, pero, voy a dejar que mis compañeros lo hagan para que se den cuenta.
- **DL:** María Paula mírame, apunta las linternas de forma diagonal para que iluminen la ficha.
- **Estudiante 2:** cuando miro la cara de la ficha que ilumina la luz blanca parece ser un poco verde, y cuando la veo por la cara que iluminó rojo se ve de ese color.
- **Estudiante 17:** voy azul rojo con blanco.
- **DC:** vamos a continuar viendo el vídeo.
- **DL:** ¿Qué color de sombra proyecta la ficha con la fuente de color verde?
- **Estudiante 18:** negro.
- **DC:** muy bien, ahora que pasa cuando utilizamos dos fuentes: la blanca y la verde.
- **Estudiante 9:** como un rojizo.
- **Estudiante 5:** como un morado claro.
- **Estudiante 9:** en una cara veo verde y en el otro medio azulado.
- **Estudiante 13:** la veo morada.
- **DC:** bien chicos, ahora, qué pasa con la sombra de la ficha cuando se ilumina con una fuente de color rojo.
- **Estudiante 2:** yo veo como un verde claro, como un agua marina.
- **DL:** ¿Si habían pensado que la sombra tiene color? En la primera sesión les habíamos preguntado sobre las sombras y ustedes nos comentaban que negras o grises. Esos colores oscuros son con respecto a la luz blanca, pero, si se cambia el color de la luz, cambia el color de la sombra.
- **Estudiante 14:** profe, es que no se nota mucho porque la linterna no ilumina tanto.
- **Estudiante 12:** profe si la habitación está muy oscura se ve mejor.
- **DC:** ahora hagámoslo con el color azul.
- **Estudiante 3:** lo voy a hacer de una.
- **Estudiante 9:** ¿Las linternas deben tener la misma intensidad? Porque cambiaría el color de la sombra.
- **DL:** claro que sí, si una es más intensa que la otra no verás lo mismo que si las ves iguales.
- **Estudiante 5:** con la fuente de color azul yo la veo como amarilla o carmelita ¡Mi cabeza explotó! Jejeje.
- **DC:** Estudiante 5 y el efecto se ve mejor cuando acercas la fuente de luz o cuando la alejas.
- **Estudiante 5:** cuando la acerco, la sombra se nota más.
- **DL:** miren el vídeo, por favor.

- **Estudiante 2:** en la linterna azul se ve como color durazno o color salmón. Es muy difícil, me tocaría estar en un lugar muy oscuro.
- **Estudiante 5:** yo la veo amarilla.
- **DC:** ahora vamos con la amarilla.
- **Estudiante 2:** mira profe, yo lo veo un azulito.
- **Estudiante 18:** en el experimento del estudiante 2 veo azul.
- **DC:** Entonces vamos a completar la siguiente tabla.

Entre todos los estudiantes completaron la tabla.

| Color de la fuente de luz | Color de la sombra |
|---------------------------|--|
| Verde | Rojo claro, morado o magenta. |
| Amarillo | Azul claro. |
| Rojo | Verde claro o cian. |
| Azul | Durazno, salmón, carmelito o amarillo. |

- **DC:** ya para cerrar queremos mostrarles el siguiente experimento, colocamos todas las fuentes iluminando la ficha y se ven las sombras así.
- **Estudiante 9:** ¡Qué chevere profe! La sombra se ve de todos los colores.
- **Estudiante 5:** ¡Mi cabeza explotó!
- **Estudiante 12:** las sombras se ven de todos los colores, se ve increíble y nosotros pensando que negras o grises.
- **DL:** ¿Qué pasa con los colores? ¿Por qué se cruzan los colores?
- **Estudiante 2:** yo creería que, por la posición de las fuentes, como esta diagonal se cruza por eso se ve así.
- **Estudiante 4:** cómo se proyectan, como las cuatro fuentes están apuntando cambian la dirección de la sombra.
- **DC:** ¿Qué pasaría si las fuentes de luz estuvieran más lejos?

- **Estudiante 8:** se verían más grandes pero el color no se vería con la misma intensidad.
- **DL:** ¿Qué pasa cuando prendemos la luz? Ya que el experimento está inicialmente oscuro.
- **Estudiante 9:** se ve, mucho más clara la sombra.
- **DC:** ¿Qué necesitamos para ver bien el color de las sombras?
- **Estudiante 7:** estar en un lugar muy, muy, pero, muy oscuro.
- **Estudiante 14:** que las linternas tengan una buena intensidad.
- **Estudiante 15:** lo más importante es que haya buena luz de la fuente, un lugar muy oscuro, así se verá mucho mejor la sombra del color y que yo esté cerca de la ficha, así lo podría ver mejor.

Cierre de la sesión.

Anexo I. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 2-sesión 2

| | |
|---|--|
| Nombres de quienes elaboran esta tabla | Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda y Marlon Camilo Aldana Boada. |
| Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes | Momento 3-Sesión 1 ¿Qué colores se producen a través de la mezcla de diferentes colores? |
| Con qué curso desarrolló la actividad | Estudiantes de secundaria |
| Número de estudiantes que desarrollaron la actividad | 20 |
| Número de sesiones realizadas | 1 |
| Pregunta problema o interés de análisis | Reconocer que la unión de los colores azul, morado, rojo, amarillo, verde y naranja forman el color blanco |
| Narración de la actividad Momento 3-sesión 1 | |
| <p>Saludo.</p> <p>Los docentes comienzan con una breve retroalimentación de la actividad del momento 2- sesión 2 sobre las sombras de colores, con el fin de contextualizar la siguiente sesión.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● DC: Muy bien, comenzaremos esta nueva actividad, mediante un experimento que les va a gustar. Ustedes ya han visto sombras de colores y han mezclado uno que otro color con otro, pero qué pasa si mezclamos varios colores al tiempo ¿Qué colores se producen a través de la mezcla de diferentes colores? Para esto, la profesora realizará la orientación respectiva del experimento. <p>La docente DL, lidera la actividad de la construcción de un círculo de Newton casero, para ello los estudiantes trazan dos círculos del mismo tamaño en $\frac{1}{8}$ de cartulina, los dividen en seis partes iguales, y colorean cada sección teniendo en cuenta un orden exacto que se está proyectando en una diapositiva, es decir: verde, azul, morado, rojo, naranja y amarillo. Luego los estudiantes cortan otro círculo del mismo tamaño en un cartón y en ambas caras del mismo, pegan con cuidado los círculos de colores que ya habían elaborado. Finalmente, hacen dos orificios cerca al centro de la circunferencia y por estos insertan 1m de pita con el fin de poder, con este, hacer girar el círculo.</p> | |

A través del desarrollo del experimento, se van presentando algunas afirmaciones y preguntas interesantes.

- **Estudiante 2:** Profe, los colores que estamos usando son los mismos que veo en un arcoíris “*que curioso*”.
- **DC:** Que buen apunte, aunque faltaría un color para que estén todos los del arcoíris, es cierto que están la mayoría.
- **Estudiante 5:** ¿Cuál es la razón de usar los colores con ese orden profesores? ¿Por qué no se pueden colocar de otra forma?
- **DL:** Pues, está construido de tal forma que ustedes identifiquen mezclas de colores comunes, por ejemplo, si mezclas amarillo y rojo ¿Que obtienes?
- **Estudiante 5:** El naranja profe.
- **DL:** Exacto, y fijate que color esta entre el amarillo y el rojo.
- **Estudiante 5:** Si profe, está el naranja.
- **DL:** Muy bien, ahora pruébalo con otras mezclas que conozcas.
- **Estudiante 5:** Claro, está también el morado, que es la mezcla de rojo y azul. También el verde que es mezcla de amarillo y azul.
- **DL:** Exacto, en este círculo ya hay algunas mezclas, ahora tenemos que pensar en qué pasa cuando pones a girar este disco.
- **Estudiante 2 y 5:** Profes, ¿cómo giramos el círculo?
- **DC:** Tienen que enrollar la pita como lo muestra la profe y luego de tener esos nudos, deben jalar fuertemente para que se devuelva. Cuando hagan eso, no olviden estar muy concentrados en lo que ven.
- **Estudiante 1:** Yo veo un montón de colores girando.
- **Estudiante 5:** Parece blanco profe, pero no es tan blanco ¿Puede ser blanco?
- **DC:** Bien ¿Eso es posible? A los otros compañeros ¿también les da igual?
- **Estudiante 5:** Profe, efectivamente si se ve blanco, solo que debe hacerle mucha fuerza.
- **Estudiante 2:** El blanco puede ser porque se pintó el círculo con colores claros. Es decir que no se les hizo fuerza para pintar.
- **DC:** Ok, es una buena apreciación ¿Será por esto? ¿Qué piensa el resto?
- **Estudiante 1:** Creo que si es por eso profe.
- **DC:** Pero, si miramos al estudiante 6, podemos observar que los colores que ella usó se resaltan bastante, es decir que les imprimió una gran fuerza a los lápices. Y así, ¿Qué color ves?

- **Estudiante 6:** Blanco.
- **DC:** Muy bien.
- **Estudiante 5:** Podría ser por la velocidad del giro.
- **DC:** Puede ser.
- **Estudiante 6:** Yo pienso que los colores se mezclan y terminan formando el blanco.
- **DC:** Entonces si nosotros mezclamos todos los colores ¿Aparece el blanco?
- **Estudiante 1:** Profe, cuando giramos rápidamente el círculo, los diferentes colores se mezclan y aparece el blanco.
- **DC:** Muy interesante, ahora bien, entonces ¿Qué pasa con los colores del círculo? ¿Por qué “se desaparece” el verde, el amarillo, entre otros?
- **Estudiante 6:** Yo creo que es precisamente por la misma mezcla, se combinan y aparece el blanco.
- **Estudiante 1:** Estoy de acuerdo, aparece un nuevo color, el blanco.
- **Estudiante 3:** Debido a la gran velocidad, nosotros los vamos a ver mezclados, y por eso aparece el blanco.
- **DC:** Muy bien. Chicos, ¿Porque cuando usamos témperas no pasa lo mismo? Es decir, ustedes han jugado con estas seguramente y han realizado dichas mezclas, pero no aparece el blanco.
- **Estudiante 2:** Eso pasa por que son muy oscuras, “muy fuertes”.
- **DC:** Pero algunos de ustedes han utilizado esos colores “oscuros” o “fuertes” en su círculo, pero aún así se sigue viendo la mezcla como blanco. Sin embargo, con las témperas no pasa.
- **Estudiante 4:** Profe, la razón es que no se está girando, como en este caso.
- **Estudiante 6:** Cuando giramos, se da una mezcla mejor, que cuando simplemente las unimos, como en el caso de la tempera.
- **DC:** De acuerdo todos.
- **Grupo unánime:** Si.
- **DC:** Bien, esa pregunta queda un poco abierta, me gustaría que indagaremos más.
- **DL:** Chicos, si mezclamos esas témperas en una licuadora ¿Qué piensan qué pasaría?
- **Estudiante 4:** Yo lo hice y se ve un gris oscuro.
- **Estudiante 1:** Si, algo café, también.
- **DC:** Bien, qué conclusión pueden sacar al respecto.
- **Estudiante 3:** Profe, a mi todo esto me recuerda a la luz.
- **DC:** ¿La luz? ¿De qué color es la luz del sol?

- **Estudiante 3:** Es blanca y por eso me la recuerda, ya que ese tipo de blanco, se me parece al que yo veo cuando giro mi círculo.
- **DC:** Muy bien, ¿les recuerda a algo más?
- **Estudiante 1:** A mi me acuerdo de los colores del cielo.
- **Estudiante 5:** A mí al arcoíris.
- **DC:** Pueden explicarme un poco más esto.
- **Estudiante 1:** El cielo, porque no siempre tiene los mismos colores.
- **Estudiante 5:** El arcoíris, por sus colores de luz, que son los mismos del círculo.
- **DC:** Será que existe una relación entre el experimento que hicimos y lo que ustedes exaltan con la luz y el cielo.
- **Estudiante 3:** La mezcla de los colores me da blanco profe.
- **DC:** Sí, entonces ¿la luz del sol es?
- **Estudiante 6:** La luz del sol es la mezcla de muchos colores.
- **DC:** ¿Colores de qué?
- **Estudiante 6:** Los del arcoíris, es decir de los colores de luz.
- **DC:** Muy bien, es decir que ya sabemos que la mezcla de los colores del círculo me da el blanco, ahora, es importante conocer, si con la luz pasa lo mismo.
- **Estudiante 3:** La mezcla da blanco.
- **DL:** Chicos, una pregunta, será que si repetimos el experimento en una habitación oscura ¿Se verá lo mismo? Es decir, ¿Obtendrían los mismos resultados?
- **Estudiante 6:** No profe, no se ve nada.
- **DL:** Es decir que para que podamos identificar esa mezcla, ¿Que es necesario?
- **Estudiante 6:** Es necesaria la luz. Es decir, que esté iluminada la habitación.
- **DL:** Bien, pero si la luz no es blanca como la del sol, sino que ustedes tuvieran una fuente de luz de otro color, no se, azul. Al girar el círculo, ¿Se seguiría viendo blanco?
- **Varios estudiantes:** No estamos seguros.
- **DL:** Recordemos cuando iluminamos la ficha de dominó con luz de diferentes colores ¿qué pasaba?
- **Estudiante 1:** Profe, la ficha quedaba con un poco del color de la fuente.
- **DL:** Exacto, ¿Que pasaría con el círculo?
- **Estudiante 1:** Si la luz es azul, el círculo va a quedar azul o bueno, no, se verán todos los colores, pero se ve un poco más el azul.
- **DC:** Muy bien, es como si dominara el color de la fuente.

- **Varios estudiantes:** Si profe, de acuerdo.
- **DC:** Muy bien chicos, por tiempo, debemos dejarlo hasta este punto. Gracias por su participación, seguiremos dando las ideas en la próxima sesión, no olviden todos los materiales, ahora vamos hacer mezclas de colores, pero con luz.
- **DL:** Gracias chicos, cuídense mucho.

Cierre de la sesión.

Anexo J. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 2-sesión 2

| | |
|---|---|
| Nombres de quienes elaboran esta tabla | Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda Marlon Camilo Aldana Boada |
| Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes | Momento 2-Sesión 2 Relación luz-objeto-oscuridad |
| Con qué curso desarrolló la actividad | Sección de secundaria |
| Número de estudiantes que desarrollaron la actividad | 20 |
| Número de sesiones realizadas | 1 |
| Pregunta problema o interés de análisis | Vincular las sombras de los objetos opacos y su color, en relación con los diferentes colores de las fuentes de luz utilizadas. |
| Narración del momento 2-sesión 2 | |
| <p>Descripción: En la sesión anterior hablamos sobre las sombras. Ahora se retomarán con la ficha de dominó, con la intención de complementar las ideas que se tienen al respecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● DL: lo primero que haremos es colocar el papel celofán a las linternas con un poco de cinta. ● DC: Solo una linterna, la otra linterna quedará blanca. ● Estudiante 15: Profe no veo nada. ● DL: tienes que colocarle el papel a la linterna. ● Nicol: profe descubrí una combinación: cuando coloco el azul y el rojo en la linterna, se ve morado. ● DC: claro pueden hacer muchas combinaciones. ● Estudiante 2: ¿Alumbramos la ficha de dominó? ● DL: vamos a proyectar un vídeo, que queremos compartir con ustedes. En este vídeo, si observan vamos a usar dos linternas. Vamos haciéndolo entre todos. ● Estudiante 11: Mira profe, ¿Así? ● DC: si, perfecto. ● DL: Hace ocho días estuvimos hablando de las sombras, qué pasa con las sombras y con su color. ● DC: ¿Qué pasa cuando están iluminados con la linterna verde? Y con la fuente blanca. Vamos a hacerlo. | |

- **Estudiante 2:** profe, ya lo había hecho y sé qué cambia, pero, voy a dejar que mis compañeros lo hagan para que se den cuenta.
- **DL:** María Paula mírame, apunta las linternas de forma diagonal para que iluminen la ficha.
- **Estudiante 2:** cuando miro la cara de la ficha que ilumina la luz blanca parece ser un poco verde, y cuando la veo por la cara que iluminó rojo se ve de ese color.
- **Estudiante 17:** voy azul rojo con blanco.
- **DC:** vamos a continuar viendo el vídeo.
- **DL:** ¿Qué color de sombra proyecta la ficha con la fuente de color verde?
- **Estudiante 18:** negro.
- **DC:** muy bien, ahora que pasa cuando utilizamos dos fuentes: la blanca y la verde.
- **Estudiante 9:** como un rojizo.
- **Estudiante 5:** como un morado claro.
- **Estudiante 9:** en una cara veo verde y en el otro medio azulado.
- **Estudiante 13:** la veo morada.
- **DC:** bien chicos, ahora, qué pasa con la sombra de la ficha cuando se ilumina con una fuente de color rojo.
- **Estudiante 2:** yo veo como un verde claro, como un agua marina.
- **DL:** ¿Si habían pensado que la sombra tiene color? En la primera sesión les habíamos preguntado sobre las sombras y ustedes nos comentaban que negras o grises. Esos colores oscuros son con respecto a la luz blanca, pero, si se cambia el color de la luz, cambia el color de la sombra.
- **Estudiante 14:** profe, es que no se nota mucho porque la linterna no ilumina tanto.
- **Estudiante 12:** profe si la habitación está muy oscura se ve mejor.
- **DC:** ahora hagámoslo con el color azul.
- **Estudiante 3:** lo voy a hacer de una.
- **Estudiante 9:** ¿Las linternas deben tener la misma intensidad? Porque cambiaría el color de la sombra.
- **DL:** claro que sí, si una es más intensa que la otra no verás lo mismo que si las ves iguales.
- **Estudiante 5:** con la fuente de color azul yo la veo como amarilla o carmelita ¡Mi cabeza explotó! Jejeje.
- **DC:** Estudiante 5 y el efecto se ve mejor cuando acercas la fuente de luz o cuando la alejas.
- **Estudiante 5:** cuando la acerco, la sombra se nota más.
- **DL:** miren el vídeo, por favor.

- **Estudiante 2:** en la linterna azul se ve como color durazno o color salmón. Es muy difícil, me tocaría estar en un lugar muy oscuro.
- **Estudiante 5:** yo la veo amarilla.
- **DC:** ahora vamos con la amarilla.
- **Estudiante 2:** mira profe, yo lo veo un azulito.
- **Estudiante 18:** en el experimento del estudiante 2 veo azul.
- **DC:** Entonces vamos a completar la siguiente tabla.

Entre todos los estudiantes completaron la tabla.

| Color de la fuente de luz | Color de la sombra |
|---------------------------|--|
| Verde | Rojo claro, morado o magenta. |
| Amarillo | Azul claro. |
| Rojo | Verde claro o cian. |
| Azul | Durazno, salmón, carmelito o amarillo. |

- **DC:** ya para cerrar queremos mostrarles el siguiente experimento, colocamos todas las fuentes iluminando la ficha y se ven las sombras así.
- **Estudiante 9:** ¡Qué chevere profe! La sombra se ve de todos los colores.
- **Estudiante 5:** ¡Mi cabeza explotó!
- **Estudiante 12:** las sombras se ven de todos los colores, se ve increíble y nosotros pensando que negras o grises.
- **DL:** ¿Qué pasa con los colores? ¿Por qué se cruzan los colores?
- **Estudiante 2:** yo creería que, por la posición de las fuentes, como esta diagonal se cruza por eso se ve así.
- **Estudiante 4:** cómo se proyectan, como las cuatro fuentes están apuntando cambian la dirección de la sombra.
- **DC:** ¿Qué pasaría si las fuentes de luz estuvieran más lejos?

- **Estudiante 8:** se verían más grandes pero el color no se vería con la misma intensidad.
- **DL:** ¿Qué pasa cuando prendemos la luz? Ya que el experimento está inicialmente oscuro.
- **Estudiante 9:** se ve, mucho más clara la sombra.
- **DC:** ¿Qué necesitamos para ver bien el color de las sombras?
- **Estudiante 7:** estar en un lugar muy, muy, pero, muy oscuro.
- **Estudiante 14:** que las linternas tengan una buena intensidad.
- **Estudiante 15:** lo más importante es que haya buena luz de la fuente, un lugar muy oscuro, así se verá mucho mejor la sombra del color y que yo esté cerca de la ficha, así lo podría ver mejor.

Cierre de la sesión.

Anexo K. Discusiones de la vídeo llamada del momento 3-sesión 1

| | |
|--|---|
| Nombres de quienes elaboran esta tabla | Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda Marlon Camilo Aldana Boada |
| Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes | Momento 2-Sesión 2 Relación luz-objeto-oscuridad |
| Con qué curso desarrolló la actividad | Sección de secundaria |
| Número de estudiantes que desarrollaron la actividad | 20 |
| Número de sesiones realizadas | 1 |
| Pregunta problema o interés de análisis | Vincular las sombras de los objetos opacos y su color, en relación con los diferentes colores de las fuentes de luz utilizadas. |
| Respuestas de las preguntas (Momento 2-Sesión 2) | |
| <p>Con base en la situación:</p> <p>¿Qué pasa con el color del objeto?</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Estudiante 1: por la mitad de la ficha es de un color y en la otra mitad se ve el color original del objeto. ● Estudiante 2: del lado izquierdo donde la luz de color esta, el color original del objeto tomará una tonalidad parecida al de la luz, sin embargo, el lado derecho donde está la luz blanca, el color del objeto permanecerá igual. ● Estudiante 4: lo que le pasaría con el color del objeto es que se vuelve un poco del color de la fuente de luz, esto sucede gracias a la linterna y la mezcla entre la luz del objeto y de la fuente. ● Estudiante 5: el objeto adquiere la tonalidad del color del papel que hayamos puesto en la linterna, generando así una sombra generada por la luz blanca con la forma del objeto y el color del papel seleccionado. ● Estudiante 6: el color del objeto cambia porque la fuente no es de color blanco. ● Estudiante 7: el objeto se ve del color que está el papel. | |

- **Estudiante 8:** su tonalidad se vuelve un poco roja gracias al color de la fuente.
- **Estudiante 10:** con el filtro el objeto empieza a tener color verde mientras que se le ponen ambas luces y su color sigue siendo el color natural que tiene el objeto.
- **Estudiante 11:** la ficha se ve de dos colores por un lado del color de la fuente y por otro del color de la fuente de luz en mi caso azul.
- **Estudiante 12:** cambia según el color del papel que se le coloca a la fuente de luz.
- **Estudiante 13:** el objeto cambia su color lo que hace que el observador vea el color de la fuente de luz que se le coloque.

¿Qué color tiene la sombra que proyecta el objeto?

- **Estudiante 1:** con la luz verde la sombra se ve de color violeta, y con la luz amarilla la sombra se ve de color gris.
- **Estudiante 2:** la sombra tiene diferentes colores variando el color de la fuente de luz, estos colores se correlacionan estando en el círculo cromático llamándolo así colores armónicos, por ejemplo, si la fuente de luz es verde su sombra se tornará violeta, este color estando en forma recta en el círculo cromático.
- **Estudiante 4:** el color de la sombra suele ser (negro), esto ocurre cuando se ilumina un objeto opaco en este caso sería (una ficha de domino) con luz blanca. El color de la sombra depende de la luz, el objeto y la superficie donde se proyecta. En este caso el objeto es la ficha de dominó y la superficie es en una Cartulina y un lugar oscuro. Físicamente la sombra es la mezcla entre luz que el objeto deja pasar y el color de la superficie donde proyecta.
- **Estudiante 5:** se refleja una sombra de un color distinto al colocado en la primera linterna, no supe identificar si la sombra producida era su color complementario o el saber el porqué de los colores de la sombra de distinto color.
- **Estudiante 6:** oscura pero cuando refleja otro cuerpo de luz se va aclarando el sombreado.
- **Estudiante 7:** el color de la sombra es oscuro.
- **Estudiante 8:** su tonalidad es un poco verdosa.
- **Estudiante 10:** al poner las dos linternas se proyectan dos una violeta que se proyecta por la luz verde y una verde por la luz blanca.
- **Estudiante 11:** Luz Azul: proyecta una luz Azul celeste, un azul muy claro.
- Luz Amarilla: luz marrón o color miel.
- Luz Rojo: se visualiza una luz gris, un poco azul.

- **Estudiante 12:** es como un verde oscuro.
- **Estudiante 13:** la Sombra cambia a un color muy distinto al que habíamos observado anteriormente, en mi caso coloque papel celofán de color rosado y su sombra otorga un color verde.

Realiza una explicación sobre esta situación.

- **Estudiante 1:** los resultados del experimento desde el observador, es que observa los efectos que genera el color, la luz y la oscuridad cuando se contrastan sobre un objeto. La luz genera sobre la cartulina blanca un efecto de resaltar el color y cuando es expuesta contra un papel de color, esta luz toma esa tonalidad, pero al encontrarse con un objeto que obstaculiza esa luz, no que genera es el reflejo del objeto en tonalidad oscura, es decir genera una sombra, manteniendo el color pero con intensidad oscura, pero al frente de este se genera una sombra gris y violeta, y dependiendo de la posición de la linterna se generara la sombra.
- **Estudiante 2:** La luz blanca está conformada por los colores del círculo cromático que podemos visualizar en el arcoíris, pero ¿cómo los percibimos? Muy fácil, los objetos absorben todos los colores de la luz, pero hay algunos que no cumplen esta regla y rebotan, y es el color que ve un observador, por ejemplo, una manzana absorbe todos los colores excepto el rojo, y de esta forma con todos los objetos alrededor, ¿y si no hay luz o esta invadido por la oscuridad?, los objetos serán negros u oscuros, podremos utilizar otros sentidos para sentir su presencial, de la misma manera funciona con el negro, este absorbe todos los colores que proporciona la luz. Podemos encontrar un factor importante, no todas las fuentes de luz serán blancas, si se altera o pasa por filtros de tonalidad cambiara su color, y ¿Cómo los objetos se ven?, estos cambian la tonalidad dependiendo el color utilizado, y si utilizamos un cuerpo opaco está creará una sombra que también tenga su propia tonalidad, por ejemplo, si iluminamos un objeto con una luz roja, el objeto tomara tonalidades rojizas y su sombra será de un color verdoso, esto lo podemos entender mejor observando los colores armónicos, también entran en juego factores como el ángulo o posición ya sea de la luz, objeto o el observador.
- **Estudiante 4:** primero nos ubicamos en un lugar oscuro donde pondremos dos cartulinas una en el centro y una de lado Superior pondremos la ficha de dominó o el objeto opaco en el centro, lo que hayamos realizado dicho ubicación del objeto con la linterna Dónde está el papel

celofán comenzaremos a iluminar el objeto de una manera donde se pueda observar la iluminación hacia el objeto luego con la otra linterna donde no hay papel celofán haremos que la linterna alumbrada hacia el objeto o intenté como hacer una reflexión hacia la otra luz y hacia el objeto que está en el centro qué es la ficha de dominó. Por otro lado, hay un color y al ponerse la linterna de color blanca (normal) está la luz blanca se refleja. la mitad a su alrededor se ve el color de la linterna del papel celofán la combinación de estos dos se produce ya que hay una sombra que se genera del lado izquierdo de un color violeta y así al lado derecho se genera un color más vivo del papel celofán Esto hace que se obtenga una mejor reflexión de la sombra del objeto.

- **Estudiante 5:** la luz proyectada por la linterna con papel de color (linterna 1) genera una sombra de un color distinto al que está en el papel. Pero por otra parte la linterna de luz blanca (linterna 2) proyecta fuertemente en su dirección una sombra con mayor intensidad que la de la linterna 1 y del mismo color del papel de la linterna 1. Como observador hay muchísimos ángulos donde se aprecian mucho mejor los colores y la oscuridad es clave para conseguir que sean más fuertes las tonalidades de los colores.
- **Estudiante 6:** puse el objeto en una cartulina blanca para obtener el resultado mirando con dos linternas los diferentes cambios que obtuvo con los cambios del papel celofán.
- **Estudiante 7:** puse el objeto en un fondo blanco apagué la luz y lo iluminé con la linterna y el papel, el objeto se puso del color del papel y se reflejó la sombra.
- **Estudiante 8:** esto depende de muchos factores como el observador, el ángulo del observador, el color de la luz ya sea rojo como en mi caso que la fuente de luz es roja y del otro lado se refleja una luz blanca y esto hace que dependa del ángulo se pueda ver una sombra un poco verde, pero esto depende de la intensidad de la luz, desde donde esté mirando el observador, para que este experimento sea llevado a cabo.
- **Estudiante 9:** mi explicación sería que al poner la luz blanca esta refleja sobre la luz verde lo cual da el color de la segunda sombra de color verde y la luz de color verde se refleja con la luz blanca y eso hace que la primera sombra tenga un color violeta claro.
- **Estudiante 11:** Los colores se mezclan y se visualiza una variedad de tonos y colores, si pusiéramos la luz en un DVD sería un tono como un arcoíris, en este caso la sombra se pierde un poco pero ya no sería gris ni negra, es de tonos de color más claros a el color de la linterna o en otras cosas cambie ese color.

- **Estudiante 12:** La situación que observo es que si pongo la cámara de lado morado se va a ver una sombra oscura y su fondo blanco, pero si la pongo al lado opuesto observó una sombra verde oscuro y su fondo un poco morado y su alrededor color blanco.
- **Estudiante 13:** En el experimento que hicimos debemos tener en cuenta ciertas cosas en este caso la luz, el ángulo, los colores y el observador. Nos fijamos que, al inicio al poner la luz de color, el observador ve la figura que tiene similitud del color de la luz, pero si ponemos al otro extremo una luz blanca observamos que su sombra no será oscura como siempre la vemos, ahora es de otro color esto depende del ángulo que se le dé a la luz blanca, pero al tener otra luz de color se observa que su sombra proyecta distintos colores. Esto nos da apreciación que existen demás colores que casi no teníamos conocimiento.

Anexo L. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 3-sesión 1

Saludo.

Los docentes comienzan con una breve retroalimentación de la actividad del momento 2- sesión 2 sobre las sombras de colores, con el fin de contextualizar la siguiente sesión.

- **DC:** Muy bien, comenzaremos esta nueva actividad, mediante un experimento que les va a gustar. Ustedes ya han visto sombras de colores y han mezclado uno que otro color con otro, pero qué pasa si mezclamos varios colores al tiempo ¿Qué colores se producen a través de la mezcla de diferentes colores? Para esto, la profesora realizará la orientación respectiva del experimento.

La docente DL, lidera la actividad de la construcción de un círculo de Newton casero, para ello los estudiantes trazan dos círculos del mismo tamaño en $\frac{1}{8}$ de cartulina, los dividen en seis partes iguales, y colorean cada sección teniendo en cuenta un orden exacto que se está proyectando en una diapositiva, es decir: verde, azul, morado, rojo, naranja y amarillo. Luego los estudiantes cortan otro círculo del mismo tamaño en un cartón y en ambas caras del mismo, pegan con cuidado los círculos de colores que ya habían elaborado. Finalmente, hacen dos orificios cerca al centro de la circunferencia y por estos insertan 1m de pita con el fin de poder, con este, hacer girar el círculo.

A través del desarrollo del experimento, se van presentando algunas afirmaciones y preguntas interesantes.

- **Estudiante 2:** Profe, los colores que estamos usando son los mismos que veo en un arcoíris “*que curioso*”.
- **DC:** Que buen apunte, aunque faltaría un color para que estén todos los del arcoíris, es cierto que están la mayoría.
- **Estudiante 5:** ¿Cuál es la razón de usar los colores con ese orden profesores? ¿Por qué no se pueden colocar de otra forma?
- **DL:** Pues, está construido de tal forma que ustedes identifiquen mezclas de colores comunes, por ejemplo, si mezclas amarillo y rojo ¿Que obtienes?
- **Estudiante 5:** El naranja profe.
- **DL:** Exacto, y fíjate que color esta entre el amarillo y el rojo.

- **Estudiante 5:** Si profe, está el naranja.
- **DL:** Muy bien, ahora Pruébalo con otras mezclas que conozcas.
- **Estudiante 5:** Claro, está también el morado, que es la mezcla de rojo y azul. También el verde que es mezcla de amarillo y azul.
- **DL:** Exacto, en este círculo ya hay algunas mezclas, ahora tenemos que pensar en qué pasa cuando pones a girar este disco.
- **Estudiante 2 y 5:** Profes, ¿cómo giramos el círculo?
- **DC:** Tienen que enrollar la pita como lo muestra la profe y luego de tener esos nudos, deben jalar fuertemente para que se devuelva. Cuando hagan eso, no olviden estar muy concentrados en lo que ven.
- **Estudiante 1:** Yo veo un montón de colores girando.
- **Estudiante 5:** Parece blanco profe, pero no es tan blanco ¿Puede ser blanco?
- **DC:** Bien ¿Eso es posible? A los otros compañeros ¿también les da igual?
- **Estudiante 5:** Profe, efectivamente si se ve blanco, solo que debe hacerle mucha fuerza.
- **Estudiante 2:** El blanco puede ser porque se pintó el círculo con colores claros. Es decir que no se les hizo fuerza para pintar.
- **DC:** Ok, es una buena apreciación ¿Será por esto? ¿Qué piensa el resto?
- **Estudiante 1:** Creo que si es por eso profe.
- **DC:** Pero, si miramos al estudiante 6, podemos observar que los colores que ella usó se resaltan bastante, es decir que les imprimió una gran fuerza a los lápices. Y así, ¿Qué color ves?
- **Estudiante 6:** Blanco.
- **DC:** Muy bien.
- **Estudiante 5:** Podría ser por la velocidad del giro.
- **DC:** Puede ser.
- **Estudiante 6:** Yo pienso que los colores se mezclan y terminan formando el blanco.
- **DC:** Entonces si nosotros mezclamos todos los colores ¿Aparece el blanco?
- **Estudiante 1:** Profe, cuando giramos rápidamente el círculo, los diferentes colores se mezclan y aparece el blanco.
- **DC:** Muy interesante, ahora bien, entonces ¿Qué pasa con los colores del círculo? ¿Por qué “se desaparece” el verde, el amarillo, entre otros?
- **Estudiante 6:** Yo creo que es precisamente por la misma mezcla, se combinan y aparece el blanco.
- **Estudiante 1:** Estoy de acuerdo, aparece un nuevo color, el blanco.

- **Estudiante 3:** Debido a la gran velocidad, nosotros los vamos a ver mezclados, y por eso aparece el blanco.
- **DC:** Muy bien. Chicos, ¿Porque cuando usamos témperas no pasa lo mismo? Es decir, ustedes han jugado con estas seguramente y han realizado dichas mezclas, pero no aparece el blanco.
- **Estudiante 2:** Eso pasa por que son muy oscuras, “muy fuertes”.
- **DC:** Pero algunos de ustedes han utilizado esos colores “oscuros” o “fuertes” en su círculo, pero aún así se sigue viendo la mezcla como blanco. Sin embargo, con las témperas no pasa.
- **Estudiante 4:** Profe, la razón es que no se está girando, como en este caso.
- **Estudiante 6:** Cuando giramos, se da una mezcla mejor, que cuando simplemente las unimos, como en el caso de la tempera.
- **DC:** De acuerdo todos.
- **Grupo unánime:** Si.
- **DC:** Bien, esa pregunta queda un poco abierta, me gustaría que indagaremos más.
- **DL:** Chicos, si mezclamos esas témperas en una licuadora ¿Qué piensan qué pasaría?
- **Estudiante 4:** Yo lo hice y se ve un gris oscuro.
- **Estudiante 1:** Si, algo café, también.
- **DC:** Bien, qué conclusión pueden sacar al respecto.
- **Estudiante 3:** Profe, a mi todo esto me recuerda a la luz.
- **DC:** ¿La luz? ¿De qué color es la luz del sol?
- **Estudiante 3:** Es blanca y por eso me la recuerda, ya que ese tipo de blanco, se me parece al que yo veo cuando giro mi círculo.
- **DC:** Muy bien, ¿les recuerda a algo más?
- **Estudiante 1:** A mi me acuerdo de los colores del cielo.
- **Estudiante 5:** A mí al arcoíris.
- **DC:** Pueden explicarme un poco más esto.
- **Estudiante 1:** El cielo, porque no siempre tiene los mismos colores.
- **Estudiante 5:** El arcoíris, por sus colores de luz, que son los mismos del círculo.
- **DC:** Será que existe una relación entre el experimento que hicimos y lo que ustedes exaltan con la luz y el cielo.
- **Estudiante 3:** La mezcla de los colores me da blanco profe.
- **DC:** Sí, entonces ¿la luz del sol es?
- **Estudiante 6:** La luz del sol es la mezcla de muchos colores.
- **DC:** ¿Colores de qué?

- **Estudiante 6:** Los del arcoíris, es decir de los colores de luz.
- **DC:** Muy bien, es decir que ya sabemos que la mezcla de los colores del círculo me da el blanco, ahora, es importante conocer, si con la luz pasa lo mismo.
- **Estudiante 3:** La mezcla da blanco.
- **DL:** Chicos, una pregunta, será que si repetimos el experimento en una habitación oscura ¿Se verá lo mismo? Es decir, ¿Obtendrían los mismos resultados?
- **Estudiante 6:** No profe, no se ve nada.
- **DL:** Es decir que para que podamos identificar esa mezcla, ¿Que es necesario?
- **Estudiante 6:** Es necesaria la luz. Es decir, que esté iluminada la habitación.
- **DL:** Bien, pero si la luz no es blanca como la del sol, sino que ustedes tuvieran una fuente de luz de otro color, no se, azul. Al girar el círculo, ¿Se seguiría viendo blanco?
- **Varios estudiantes:** No estamos seguros.
- **DL:** Recordemos cuando iluminamos la ficha de dominó con luz de diferentes colores ¿qué pasaba?
- **Estudiante 1:** Profe, la ficha quedaba con un poco del color de la fuente.
- **DL:** Exacto, ¿Que pasaría con el círculo?
- **Estudiante 1:** Si la luz es azul, el círculo va a quedar azul o bueno, no, se verán todos los colores, pero se ve un poco más el azul.
- **DC:** Muy bien, es como si dominara el color de la fuente.
- **Varios estudiantes:** Si profe, de acuerdo.
- **DC:** Muy bien chicos, por tiempo, debemos dejarlo hasta este punto. Gracias por su participación, seguiremos dando las ideas en la próxima sesión, no olviden todos los materiales, ahora vamos hacer mezclas de colores, pero con luz.
- **DL:** Gracias chicos, cuídense mucho.

Cierre de la sesión.

Anexo L. Discusiones de la vídeo llamada del momento 3-sesión 2

| | |
|---|---|
| Nombres de quienes elaboran esta tabla | Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda Marlon Camilo Aldana Boada |
| Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes | Momento 3-Sesión 1 ¿Qué colores se producen a través de la mezcla de diferentes colores? |
| Con qué curso desarrolló la actividad | Sección de secundaria |
| Número de estudiantes que desarrollaron la actividad | 20 |
| Número de sesiones realizadas | 1 |
| Pregunta problema o interés de análisis | Reconocer que la unión de los colores azul, morado, rojo, amarillo, verde y naranja forman el color blanco. |
| Respuestas de las preguntas (Momento 3-Sesión 1) | |
| <p>Con base en la construcción del círculo de Newton:</p> <p>¿Qué pasa con los colores del círculo?</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Estudiante 1: Como se ve en la imagen cuando gira muy rápido el círculo se alcanza a ver blanco esto a causa de que la luz blanca está formada por los seis colores. ● Estudiante 2: Se puede observar como el círculo Newton, con el movimiento rotativo, se expande y se encaja dependiendo su velocidad de rotación, a medida que ésta es menor se ve su estado original donde los colores se observan claros. En cuanto a los colores se refleja cómo a mayor rotación esto se difunde creando un tono. ● Estudiante 3: Se mezclan al haber un movimiento muy rápido producido por las cuerdas, y al estar expuestas a una luz se podrá observar otra tonalidad. ● Estudiante 4: Los colores Se mezclan un poco, y se mezclan como si fuera un arcoíris, y ya que no es un material iluminable, no se puede irradiar luz para que salgan los colores como en un DVD, solo están ahí plasmados en la cartulina y solo se mezclan en ella misma. ● Estudiante 5: Entre más rápido gire el círculo, los colores desaparecen y se ve un color blanco. ● Estudiante 6: Se ven los colores como revueltos a la hora de que gira la rueda. | |

- **Estudiante 7:** Pues se ve como si se estuvieran mezclado y se ve como disminuye su color pues se ve con la velocidad en que el cordón o disco de Newton como choca por la controversia de sus ejes ya que no van hacia su misma dirección.
- **Estudiante 8:** Si el círculo lo giramos en la noche no se observaron los colores, pero si es con un rayo de luz hacia el círculo si podríamos ver el reflejo de los colores.
- **Estudiante 9:** Se obtienen los colores del arcoíris en el Círculo de Newton, sus colores al momento de girarlo se mezclan y hace que el observado vea un color blanco o claro.
- **Estudiante 10:** Se puede identificar que al girar rápidamente el círculo se forma el color blanco, los 6 colores que tiene el círculo se combinan para generar el color blanco. Puedo concluir que se genera este color gracias a la luz reflejada que genera un prisma cuando pongo en movimiento este círculo, pero cuando lo dejo quieto los 6 colores se pueden identificar normalmente.

Con respecto a la otra pregunta: ¿Por qué al girarlo se ve un color claro o blanco? Concluye el experimento y argumenta.

- **Estudiante 1:** Se forma ya que como los colores conforman el blanco la luz se refracta y hace que se vea este efecto.
- **Estudiante 2:** Al girar el disco Newton, los colores se combinan y forman el color blanco, gracias al fenómeno de la persistencia. Mediante este círculo se demuestra la adición de la luz: la luz blanca está formada por todas las longitudes de onda del espectro visible, los colores del arcoíris se pueden decir. Dado que el ojo humano es más sensible a los colores ubicados en la mitad del espectro, los segmentos verde y amarillos en el disco son muchas veces más anchos que el rojo y el morado.
- **Estudiante 3:** Se ve de un color claro ya que el movimiento que se realiza hace que se unan y esta explica los colores que tiene la luz blanca, esta está conformada por los colores vistos en el disco, estos mismos son los que podemos observar en el arcoíris.
- **Estudiante 4:** Por la difuminación de cuyos colores, que actúan mezclados con los colores fuertes y claros.
- **Estudiante 5:** Según yo, porque al girar el círculo se van combinando los colores, entonces se va a crear un color claro.
- **Estudiante 6:** Por la velocidad en la que va girando la rueda.

- **Estudiante 7:** Supongo que es por la velocidad o la aceleración que tiene el disco creado es ilusión de que disminuye su color y pues la poca luz que lo enfoca mientras gira.
- **Estudiante 8:** Cuando hacemos que gire el círculo rápidamente se combinan todos los colores y por eso lo observamos de color blanco, según Newton el color blanco está formado por los 7 colores del arcoíris.
- **Estudiante 9:** Se puede ver como los colores reconstruyen el color blanco, pues esto es lo que demuestra el disco de Newton, ya que al girarlo rápidamente el observador evidencia un color blanco a pesar de que el disco sea colorido, con este experimento se concluye que la luz blanca está formada por los 7 colores del arcoíris.
- **Estudiante 10:** Porque según el experimento, Los 6 colores se combinan entre sí cuando el círculo está en movimiento constante, mientras más se mueva el círculo más se nota el color blanco, esto da a conocer que el color blanco está conformado por los colores del arcoíris que están en el círculo de Newton.

Anexo M. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 3-sesión 2

| | |
|--|--|
| Nombres de quienes elaboran esta tabla | Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda y Marlon Camilo Aldana Boada. |
| Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes | Momento 3-Sesión 2 ¿Qué colores se producen a través de la mezcla de diferentes colores? |
| Con qué curso desarrolló la actividad | Estudiantes de secundaria |
| Número de estudiantes que desarrollaron la actividad | 20 |
| Número de sesiones realizadas | 1 |
| Pregunta problema o interés de análisis | Analizar cómo a través de la unión de algunos colores de luz se pueden producir otros colores hasta obtener el blanco. |

Narración de la actividad Momento 3-Sesión 2

Saludo.

Esta sesión comienza con la presentación de un vídeo guía sobre la actividad a desarrollar, en la cual, los estudiantes deben usar fuentes de luz (linternas), con filtros de tres colores en específico: azul, verde y roja. Luego, colocarán las fuentes apuntando hacia un punto común hacia una pared o pantalla blanca, para después interponer un trozo de cartón con un pequeño agujero por el cual la luz cruzará. Finalmente variarán la distancia entre cartón y pantalla con el fin de observar cómo se producen mezclas de colores de luz. De esta actividad se destacan las siguientes situaciones:

- **DC:** Muy bien chicos, hoy vamos a jugar con las luces de color, continuando con la idea de hace ocho días con las mezclas de color. Para ello, vamos a utilizar tres colores de luz, el azul, el verde y el rojo
- **DC:** Chicos, cuando ustedes apuntan las luces en un mismo punto y ponen el cartoncito, ¿Qué color ven?
- **Estudiante 3:** Yo veo rojo, azul o verde que parece aguamarina a través del orificio, pero en las sombras se ven otros colores, negro, rosado y rojo, casi rosado.
- **DC:** ¿Ven otro color o están de acuerdo con estos?
- **Varios estudiantes:** Estamos de acuerdo.

- **DC:** ¿Qué pasa si mezclamos estos colores?
- **Estudiante 7:** Profe, cómo hace 8 días, se formará el blanco.
- **DL:** Bien, es una hipótesis, pero recuerden que ahora tenemos menos colores que en el círculo, antes teníamos 6 y ahora solo 3 ¿pasará lo mismo?
- **DC:** Además de eso, se acuerdan de los colores primarios ¿Cuáles son estos?
- **Estudiante 3:** Amarillo, azul y rojo.
- **DL:** Pero en este caso no tenemos el amarillo.
- **Estudiante 3:** Lo cambiamos por el verde.
- **DL:** Una pregunta ¿Porque se le llaman colores primarios a estos?
- **Estudiante 9:** Esto es porque no se pueden crear.
- **Estudiante 4:** Con la mezcla de estos se pueden “hacer” todos los colores.
- **DC:** Es decir que nosotros no podemos usar una mezcla de dos colores para obtener un “primario” como por ejemplo, el amarillo.
- **Varios estudiantes:** No, no se puede.
- **DC:** Entiendo, es decir que para que sean primarios, es necesario de que no se produzcan bajo ninguna mezcla.
- **Varios estudiantes:** Si.

En este punto, los docentes continúan con la reproducción del video, para observar como al acercar el cartón a la pantalla, los colores se comienzan a mezclar, produciendo así un efecto que sorprende a los estudiantes y los hace reformular sus ideas acerca de los colores primarios y su producción.

- **DC:** Muy bien, como se muestra se acercó un poco el cartón a la pantalla, por lo que se comienzan a dar mezclas de colores ¿Que ven?
- **Estudiante 3:** Se vuelven a ver, el rojo, el verde y el azul, pero más juntos y entre estos se ve casi un color amarillo y azul claro como aguamarina.
- **DL:** ¿A que haces referencia con el casi color amarillo?
- **Estudiante 3:** Lo veo así.
- **DL:** Y como puedes verlo un poco más o un poco menos amarillo.
- **Estudiante 3:** Profe, acercando o alejando la fuente o el cartoncito.
- **Estudiante 9:** Profes, yo veo un verde casi azul y nuevamente el negro.

- **DC:** Muy bien, muy descriptivos, pero tengo una pregunta: si ustedes me dijeron que no era posible obtener el color amarillo por mezclas, ¿Porque aquí si se produce por la mezcla del rojo y el verde?
- **Estudiante 3:** Por la mezcla de los primarios, ¡ah! pero el verde no lo es.
- **Estudiante 12:** Podría ser por la mezcla de un primario como el rojo, con un secundario como el verde.
- **DL:** Si ustedes hacen esto con un color, tinte o témperas ¿obtendrán lo mismo?
- **Estudiante 12:** Busqué por internet y dice que el verde y el rojo dan el café.
- **DC:** [Risas] Pero como ven, aquí no ¿Entonces que paso? ¿Qué lo hace diferente al pintarlo con un color o una témpera, con lo que observamos en este experimento?
- **Estudiante 7:** Que estos colores son luz.
- **Estudiante 15:** Mi hipótesis es que los colores (pigmentos) no emiten tanta luz, como la misma luz, por lo que sus mezclas son diferentes.
- **DC:** Es decir...
- **Estudiante 15:** Profe, hace 8 días mezclamos colores (pigmentos) y hoy luz.
- **DC:** Muy bien, cómo se dan cuenta, es un poco diferente. Yo creó que si les hubiera planteado la pregunta de cuál color se produciría de la mezcla entre rojo y verde, nunca me hubieran dicho amarillo. ¿No es verdad?
- **Varios estudiantes:** Es cierto, hubiéramos optado por decir café o un color muy oscuro.
- **DL:** Eso quiere decir, que ¿cuales son los colores primarios ahora?
- **Estudiante 1:** El rojo, verde y azul.
- **Estudiante 10:** Profes, esos colores yo los vi cuando me acerqué a mi televisor ¿Tienen alguna similitud?
- **DC:** Claro que sí, ciertamente son esos mismos tres los que están en algunas pantallas de sus televisores y reciben el nombre de colores primarios RGB, por sus iniciales en inglés.
- **Estudiante 3:** ¿Es decir que de estos tres colores podemos obtener todos los que vemos en el televisor?
- **DC:** Así es. Muy bien, como en este experimento, se supone que con la mezcla de estos, podemos obtener todos los colores o la mayoría, por lo menos, de estos. Así que si acercamos ese cartón aún más a la pantalla ¿Que observamos?
- **Varios estudiantes:** Creeríamos que se va ver las mezcla de estos. Es decir se producirían otros colores.

- **DC:** Muy bien, y ya que ustedes lo mencionaron con anterioridad, fijémonos también que pasa con las sombras del cartón, ya que estas no tienen el mismo color que las fuentes usadas. Muy bien, observemos con atención.

Con esto, se pasa a la siguiente parte del experimento, donde se acercará el cartón a la pantalla lo suficiente hasta que se puedan mezclar todos los colores.

- **DL:** ¿Qué color se forma?
- **Estudiante 3:** Sale blanco, sale blanco, blanco.
- **DL:** Muy bien, efectivamente aparece el blanco, mediante esa mezcla.
- **DC:** Como ven, se vuelve a observar el fenómeno, en que si mezclamos diferentes colores, obtenemos el blanco. Pero ¿Que paso con las sombras?
- **Estudiante 1:** Veo otros colores, un azul verdoso, un azul casi parecido al del orificio, el negro, el rojo y el amarillo o naranja claro.
- **DC:** Interesante, ya que si se dan cuenta, vuelve aparecer el amarillo, aunque en ningún momento utilizamos una fuente que emitiera luz de ese color. Entonces ¿Qué conclusión me pueden dar al respecto?
- **Estudiante 8:** Se me explota la cabeza [Risas].
- **DL:** Interesante, es un síntoma de que te sorprendió el resultado. Pero entonces qué pueden decir a profundidad al respecto, desde lo que han entendido hasta este punto. Pueden compararlo con el círculo de los colores.
- **DC:** ¿Que es igual? ¿Que es diferente?
- **Estudiante 9:** Me parece que es un poco igual, por el resultado. Es decir, obtuvimos el blanco.
- **Estudiante 10:** Definitivamente el blanco es la unión de todos los colores.
- **DL:** Yo tengo una pregunta, aunque obtenemos el mismo resultado, ¿Cuál es la razón por la que en el anterior experimento usamos otros colores más, como el morado, pero ahora, no? ¿Qué diferencia existe?
- **Estudiante 3:** Profe, yo pienso que tiene que ver con la relación que tienen en las mezclas, porque los colores azul, verde y rojo si están en el círculo de Newton, y están sus mezclas también, las cuales vemos cuando acercamos el cartón, es decir que igualmente los mezclamos todos.

- **Estudiante 8:** De acuerdo, por ejemplo la mezcla del azul y el rojo me dan el morado, pero la del verde y el rojo, amarillo, y así sucesivamente se van obteniendo los colores del círculo de Newton.
- **DL:** Muy bien, es correcto, si hacemos las mezclas adecuadas, terminamos obteniendo esos otros colores, muy observadores.
- **DC:** Chicos, si la unión de todos estos colores me da el blanco ¿Eso quiere decir que la luz que llega a ustedes desde el sol, también lo está?
- **Estudiante 3:** Yo creería que sí.
- **DC:** ¿Qué ven en el video?
- **Estudiante 3:** Que si es así.
- **Estudiante 8:** Profe, ahora que lo pienso, cuando yo miro al cielo, veo diferentes colores de luz, pareciera que la luz que llega hasta nosotros si está mezclada con todos los colores, pero por ejemplo, cuando yo miro hacia otras partes no se alcanza a mezclar y se ve rojo, como el atardecer.
- **DC:** Excelente, me parece muy buen apunte. Hace ocho días otra persona mencionaba algo parecido, en el momento no le prestamos la suficiente atención, pero fíjense que efectivamente cuando miramos al cielo, vemos diferentes colores de luz.
- **Estudiante 13:** Claro profe, no es lo mismo verlo en la mañana, que en la tarde o en la noche.
- **DC:** ¿Y de qué depende eso?
- **Estudiante 3:** Profe, podría ser por la posición del sol.
- **DC:** ¿Se parece a nuestro experimento?
- **Estudiante 5:** Si, aunque no estamos usando la luz del sol, usamos las linternas y depende de su posición que podamos o no ver los colores.
- **DC:** Perfecto, pero entonces ¿Cómo es que si la luz sale blanca, nosotros la veamos de otros colores? Es decir ¿Nosotros podemos hacer que la luz blanca deje de ser blanca?
- **Varios estudiantes:** Creo que no se puede hacer profe.
- **DL:** ¿Seguros?
- **Estudiante 3:** Solo cambia cuando ponemos algo, un filtro, por ejemplo el papel celofán.
- **DC:** Y entonces cuando ustedes ven el firmamento en el cielo y este es azul ¿Donde está el filtro?
- **Estudiante 8:** ¿Podría ser la capa de ozono, profe?
- **DC:** Muy bien.
- **Estudiante 15:** Profe, ¿Es parecido a lo que pasa con el arcoíris?

- **DC:** Puede ser ¿Cómo se forma un arcoíris?
- **Estudiante 3:** Con agua y con luz.
- **DC:** ¿Qué papel tiene el agua?
- **Estudiante 3:** Profe, cuando llueve, algunas gotas quedan ahí “flotando” y a través de estas pasa la luz, formando así el arcoíris. Eso sí, pareciera que fuera selectivo el color de la luz que pasa por las gólicas.
- **DL:** Muy bien, pero el agua tiene otra característica ¿De que color es?
- **Varios estudiantes:** Transparente.
- **DL:** Correcto, y si el agua fuera de otro color, por ejemplo, verde ¿Se seguiría formando el arcoíris?
- **Varios estudiantes:** No profe.
- **Estudiante 8:** Se vería verde.
- **DL:** Muy bien.
- **DC:** Entonces ¿Cuál es la similitud que comparte una gota de agua, con el ozono o un vidrio?
- **Estudiante 4:** Que son transparentes
- **DC:** Entonces ¿Qué pasa con la luz cuando cruza por estos?
- **Estudiante 4:** Qué la luz puede pasar a través de estos.
- **DC:** Correcto, y si pasa esa luz blanca por el agua, influye en que veamos los colores de un arcoíris.
- **DL:** ¿Qué similitudes encuentran con el experimento que acabamos de hacer?
- **DC:** Es decir, si yo acercaba el cartón a la pantalla ¿Que pasa?
- **Estudiante 2:** Se mezclan los colores y veo el blanco.
- **DC:** Y si lo alejo.
- **Estudiante 2:** Se separan.
- **DC:** Entonces qué pasa con la gótica y la luz. ¿Qué le pasa a la luz blanca al pasar por la gota?
- **Estudiante 3:** Profe, ¿Se desaparece el blanco y aparecen los colores del arcoíris?
- **DC:** ¿Es decir que a la luz blanca que le pasa?
- **Estudiante 4:** Se ven los colores.
- **Estudiante 3:** Se separan los colores del blanco.
- **DC:** Muy bien.
- **Estudiante 3:** Profe, eso también lo veo en mi mesa de vidrio. ¿Pasa lo mismo?
- **DC:** Correcto, pasa con eso también, es decir, con el vidrio o incluso con algo que se llama prisma.

- **DL:** Perfecto, solo añadido que esos objetos transparentes, se llaman opacos.

Para terminar, se vuelve a plantear el experimento, solo que ahora el cartón se le hacen dos agujeros más, y se pregunta si ven algo más.

- **DC:** Qué colores ven.
- **Estudiante 15:** Profe, aparecen más, se ven muchos colores.
- **DC:** ¿Cómo cuáles?
- **Estudiante 1:** Diferentes verdes, azules, rojos, rosado, fucsia, amarillo, morada. Y se ven muchas sombras de colores.
- **DL:** Tengo una pregunta. Si en el centro de los círculos se ve blanca la mezcla, porque en el de las sombras, no.
- **DC:** Claro, las sombras se están mezclando, ¿porque no se ve el color blanco?
- **Estudiante 4:** Así se veían también cuando fallaban los televisores.
- **DC:** Entonces ¿Qué pasa?
- **Estudiante 6:** Momento, la sombra es del cartón, no de la luz.
- **Estudiante 3:** El hueco no tiene sombra, y el cartón, si.
- **DC:** Yo quiero añadir algo para orientar, será que tiene similitud lo de las sombras, con el hecho de mezclar témperas.
- **Estudiante 8:** Profe, pareciera que no fueran mezclas normales, son como distintas.
- **Estudiante 9:** Profe, pasa como cuando veíamos sombras, donde los colores de estas dependen de las fuentes y al unirse, se ve el negro.
- **DC:** Eso que quiere decir, que si para el blanco unimos varios colores, para el negro...
- **Estudiante 2:** Puede que se desunen profe, es decir, si en uno pasa una cosa, en el otro, la otra, creo.
- **DC:** Desunir, interesante, ¿Pueden complementar esa idea?
- **Estudiante 8:** Quizá, es por el hecho de que el negro es un color, que por así decirlo, carece de los otros colores. Entonces el negro no es la mezcla de ninguno.
- **Estudiante 2:** Profe, creo que para el negro, los colores no se mezclan, sino que por así decirlo se quitan, no se como explicarlo, en cambio para el blanco, si se unen.
- **DC:** Muy bien, ¿cómo creen que pasa eso?

- **Estudiante 3:** Pues la única razón es los colores profe, algunas sombras son diferentes colores que los que se ven al pasar por el agujero, quizá cuando estos se “chocan” hacen que desaparezcan.
- **DL:** Muy bien niños, por último quiero hacerles unas cortas preguntitas, por el corto tiempo que nos queda.

Para finalizar la sesión, se realizan dos preguntas con el fin de obtener conclusiones de los estudiantes con respecto a las situaciones planteadas.

- **DL:** Entonces, finalmente ¿Que observaron que ocurrió con los colores que pasaron a través del agujero?
- **Varios estudiantes:** Se forman muchos colores, como el morado, rojo, entre otros y de la mezcla de estos al acercarse, se unen varios, hasta formar el blanco.
- **DC:** Muy bien, pero una pregunta, ¿El morado siempre es el mismo? Es decir ¿No hay otros tipos de morado?
- **Estudiante 3:** No profe, hay varios tipos.
- **Estudiante 8:** Si profe, está el morado claro, el oscuro y otros más.
- **DC:** Ok, y que necesito yo para que aparezca ese morado oscuro o bueno cualquier otro oscuro, como el amarillo.
- **Estudiante 3:** Si quiero uno claro, uso blanco, pero si quiero uno oscuro, el negro.
- **Estudiante 6:** Exacto, pero toca tener en cuenta que no se puede usar, ni mucho blanco, ni mucho negro, o se daña el color.
- **DC:** Muy bien, las proporciones. Entonces, en conclusión, cuéntenme.
- **DL:** Una idea corta, para que muchos alcancen hablar.
- **Estudiante 3:** De tres colores que podemos llamar primarios, podemos obtener muchos otros más.
- **Estudiante 8:** Las sombras no solo son de un color y al unirse, se desunen para obtener el negro. Y los otros colores, forman el blanco.
- **Estudiante 12:** No es lo mismo mezclar pinturas o colores, que la luz, tienen similitudes.
- **Estudiante 4:** Existen otros colores primarios, como lo son el verde, rojo y azul y con estos podemos obtener otros colores más.
- **DC:** Muy bien chicos, por tiempo debemos dejarlos, no sin antes felicitarlos por su colaboración. Muchas gracias.

- **DL:** Gracias chicos, nos vemos en 8 días, ese día no deben traer materiales, la información se las enviamos en el transcurso de la semana. Cuidense.

Cierre de la sesión.

Anexo N. Discusiones de la vídeo llamada del momento 4-sesión 1

| | |
|--|--|
| Nombres de quienes elaboran esta tabla | Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda y Marlon Camilo Aldana Boada. |
| Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes | Momento 4-sesión 1 Reflexiones finales de los estudiantes. |
| Con qué curso desarrolló la actividad | Secundaria |
| Número de estudiantes que desarrollaron la actividad | 20 |
| Número de sesiones realizadas | 1 |
| Pregunta problema o interés de análisis | Concluir las ideas en torno al color que se desarrollaron en los momentos 1,2 y 3 con el fin de sintetizarlas. |

Narración de la actividad (Momento 4) - Sesión 1

Descripción: Al comenzar la sesión, los docentes DC y DL realizan una presentación de algunos autores a través de la historia, destacando sus principales ideas acerca del color, junto a experiencias y experimentos que los llevaron a constituir sus teorías. También se destacaron algunas ideas de los estudiantes acerca del color, dando a conocer como estos elaboran explicaciones propias e importantes al respecto, lo cual los llevó a estructurar relaciones con los autores y exaltar su papel a modo personal y fundamental en la comprensión de algunos fenómenos relacionados con el color.

Con base en esto se destacan algunos fragmentos o preguntas que los estudiantes realizaron mediante la presentación:

- **DL:** ¿Chicos, ustedes saben que es un prisma?
- **Estudiante 15:** Es como un triángulo transparente, por donde pasa luz.
- **DL:** Algo así.
- **Estudiante 18:** Profe, el prisma hace lo mismo que las gotas de lluvia cuando pasa la luz, ya que en ambos casos podemos ver un arcoíris.
- **DC:** Muy buena relación, recuerden que el prisma es lo que observamos en la imagen.

Otra apreciación fue:

- **Estudiante 8:** Profes, ¿Como hizo Goethe para conocer los trabajos de Newton?
- **DL:** Muy buena pregunta, esto fue gracias a que fue publicado por la Royal Society, una sociedad científica muy importante en el mundo, por lo que tenía la facilidad de obtenerlo.
- **Estudiante 8:** Muchas gracias profes, muy interesante, para buscar.

Además:

- **Estudiante 3:** Profe, ¿Maxwell que tipo de colores usaba?, es decir ¿utilizaba pinturas o luz?
- **DC:** Él, en un comienzo experimentó con pigmentos, para así pintar un círculo, pero luego se dio cuenta que no era lo mismo usar estos pigmentos que la luz. Esto lo vimos también en el experimento pasado. Por eso, él termina haciendo experimentos con luces de colores e instaura diferencias al respecto. Entonces, respondiendo a tu pregunta, usó las dos.

Por su parte, se exaltan las explicaciones de los estudiantes acerca de los fenómenos estudiados. De este espacio de retroalimentación, se exalta lo siguiente:

- **DL:** Si en este momento, les volviera hacer una pregunta que se formuló en la primera sesión ¿De que color son los objetos que vemos, por ejemplo cuando lo iluminamos con una fuente de luz de color azul? Ustedes me responderían.
- **Estudiante 8:** Se vería azul profe.
- **DL:** Es decir que el color del objeto ¿De que depende?
- **Estudiante 3:** Del color de la luz.
- **DL:** Muy bien, es muy interesante como ustedes avanzan en sus explicaciones. Ahora bien, si avanzamos y ahora les pregunto ¿De qué color se vería el objeto si lo colocamos en una habitación oscura?
- **Estudiante 15:** Se vería más oscuro.
- **Estudiante 4:** Si es blanco, ahora se vería negro.
- **DL:** Es decir que para ver ese objeto ¿Qué necesitamos?
- **Estudiante 7:** Luz.
- **DL:** Muy bien, y si se ilumina mucho la habitación, ¿Se seguiría viendo igual?
- **Estudiante 9:** No, se vería más claro, casi blanco.

- **DL:** ¿Entonces se identifica una relación de que?
- **Estudiante 8:** De luz y oscuridad, profe.
- **DL:** Exacto, ustedes ya realizan relaciones entre estas dos, eso fue lo que ustedes lograron identificar en el momento 1. Para el momento 2, cuando iluminamos el objeto con una sola fuente de luz ¿De qué color era su sombra?
- **Estudiante 3:** Negra.
- **DL:** ¿Y cuando lo iluminamos con dos fuentes de luz de color diferente?
- **Estudiante 4:** Su sombra ya no era negra, se veía de colores.
- **Estudiante 19:** Profe, otra vez se identifica la relación luz y oscuridad.
- **DC:** Muy bien chicos.
- **Estudiante 8:** Además, aparecían sombras de colores diferentes a las de las fuentes.
- **DC:** Correcto, entonces ustedes identificaron otro aspecto más, perfecto. Ahora bien, para el momento 3, usamos aún más fuentes. Por ejemplo cuando usábamos tres colores de luz ¿Que variaciones encontraban en el experimento con el cartón?
- **Estudiante 3:** Aparecían varias sombras de colores, y en el hueco se unían los colores de las fuentes de luz.
- **DC:** Muy bien, esa parte parecía importante, ¿Debido a que?
- **Estudiante 8:** Profe, por la mezcla de colores, una que se une y otra que se aparta.
- **DC:** Muy bien, es parecido a lo que ustedes ven en la imagen, algo que puntualmente se llama, producción de color por adición (unión) y sustracción (aparta). Otra reflexión de ustedes era la obtención de un blanco “no tan blanco” cuando mezclamos dichos colores, por ejemplo en el círculo de Newton. Pero ahora, es momento para que ustedes hablen, ¿Que piensan al respecto? ¿A qué conclusiones llegaron?
- **Estudiante 8:** Me encantó descubrir que la luz del sol no es amarilla, sino que es blanca. Y que cambia es por que esa luz llega a la atmosfera y se producen desuniones de color.
- **Estudiante 15:** Me gusto darme cuenta que las combinaciones de colores no siempre me dan negro, es decir, yo usaba plastilinas y me daba un color oscuro, pero ahora, se que con la luz, no es así y me puede dar blanco.
- **Estudiante 1:** Otra cosa que a mi me gusto fue saber que de la mezcla de colores que nosotros llamábamos secundarios, se pueden obtener colores primarios, y viceversa, eso fue increíble para mi. Es decir que no solo existen un tipo de colores primarios.
- **Estudiante 3:** Profe, yo no sabía con exactitud cómo se formaba un arcoíris y cuál era su relación con el color blanco. Para mi fue muy interesante saberlo.

- **DC:** Muy bien chicos, muy interesante sus aportes, los cuales complementan lo que ustedes ya nos habían compartido en la sesión pasada.

Para terminar, se dio el espacio a los docentes para responder una encuesta por google forms y a los estudiantes se les formularon dos preguntas finales, que en conjunto con sus respuestas, se presentan a continuación.

1. De lo que aprendiste y explicaste en las actividades ¿Qué similitudes encuentras entre los autores y tus explicaciones?

Respuestas:

- **Estudiante 8:** Me parece interesante que tanto los autores, como nosotros, logramos instaurar relaciones con respecto al color y la oscuridad.
- **Estudiante 3:** Profes, darnos cuenta de que el color depende de la luz, eso lo hicimos todos.
- **Estudiante 10:** Es interesante hacernos preguntas comunes, como la relación de luz, oscuridad o fuentes y cómo esto nos da una perspectiva acerca del color que no teníamos.

2. ¿Qué entienden por color y su relación con la luz y la oscuridad?

- **Estudiante 6:** El color es algo que nos sirve para diferenciar los objetos. Y la luz es importante para eso, ya que el blanco es la unión de todos los colores de luz y me sirven para ver el objeto.
- **Estudiante 17:** El color es algo de la naturaleza, y existe una relación entre claro y oscuro, ya que estos son los que nos permiten diferenciar colores que pueden nombrarse como iguales, pero no lo son, debido a sus proporciones, como el amarillo y el amarillo sucio.
- **Estudiante 11:** Profe, podemos producir los colores por combinación de estos, esas mezclas son muy importantes, ya que de hacerlo adecuadamente, podemos obtener otros colores, incluso el negro o el blanco.
- **DC:** Bueno chicos, si no hay más respuestas, nosotros, por tiempo, nos despedimos, gracias por su colaboración.
- **DL:** Gracias chicos, a todos. sigan maravillandose por la naturaleza, muchas gracias.
- **DQ:** Muchas gracias profes, ya que con estas actividades podemos notar el interés y el avance de pensamiento científico que los estudiantes pueden tener.

Cierre de la sesión.

Anexo Ñ. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 4-sesión 1

| | |
|--|--|
| Nombres de quienes elaboran esta tabla | Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda y Marlon Camilo Aldana Boada. |
| Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes | Momento 4-sesión 1 Reflexiones finales de los docentes. |
| Con quién se desarrolló la actividad | Docentes encargados del grupo de investigación |
| Número de estudiantes que desarrollaron la actividad | 3 |
| Número de sesiones realizadas | 1 |
| Pregunta problema o interés de análisis | Concluir las ideas en torno al color que se desarrollaron en los momentos 1,2 y 3 con el fin de sintetizarlas. |

Narración de la actividad (Momento 4) - Sesión 1

Descripción: A continuación se adjuntan las respuestas a preguntas que se realizaron a los docentes encargados del grupo de investigación, con el fin de conocer opiniones, sugerencias y reflexiones en general, de estos, que pueden ser útiles para el trabajo de investigación.

Preguntas y respuestas:

1. ¿Considera que la metodología de trabajo (experiencias, experimentos, videos y presentaciones) durante las diferentes sesiones fue la adecuada para estudiar algunos fenómenos relacionados con el color? ¿Sí? ¿No? ¿Por qué?
 - **DQ:** Si fueron adecuadas, ya que permitieron establecer las relaciones entre los fenómenos físicos tratados durante la secuencia, además que generó un aprendizaje significativo por el desarrollo de los conceptos dentro de las actividades experimentales y la secuencia teórica presentada durante los conversatorios y el material socializado por los docentes.
 - **DB:** Si, los estudiantes logran comprender a partir de la observación de los fenómenos y el control de algunas variables a partir de la experimentación.
 - **DF:** Si, va desde lo general a lo específico, partiendo de la experimentación.

2. ¿Qué opinión tiene del proceso de los estudiantes durante la implementación de la propuesta, especialmente frente a la construcción de sus explicaciones?
- **DQ:** En este caso, el proceso que se desarrollo se vio un avance significativo referente a los conceptos especialmente en la relación del concepto de color y luz, es facil percibir durante la ultima fase de la secuencia, la posibilidad de los estudiantes de responder las preguntas planteadas por los docentes.
 - **DB:** Los estudiantes estuvieron muy participativos y atentos a los procesos.
 - **DF:** El proceso de aprendizaje a partir de la experimentación genera en los estudiantes interés y participación autónoma.
3. ¿Considera usted que se debería incluir los fenómenos relacionados con el color en la malla curricular de Ciencias Naturales? ¿Si? ¿No? ¿Por qué?
- **DQ:** Se debería tener en cuenta, ya que este permite establecer diferentes conceptos que se aplican de manera teórica tales como radiación, espectro electromagnético y óptica, de igual forma relaciona a nivel interdisciplinar con la química ya que permite la explicación de los modelos atómicos modernos (cuántico y de Bohr) en referencia a interacción de la energía dentro de los sistemas materiales.
 - DB:** Si, para que los estudiantes comprendan fenómenos del entorno en las clases
 - DF:** Si, conceptos básicos y cotidianos que traen consigo explicaciones y aplicaciones en diversos fenómenos.
4. ¿Considera usted que se deben realizar experiencias y experimentos en las clases de Ciencias Naturales, para que los estudiantes comprendan mejor los fenómenos y puedan generar explicaciones al respecto? ¿Si? ¿No? ¿Por qué?
- **DQ:** Si, esto permite fomentar el pensamiento científico y las habilidades ya sean a nivel de exploración, interpretación, análisis y resolución de problemas de los estudiantes, de igual manera al ser una experiencia vivencial fomenta el desarrollo de la integralidad del estudiante.
 - **DB:** Si, a partir de la experimentación se pueden observar los fenómenos y comprender porque ocurren

- **DF:** Si, los estudiantes retienen con mayor facilidad lo aprendido, mediante la experimentación, se observa que es más significativo.
5. ¿Qué sugerencias tiene acerca de las diferentes actividades? ¿Qué posibles mejoras plantearía en dichas actividades?
- **DQ:** La secuencia debería ser un poco más larga, donde se aborden más los conceptos referentes a la interpretación del concepto de luz y oscuridad dentro de los planteamientos tratados por los docentes. De igual forma, el uso de simuladores online permitirá fomentar la posibilidad de comparar el fenómeno realizado por el estudiante con lo teórico.
 - **DB:** Ninguna.
 - **DF:** Las sesiones no tan lejanas, quizá dos veces por semana, articulación con otras áreas.

Anexo O. Pasos para la elaboración de la sistematización

Para la elaboración de la sistematización se siguió una serie de pasos que fueron fundamentales en la organización y análisis de la información obtenida de las explicaciones de los estudiantes a través de las diferentes sesiones de clase planteadas en la propuesta de aula. En tal caso, se exaltan los siguiente:

1. Con base en los videos grabados de las sesiones, se transcribieron cada uno de estos con el fin de tener una primera organización de los datos. Esto, se hizo mediante unos cuadros en los que se describen las actividades y discusiones.
2. Se realizó un primer nivel de análisis con respecto a las transcripciones, describiendo lo encontrado en estas. Luego, se relacionó esta información con los fenómenos de estudio mediante las explicaciones de los estudiantes.
3. De ese primer nivel de análisis, se seleccionaron palabras clave relacionadas con los fenómenos de la dispersión de la luz blanca, la producción de color por adición, sustracción y sombras de colores. Luego se elaboraron unos cuadros con dicha información, organizándolos por fenómenos y no por los momentos de clase.
4. Con los cuadros elaborados en el paso 3, se desarrolló un segundo nivel de análisis, con el fin de plantear los criterios de análisis presentados en este trabajo. Aquí se recalcan los resultados obtenidos a través de los diferentes momentos de clase y se destaca como los estudiantes van construyendo sus explicaciones de los fenómenos a partir de las diferentes experiencias y experimentos trabajados en las sesiones.