

**LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN EL ESTUDIO DE LA DISPERSIÓN DE LA  
LUZ**

**ALBERTO RAMÓN SUÁREZ DUARTE**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES  
BOGOTÁ D.C.  
2024**

**LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN EL ESTUDIO DE LA DISPERSIÓN DE LA  
LUZ**

**ALBERTO RAMÓN SUÁREZ DUARTE**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
MAGÍSTER EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES**

**DIRECTORES:**

**LILIANA TARAZONA VARGAS**

**FRANCISCO JAVIER OROZCO GONZÁLEZ**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**BOGOTÁ D.C.**

**2024**

*“Hay dos maneras de difundir la luz: Ser la vela o el espejo que la refleja.”*

**Edith Wharton.**

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

**Alberto Suárez.**

### **Agradecimientos:**

A Dios, por darme las fuerzas y sus bendiciones para poder seguir formándome y adquirir más conocimientos en el área de las ciencias.

A mis pilares y hoy día mis ángeles, mis Padres, Nicanor (+) y Epifania (+)

A mis hermanos, mis ángeles, Juan Sixto (+) y Porfirio (+)

A mis demás hermanos/as que me apoyaron desde un principio al decidir postularme por esta Beca.

A Becas en el Exterior, Don Carlos Antonio López (BECAL) por darme esta oportunidad de poder seguir formándome en el área de las Ciencias Naturales, en un país extranjero.

A mis Profesores de la Maestría, y muy en especial a mis Directores de trabajo de grado, los Profesores: Liliana Tarazona Vargas y Francisco Javier Orozco González., por sus constantes orientaciones y consejos sabios.

Por último, agradezco a mi compañera Gladis Acosta, quien aceptó iniciar conmigo este desafío de construir este trabajo de grado, pero por situaciones que se presentaron en su vida personal y familiar, tomó la mejor decisión de su vida, y a mis demás compañeros/as en la Maestría, quienes me han brindado su voz de aliento durante todo el proceso que conlleva la formación.

### **Dedicatoria:**

A Dios, por darme la salud y todas las bendiciones para poder abrazar este desafío importante dentro de mi formación, como docente en el área de las Ciencias Naturales.

A los directores y Colegas Docentes de las Instituciones Educativas donde realizo mi labor, por confiar en mi persona y brindarme ese apoyo tan necesario para seguir

A los Pastores y demás miembros de la iglesia, por tenerme siempre en sus oraciones.

## Tabla de contenido

|                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUCCIÓN .....                                                                                                              | 7  |
| CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                                                                                    | 11 |
| 1.1-Enseñanza de la dispersión de la luz en la práctica docente en el Paraguay .....                                            | 11 |
| 1.2- Cuál es la actividad experimental que realiza el maestro para abordar la dispersión de la luz .....                        | 15 |
| 1.3-Antecedentes .....                                                                                                          | 16 |
| 1.4 Una mirada sobre la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias .....                                            | 20 |
| 1.5 -Pregunta y objetivos de investigación.....                                                                                 | 23 |
| CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN SOBRE EL TRABAJO EXPERIMENTAL DE ISAAC NEWTON SOBRE LA REFRACCIÓN Y DISPERSIÓN DE LA LUZ .....          | 25 |
| 2.1- El trabajo experimental que realiza Newton. ....                                                                           | 25 |
| 2.1.1- Experimento 1: en relación con la refracción de la luz .....                                                             | 27 |
| 2.1.2-Experimento 2. los rayos de colores son inmutables al atravesar el prisma .....                                           | 30 |
| 2.1.3-Experimento 3. Descripción del esquema del experimento crucial de Isaac Newton..                                          | 32 |
| 2.1.4- Producción de colores por composición.....                                                                               | 36 |
| 2.1.5- Resumen sobre puntos más relevantes de los experimentos de Isaac Newton .....                                            | 38 |
| CAPÍTULO 3. CONSIDERACIONES DE LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL PARA EL ESTUDIO DE LA DISPERSIÓN DE LA LUZ Y LA PROPUESTA DE AULA..... | 42 |
| 3.1 Refracción de la Luz. -Actividad Cualitativa.....                                                                           | 46 |
| 3.1.2-Refracción de la luz láser en diferentes medios .....                                                                     | 49 |
| 3.2-Actividad Cuantitativa- Cubeta de Refracción con luz láser .....                                                            | 54 |
| 3.3-Recorrido de la luz .....                                                                                                   | 55 |
| 3.4-Actividades con prisma: Refracción de la luz.....                                                                           | 58 |
| 3.5-Actividad Cualitativa- Dispersión de la Luz.....                                                                            | 59 |
| 3.5- Actividad Cuantitativa- Dispersión de la luz. ....                                                                         | 62 |
| REFLEXIONES FINALES .....                                                                                                       | 69 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                                                                                                 | 75 |

## Tabla de Ilustraciones

|                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Ilustración 1. Fotografía de la tapa del libro y de una página de las páginas que trae consigo el desarrollo del contenido de dispersión.</i> | 12 |
| <i>Ilustración 2. Representación de la reflexión y refracción de la luz.</i>                                                                     | 28 |
| <i>Ilustración 3. Esquema del Experimento del prisma.</i>                                                                                        | 29 |
| <i>Ilustración 4. Dispersión de la luz blanca.</i>                                                                                               | 31 |
| <i>Ilustración 5. Inmutabilidad de los rayos .</i>                                                                                               | 32 |
| <i>Ilustración 6. Representación de Newton de una de las variaciones del Experimento crucial.</i>                                                | 32 |
| <i>Ilustración 7. Esquema del Experimento crucis.</i>                                                                                            | 35 |
| <i>Ilustración 8. Imagen de la composición de colores.</i>                                                                                       | 37 |
| <i>Ilustración 9. Formación de la luz blanca después de la dispersión.</i>                                                                       | 38 |
| <i>Ilustración 10. Mapa Conceptual sobre Actividad Experimental. .</i>                                                                           | 46 |
| <i>Ilustración 11. Fotografía de frasco con aire para las prácticas experimentales..</i>                                                         | 47 |
| <i>Ilustración 12. Fotografía de frasco de vidrio con agua para las prácticas experimentales. __</i>                                             | 47 |
| <i>Ilustración 13. Recorrido de la luz láser en medio aire.</i>                                                                                  | 49 |
| <i>Ilustración 14. Recorrido de la luz láser en medio agua.</i>                                                                                  | 50 |
| <i>Ilustración 15. Recorrido de la luz láser en medio agua y aire.</i>                                                                           | 50 |
| <i>Ilustración 16. Recorrido de la luz láser en medio aire- agua-aire.</i>                                                                       | 51 |
| <i>Ilustración 17. Hoja milimetrada donde se marcaron los puntos en donde llegó la luz láser al pasar cada medio.</i>                            | 51 |
| <i>Ilustración 18. Refracción de la luz en cubeta graduada .</i>                                                                                 | 54 |
| <i>Ilustración 19. Recorrido de la luz por diafragma de orificio menor.</i>                                                                      | 56 |
| <i>Ilustración 20. Recorrido de la luz por diafragma de una sola ranura .</i>                                                                    | 56 |
| <i>Ilustración 21. Recorrido de la luz por diafragma de varias ranuras.</i>                                                                      | 57 |
| <i>Ilustración 22. Refracción de la luz con prismas triangular y trapezoidal.</i>                                                                | 58 |
| <i>Ilustración 23. Montaje de los elementos ópticos de laboratorio.</i>                                                                          | 60 |
| <i>Ilustración 24. Dispersión de la luz .Fuente: elaboración propia.</i>                                                                         | 60 |
| <i>Ilustración 25. Hoja milimetrada, donde se proyecta los colores y se mide el ancho de cada color.</i>                                         | 63 |
| <i>Ilustración 26. Mediciones tomadas.</i>                                                                                                       | 63 |
| <i>Ilustración 27. Mediciones comparadas con la regla.</i>                                                                                       | 63 |

## Índice de tablas

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1.Descripción de los antecedentes de este trabajo de grado. _____              | 19 |
| Tabla 2. Propuesta de aula. Refracción de la luz en medios transparentes. _____      | 49 |
| Tabla 3.Propuesta de aula. Refracción de la luz en diferentes medios. _____          | 53 |
| Tabla 4 Datos obtenidos en las mediciones. _____                                     | 54 |
| Tabla 5.Propuesta de aula. Refracción de la luz en una cubeta graduada. _____        | 55 |
| Tabla 6 Propuesta de aula. Refracción de la luz con diafragmas. _____                | 57 |
| Tabla 7. Propuesta de aula. Refracción de la luz con prismas. _____                  | 59 |
| Tabla 8.Propuesta de aula. Dispersión de la luz con prisma. _____                    | 62 |
| Tabla 9. Datos obtenidos de las longitudes (largo-ancho) de los colores. _____       | 64 |
| Tabla 10.Datos de ángulos y constantes de índice de refracción. . _____              | 65 |
| Tabla 11.Propuesta de aula .Actividad cuantitativa de la dispersión de la luz. _____ | 66 |
| Tabla 12.Resumen para la propuesta de aula . _____                                   | 68 |

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo de grado surge como una necesidad que tiene el maestro, autor de este documento, de poder mejorar el proceso de enseñanza- aprendizaje de la Física, específicamente en el estudio de la dispersión de la luz. Considerando que la enseñanza en el aula en las escuelas del Paraguay en su mayoría se da por la repetición de conceptos que trae consigo el libro, sin plantear discusiones, ni reflexiones en torno al contenido que aborda el Maestro, por lo que se hace necesario recurrir a elementos teóricos de orden disciplinar, experimental y metodológicos, las cuáles aportan de manera significativa a la comprensión del fenómeno. Debido a que la enseñanza se desarrolla en forma muy superficial, sin muchas explicaciones de situaciones problemáticas, se conduce a que los estudiantes aprendan de memoria sobre los contenidos que se desarrollan en el aula, lo cual es solo para un momento y luego lo olvidan.

El trabajo de grado reúne varios elementos de orden teórico, experimental y metodológico, a fin de poder aportar en la enseñanza de la física, que para los estudiantes siempre resultó ser muy aburrida, muy compleja, por lo que no llegan a comprender lo suficiente sobre los fenómenos que aborda esta ciencia, ya que todo se queda en aprender sobre contenidos muy básicos, incluso situaciones que se perciben en la vida diaria, como mirarse en el espejo. Se debe tener en cuenta que si el maestro, empieza a innovar el desarrollo de sus clases, no sólo ayudaría a que sus estudiantes puedan tener un aprendizaje más eficaz, que les resulte significativo, si no que en un efecto en cadena traería consigo mejores resultados, como elevar el nivel de rendimiento académico, mejorando de esa forma el flagelo que se enfrenta año tras año, la cantidad de reprobados en esta disciplina.

Al abordar este trabajo de grado, se hace necesario cuestionarse muchas cosas, entre ellas resulta muy propicia, la pregunta general, que orienta el desarrollo de esta investigación, **¿Cuáles son los elementos que brindan la experimentación para el diseño de una propuesta de aula que aborde el fenómeno de la dispersión de la luz en la Educación media en el Paraguay?** De allí que se considera necesario e importante el diseño de las actividades experimentales llevadas a cabo en contexto de laboratorio o en el mismo aula, donde el docente ejerce su práctica, con la finalidad de que con esos elementos trabajados en la experimentación, se diseñe una propuesta de

aula, cuyo desarrollo favorezca una mayor comprensión del fenómeno objeto de estudio, en este caso la dispersión de la luz blanca.

Para diseñar este trabajo de grado, se acude a algunos trabajos elaborados en el Paraguay, y en Colombia, los cuales sirvieron como antecedentes, aportando ideas a la estructura del presente trabajo. Cabe destacar algunos trabajos que han elaborado estudiantes de otras promociones, de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, como el de los profesores Lina Hernández y Marlon Aldana, en donde en una parte del trabajo abordaron también el fenómeno de la dispersión en el año 2021, estos mismos profesores realizaron otro trabajo, que presentaron en el Programa de Especialización en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico, en el mismo abordaron la reflexión y refracción de la luz en el año 2020, por último un trabajo de grado titulado “Newton y la teoría del color”, el cual ha sido trabajado por los estudiantes Luis Ospina, Erika Tobón y Nelson Marín, del programa de Licenciatura en Física y Matemática de la Universidad de Antioquia en la ciudad de Medellín-Colombia, en el año 2010. Es de destacar los interesantes aportes que han brindado cada uno de estos trabajos, en la elaboración de este trabajo de grado, considerando que el tema de la dispersión de la luz forma parte del objeto de estudio del mismo. Posteriormente se acuden a materiales como los artículos que Newton elaboró sobre óptica y que fueron traducidos del inglés al español, por el profesor José Granés, en los mismos se encuentran los temas referidos al estudio de la refracción de la luz, de la dispersión de la luz las que permitieron profundizar en la actividad experimental de Isaac Newton, el referente histórico y disciplinar de este trabajo de grado.

Este trabajo de grado, se elabora en cuatro partes, las mismas fueron estructuradas, después de la revisión de varios autores y materiales a las que se tuvo que recurrir para diseñar esta investigación, teniendo en cuenta la necesidad de la que se parte en los inicios de su elaboración., En el capítulo 1, se puede apreciar el planteamiento del problema, en donde se resalta, la enseñanza de la dispersión de la luz, en la práctica docente en el Paraguay, utilizando un material muy básico, con ejercicios muy sencillos, y cuyas informaciones no permiten profundizar en el contenido ni en el fenómeno de dispersión de la luz, además se procede a describir cual es la actividad experimental que aborda el maestro para enseñar la dispersión de la luz, por otra parte se describen algunos antecedentes de trabajos de grado e investigaciones desarrollados en Paraguay y en Colombia,

considerando título, autores, y se describe el problema, los objetivos y las conclusiones a los que han llegado, las cuales aportaron elementos muy importantes a la elaboración de este trabajo, pues en los mismos se llevaron a cabo el desarrollo de temas similares a las que se tratan en esta investigación.

También se presentan la pregunta de investigación mencionada más arriba, el objetivo general y los objetivos específicos, con la finalidad de dar un rumbo, un camino a seguir a este trabajo de grado. Las mismas fueron elaboradas considerando la problemática descrita, los antecedentes a las que se tuvo que acudir previo al desarrollo de la investigación, mediante estos elementos considerados, el trabajo se fue orientando hacia los propósitos que se pretendieron desde sus inicios.

En el capítulo 2, se describe la actividad experimental del trabajo que realizó Isaac Newton sobre la refracción y dispersión de la luz, en la misma se considera un orificio en la ventana, en donde se detalla el paso a paso de lo que Newton llevaba a cabo para poder explicar los fenómenos de la refracción de la luz y la dispersión de la luz. Desarrolló en primer lugar un estudio de la refrangibilidad de los rayos de luz; en segundo lugar menciona que los rayos de colores no son mutables, es decir que ya no se cambian, por ejemplo el color rojo al atravesar por el prisma sigue siendo rojo; en tercer lugar desarrolló el trabajo sobre el experimento de la dispersión de la luz, en este estudio que realizó Newton se aprecian los fenómenos que se detuvo a analizar al llevar a cabo el montaje sobre la dispersión de la luz, pues construía sus explicaciones conforme fueron apareciendo los casos que a él le parecían llamativos por alguna razón en particular. Dentro de este apartado también se trabajó el fenómeno de la producción de colores por composición, en la que se observa que al pasar la luz por el prisma se dispersan en algunos colores primarios, por decir rojo, amarillo, azul, violeta, pero también al juntarse un color con otro cercano, se forman colores intermedios, el rojo con el amarillo forman naranjado; el amarillo con el azul forman el verde, y así van aumentando los colores, por último se consideran algunos puntos relevantes a las que llegó Newton sobre su trabajo experimental.

En el capítulo 3, se consideran las actividades experimentales, que el autor del trabajo de grado ha venido realizando en el laboratorio, de acuerdo a un diseño que tuvo que elaborar previamente, se

menciona que esos trabajos experimentales se desarrollaron durante varias semanas, cabe resaltar que durante el proceso de llevar a cabo los experimentos, se fueron describiendo los hechos, las observaciones que se daban en torno a lo que se fue desarrollando, los registros de datos, las preguntas que surgieron en los diferentes momentos, las que se fueron asentando en el cuaderno de experimentación. En cuanto a las prácticas experimentales, se tuvieron en cuenta las que son de carácter cualitativo, en donde priman las cualidades, las características de lo que se va observando del fenómeno, y las de carácter cuantitativo donde se hace énfasis a la cantidad, las mediciones, como ángulos, distancias, dimensiones de los objetos, en las que se tuvo en cuenta el cálculo matemático. A partir de éstas actividades experimentales llevadas a cabo durante el proceso de elaboración del trabajo de grado, se da inicio al diseño de una propuesta de aula, en la que se tiene en cuenta una guía de trabajo con actividades experimentales sobre los fenómenos abordados en este trabajo de grado, refracción de la luz y dispersión de la luz en su carácter cualitativo y cuantitativo, la misma será posteriormente implementada por el autor del trabajo de grado con estudiantes del nivel medio, específicamente del 2do año técnico y 3ro científico en Paraguay.

En la última parte, se consideran algunas reflexiones finales a las que el autor del trabajo de grado llega, considerando la pregunta de investigación, el trabajo experimental de Isaac Newton, los objetivos que se trazaron al inicio, los elementos que arrojaron el estudio de los fenómenos de la refracción de la luz, la dispersión de la luz, las cualidades, las características que se fueron encontrando durante el abordaje de los fenómenos mencionados, la importancia de trabajar dichos experimentos que servirán de base para el estudio de otros fenómenos de la Física. Por otro lado se destaca el valor de trabajar este objeto de estudio en el trabajo de investigación del maestro, pues favorece al análisis, a la profundización de su práctica docente, la que se verá mayormente reflejada en la implementación de esa propuesta de aula, finalmente se hace mención a los desafíos que el autor de este trabajo de grado manifiesta, en cuanto al sacrificio de dejar su país y venir a seguir formándose en un país extranjero, adaptarse a una cultura y sociedad muy distinta en muchos aspectos de lo que acostumbra.

## **CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En este capítulo, se estará abordando la enseñanza de la dispersión de la luz en la práctica docente en el Paraguay, en donde también se hará referencia al material que utiliza el docente de Física para poder desarrollar los contenidos. Por otra parte, se estará dando énfasis a la actividad experimental que realiza el maestro para abordar la dispersión de la luz, en este apartado también se podrá conocer algunos antecedentes sobre trabajos de grado que aportaron al desarrollo de este trabajo de grado., por último, se hace mención a una mirada sobre la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias.

### **1.1-Enseñanza de la dispersión de la luz en la práctica docente en el Paraguay**

La enseñanza de la Física en algunas instituciones del Paraguay, específicamente en las que el autor de este trabajo de grado realiza su práctica como docente, por mencionar el Colegio Nacional Inmaculada Concepción de María de la ciudad de Capiatá, en el 2do año del Bachillerato Técnico y en el 3ro del Bachillerato Científico se lleva a cabo el desarrollo de la enseñanza en forma muy teórica, entiéndase por teórica, cuando el docente trae un material impreso en el aula, por ejemplo, un libro, un cuadernillo, un folleto, etc.; y lo empieza a trabajar según la planificación que para ese día necesita desarrollar con su grupo de estudiantes.

El contenido sobre la dispersión de la luz, se desarrolla dentro de la Óptica, una de las ramas de la Física que estudia el comportamiento de la luz, pero en la mayoría de los libros de Física de uso en el nivel medio, por decir el material “Física 3er Curso Ciencias Básicas y sus Tecnologías”, material elaborado y distribuido de manera gratuita por el Ministerio de Educación y Ciencias (MEC) -Paraguay, el abordaje de este tema es muy insuficiente, ya que se presenta en una sola página la información referente para explicar dicho fenómeno, lo cual hace difícil la profundización del tema, de allí que para dar lugar al proceso de la enseñanza- aprendizaje en el aula se hace necesaria complementar con otros materiales.

Este libro de texto, cuya fotografía se encuentra a continuación, es un material introductorio al estudio del desarrollo de los contenidos abordados en la clase de Física, pero considerando que el

abordaje de los temas se limita a lo básico, no se explican los conceptos a profundidad, ni se plantean ejercicios que sirvan al alumno a comprender mejor sobre el fenómeno estudiado, los ejercicios que se presentan son solo para responder de manera directa de lo que el libro plantea en sus breves explicaciones.



*Ilustración 1. Fotografía de la tapa del libro y de una página de las páginas que trae consigo el desarrollo del contenido de dispersión, libro facilitado por el MEC. Fuente: (De Giacomini de Silva, y otros, 2017, pág. 31)*

Cabe mencionar que este libro de texto cuenta con una guía de trabajo para el docente, donde puede considerar la capacidad y los indicadores de evaluación a tener en cuenta para el desarrollo de cada tema en particular. En este libro el tema de la dispersión se aborda de la siguiente manera, describe brevemente el fenómeno, como descubierto y estudiado por Isaac Newton, “que consiste en que un fino haz de luz blanca, al atravesar un prisma, se descompone en una banda de colores que recibe el nombre de espectro”. Y se señala que el arco iris es el ejemplo más conocido “donde las gotitas de lluvia actúan como prismas cuando los rayos del sol las atraviesa”. (De Giacomini de Silva, y otros, 2017, pág. 31)

La forma en la que se hace referencia al fenómeno de la dispersión, no explica, de qué manera Isaac Newton fue desarrollando ese estudio sobre la dispersión, el desarrollo de esas ideas que hoy día se convierten en leyes y teorías. Tampoco menciona las actividades experimentales para poder darse cuenta de los efectos como: la forma y los colores que generan, las condiciones que se deben tener en cuenta para ver el efecto; las distancias, entre el objeto, el prisma, la pared, etc. Se omiten todos esos procesos que llevaron a este físico describir el fenómeno de dispersión. Por otra parte, relaciona, el espectro de colores que se da en la dispersión con los colores que se forman al observar en días de lluvia y sol al mismo tiempo la formación de colores en el cielo conocido como arco iris, pues se debe tener en cuenta que se hablan de dos fenómenos distintos, aunque parecidos, pues en ambos casos se dejan ver espectro de colores.

Continuando con el contenido que se encuentra en el libro se menciona que:

Este fenómeno se puede apreciar constantemente, cada vez que la luz blanca atraviesa, por ejemplo, un objeto de vidrio tallado, pues observando atentamente y desde distintos ángulos, se podrán distinguir fácilmente los colores. (De Giácomi de Silva, y otros, 2017, pág. 31)

En este punto que habla en que el fenómeno de la dispersión se puede apreciar siempre y que solo se da cuando la luz atraviesa cualquier vidrio, no concuerda con las actividades experimentales y los análisis que Isaac Newton venía desarrollando en sus investigaciones durante mucho tiempo, las cuales resultaron ser muy necesarias para poder llegar a descubrir o revertir muchas de las sospechas que él tenía en relación a la dispersión de la luz. Además, los experimentos que el autor de este trabajo de grado ha realizado en el laboratorio sobre la dispersión de la luz, confirma que no cualquier material de vidrio deja ver los colores de la dispersión, al atravesar la luz por ese medio, incluso siendo este un prisma de vidrio, no porque la luz ingrese en él, ya deja verse los colores, depende del ángulo en la que incide la luz. Por otra parte, en el material que se viene describiendo, se analiza la desviación que cada rayo de color presenta al atravesar el prisma, en algunos colores es mayor esa desviación y en otros colores es menor, como se afirma en el siguiente párrafo:

La razón del fenómeno es que cada color se desvía con un ángulo diferente; la luz roja es la que menos se desvía, y por eso ocupa uno de los extremos del espectro, mientras que la luz violeta experimenta la máxima desviación, y aparece en el otro extremo. (De Giacomini de Silva, y otros, 2017, pág. 31)

En cuanto a la desviación menor que experimenta el color rojo y la desviación mayor que experimenta el color violeta, como se observa en el dibujo del texto (ver ilustración 1), allí se contrasta con el trabajo experimental realizado por Isaac Newton quien plantea que a cada color le corresponde un grado de refrangibilidad que depende de la densidad del medio en el cual se propaga el rayo de luz, es decir cuando el rayo de luz pasa de un medio a otro, pero también dependerá del efecto de la dispersión de la luz. Con este análisis que realiza Newton sobre la desviación, lleva a pensar en el hecho de que, si no se produce esa desviación de la luz al ser refractada al pasar del medio aire por el prisma, no se podría observar la dispersión de la luz, es decir no se va a observar la formación de colores. Este trabajo experimental que lleva a cabo Newton es muy importante, pues con el mismo se llega a una profundización no sólo de lo que implica la dispersión, sino también la refracción de la luz, que contribuye en gran manera a la comprensión del fenómeno, por lo tanto se destaca el aporte valioso de elementos como la desviación que puede tener cada color cuando pasa por el prisma, según el ángulo de refracción que forma ese rayo de luz refractado, contribuyendo en gran manera a este trabajo de grado, y por ende al conocimiento del autor de dicho trabajo en el abordaje del fenómeno.

Por otra parte, el esquema que presenta el libro de texto analizado (ver ilustración 1) donde se observa el prisma, el rayo de luz que incide y la formación de los siete colores en una pantalla, no concuerda con la práctica experimental de la dispersión de la luz que puede hacerse con un prisma en el laboratorio, pues allí se observan solo algunos colores al ir moviendo el prisma y según el ángulo se irá dando esa formación de los colores y no precisamente siete como se expresa en el libro de Física tercer curso, en este punto no es coherente lo que se lee en esa página y lo que se observa al hacer el experimento y recurrir a ese trabajo minucioso y paciente que realiza Newton. En este sentido, el gráfico del libro de Física no presenta descripciones ni explicaciones de lo observado, y se convierte en información que el estudiante debe asumir como cierta, poniendo en duda al momento de realizar la práctica experimental.

Frente a estas carencias los profesores además de complementar el desarrollo de clases con otros libros, que presenta informaciones más completas, actualizadas, con ejemplos y ejercicios que ayuden a una mejor y mayor comprensión sobre lo que se enseña; se debe recurrir también a las actividades experimentales. Éstas resultan muy necesarias para poder acercar más a los estudiantes con el objeto de estudio, propiciando así el desarrollo de habilidades prácticas que favorezcan los aprendizajes de manera significativa donde la enseñanza de la física ya no les resulte aburrida, compleja y le encuentren el sentido al estudio de los contenidos abordados en esta disciplina.

### **1.2-Cuál es la actividad experimental que realiza el maestro para abordar la dispersión de la luz en la Educación Media en el Paraguay.**

En clases de Física en Paraguay, muchas veces el docente utiliza materiales que lleva de la casa o que los estudiantes traen de sus casas, que no sean precisamente elementos que se encuentran en los laboratorios, a fin de hacer demostraciones sencillas para poder apoyar las explicaciones de los temas abordados, pero también en las instituciones educativas cada año se generan espacios donde los protagonistas principales son los propios estudiantes en la llamada feria científica, los mismos estudiantes con ayuda de los docentes realizan las actividades experimentales, demostrando toda la creatividad para poder evidenciar en forma práctica la construcción de los fenómenos estudiados. Así la actividad experimental se queda en la demostración de efectos interesantes, sin dejar espacio para conectarlo con la información del libro de texto, pues esto implica en algunos casos discrepancias que el maestro debe saber atender.

Por mencionar, en estas actividades se aborda experimentalmente el fenómeno de la dispersión de la luz, con materiales caseros, como un frasco de vidrio o un CD, el agua en un recipiente transparente, en lugar de un prisma y una linterna, o el sol, como fuente de luz. En una ocasión, un alumno del último año del colegio, para demostrar la dispersión de la luz, utilizó un frasco vacío que ató con un hilo y con la linterna del celular hizo pasar luz por el frasco vacío, y como la sala se encontraba sin luz, se pudo notar la formación de los colores. En otra institución, otros estudiantes, para abordar este fenómeno, utilizaron un CD dentro de un recipiente que contenía agua y en el patio del colegio, aprovechando la luz del sol, hicieron notar la formación de los colores que se dejaban ver al tener contacto el CD y la luz del sol. En ambos casos mencionados

no se logró profundizar mucho sobre lo acontecido, solo se realizaron a modo de demostrar en qué consistía la dispersión de la luz, sin poner en cuestión si lo que sucede con el frasco o con el CD es lo mismo que ocurre con el prisma del libro o sin prestar atención a las condiciones de luz o en la disposición de los colores observados.

Esto implica que los docentes se cuestionen sobre la manera en que se introduce la actividad experimental en el aula, al parecer para complementar el recurso del libro, pero sin tener claridad sobre el fenómeno de estudio y sin poner en cuestión las condiciones, factores, variables, etc. que lo constituyen o sin considerar el lugar de la representación respecto a lo que se observa. Aspectos que si el maestro no aborda es muy difícil exigírselo a los estudiantes.

### 1.3-Antecedentes

En esta parte, se estarán describiendo algunos trabajos realizados sobre la dispersión de la luz, como un aporte a la enseñanza en el aula, o como una actividad sobre la cual se irán desarrollando y profundizando otras investigaciones sobre el fenómeno de la dispersión de la luz, tanto en el Paraguay como en otros países.

| <b>Título</b>                                                                                                                       | <b>Descripción (problema, objetivos, conclusiones)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Física y su Didáctica<br>(Módulo II)<br>Elizabeth Griselda<br>Laguardia de Benítez.<br>Zully Llano.<br>Nilsa Palacios, entre otros. | En este material los Autores presentan como problemática la forma muy compleja como los docentes enseñan la Física, a través de definiciones con términos muy técnicos, ecuaciones, etc., eso genera poco interés en los estudiantes para aprender esta disciplina, y por ende bajo rendimiento académico. El objetivo de elaborar este material es la de brindar herramientas que puedan ser útiles a los docentes para mejorar la enseñanza- aprendizaje, lo que desea aportar en la enseñanza de la óptica, específicamente en la dispersión de la luz, de la refracción de la luz y demás fenómenos luminosos, son las actividades experimentales, con la cual resultarán más dinámicas e interactivas el desarrollo de las clases, |

| Título                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Descripción (problema, objetivos, conclusiones)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>pues ya no será necesario estar dictando o copiando en la pizarra un contenido, como la dispersión de la luz sin que el estudiante comprenda. En cuanto a las estrategias didácticas que presentan para la enseñanza de los fenómenos luminosos, se mencionan trabajos en equipos, actividades experimentales con materiales reciclables, exposiciones de los trabajos presentados por cada equipo, entre otras (Laguardia de Benítez, y otros, 2017, pág. 94)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p>Explicaciones sobre la reflexión, refracción de la luz desde las experiencias de las estudiantes de grado undécimo. Elaborado por: Lina del Pilar Hernández Sepúlveda.</p> <p>Marlon Camilo Aldana Boada. (2020) como trabajo de grado del programa de Especialización en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico en la Universidad Pedagógica Nacional.</p> | <p>Los Autores mencionados, tratan sobre el papel de la experiencia y el experimento en la enseñanza de las ciencias, con estos dos componentes, se plantea una propuesta de aula basadas en experiencias y experimentos que posibiliten la construcción de explicaciones respecto a los fenómenos de reflexión y refracción de la luz.</p> <p>“El objetivo es que las estudiantes amplíen su conocimiento y generen explicaciones a partir de sus experiencias”. (Aldana Boada &amp; Hernández Sepúlveda, 2020)</p> <p>Entre las conclusiones “se describe las apreciaciones realizadas por los docentes sobre las explicaciones de las estudiantes sobre la reflexión y refracción de la luz, como objeto de estudio en la enseñanza de las ciencias y su relación con la ampliación de las experiencias y cómo esto facilitó a generar ese espacio para que las estudiantes hagan conocer sus ideas en torno al objeto de estudio”. (Aldana Boada &amp; Hernández Sepúlveda, 2020, pág. 147)</p> |
| <p>Explicaciones sobre el color, la luz, y la oscuridad.</p> <p>Elaborado por: Lina del Pilar Hernández Sepúlveda.</p>                                                                                                                                                                                                                                                | <p>Después de revisar algunos libros de texto de Física y páginas web que usan los docentes y estudiantes de nivel secundario, estos Autores mencionados identifican algunos fenómenos relacionados con el color, las cuales se dejan de lado en el desarrollo de clases que se relacionan con el estudio de la luz.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

| Título                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Descripción (problema, objetivos, conclusiones)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Marlon Camilo Aldana Boada. (2021) como trabajo de grado de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales en la Universidad Pedagógica Nacional.</p>                                                                                                                                                  | <p>“El objetivo general consiste en 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” (Aldana Boada &amp; Hernández Sepúlveda, 2021, pág. 189)</p> <p>En cuanto a las conclusiones “se mencionan las apreciaciones que realizan los docentes alrededor de las explicaciones de los estudiantes sobre la dispersión de la luz y la producción del color, como objeto de estudio en la enseñanza de las ciencias y su relación con la ampliación de las experiencias generando ese espacio propicio para que los estudiantes expresaran sus puntos de vista en relación al objeto de estudio” (Aldana Boada &amp; Hernández Sepúlveda, 2021, pág. 122)</p>                 |
| <p>Newton y la Teoría del color.</p> <p>A propósito de la formalización de los fenómenos.</p> <p>Autores: Luis Andrés Ospina Ramírez.</p> <p>Erika Tobón Cardona.</p> <p>Nelson Vidal Marín Henao. En el año 2010 en el programa de Licenciado(a) en Matemática y Física en la Universidad de Antioquia.</p> | <p>“El estudio de la relación matemática-física permite una aproximación del sistema que conecta los anteriores elementos y que configura la idea de ciencia, concepto que determina las posibles formas de enseñar y aprender la Física.” (Marín Henao, Ospina Ramírez, &amp; Tobón Cardona, 2010, pág. 186)</p> <p>“Lo que se pretende con este trabajo de grado, es caracterizar los procesos de formalización, a partir del estudio del color y la propagación del color e investigar la relación matemática- física a través de dichos procesos que se dan entre las dos disciplinas” (Marín Henao, Ospina Ramírez, &amp; Tobón Cardona, 2010, pág. 12)</p> <p>“El objetivo general de este trabajo consiste en caracterizar los distintos procesos de formalización del color y la propagación de la luz desarrollados por Newton y por tres estudiantes del grado 11 del CEFA determinando nuevos objetivos pedagógicos para la</p> |

| Título | Descripción (problema, objetivos, conclusiones)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | <p>enseñanza de las ciencias.” (Marín Henao, Ospina Ramírez, &amp; Tobón Cardona, 2010, pág. 12)</p> <p>Conforme a la investigación realizada se llegan a las siguientes conclusiones:</p> <p>Se identifican los elementos que consolidan los procesos de formalización, como ser la caracterización, cuantificación, organización de experiencias, experimentación, matematización y socialización.</p> <p>Los procesos de formalización pueden ser manifestados por aquellos que piensan los fenómenos físicos, como el objeto de estudio que caracteriza a esta ciencia natural.</p> <p>Dentro de los procesos de formalización, la socialización es un elemento relevante, pues permite cotejar ideas y generar discusiones entre los estudiantes sobre los métodos de medición.</p> <p>(Marín Henao, Ospina Ramírez, &amp; Tobón Cardona, 2010, pág. 167)</p> |

*Tabla 1.Descripción de los antecedentes de este trabajo de grado. Fuente: elaboración propia.*

En estos trabajos de grado revisados como antecedentes, previa a la elaboración de este trabajo de grado, se encuentra que la preocupación por la enseñanza de la Física en el nivel básico, sobre las explicaciones que se dan en torno al fenómeno en estudio, las mismas requieren que sean formalizadas y profundizadas, a fin de llegar a la comprensión. Por otra parte se encuentran relacionadas con el trabajo en proceso de elaboración , pues las problemáticas abordadas en torno a lo pedagógico y a lo disciplinar presentan algunas similitudes en lo que respecta a la enseñanza de las ciencias y la manera como se concibe las actividades experimentales en el aula, éstas investigaciones fueron abordadas desde el referente histórico y disciplinar Isaac Newton, también desde los referentes de la actividad experimental los autores Mercedes Ayala, Francisco Malagón y Sandra Sandoval (2013) y mismo desde las actividades experimentales que en cada una de esas propuestas de aula desarrollaron con los estudiantes, las cuales han arrojado resultados muy significativos y satisfactorios para los objetivos propuestos en los trabajos de grado, por ejemplo:

el papel que tiene el observador para explicar los fenómenos de reflexión y refracción, la necesidad de construir la idea del rayo, definir las condiciones para la producción de colores a partir de la interacción entre la luz blanca y los medios no opacos.

Por lo tanto, estos trabajos aportan elementos teóricos, estrategias metodológicas en la implementación de actividades experimentales, por lo que se hacen importantes considerar en la elaboración de este trabajo de grado.

#### **1.4 Una mirada sobre la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias**

Si bien en los diversos textos científicos, históricos, filosóficos y de enseñanza de las ciencias que circulan en el ámbito académico se encuentra una serie de reflexiones acerca de los distintos roles que tiene la actividad experimental en la ciencia y en las clases de ciencia, este grupo de investigadores conformado por los Profesores Mercedes Ayala, Francisco Malagón y Sandra Sandoval (2013)

han considerado que la práctica experimental tiene que ver principalmente con la construcción y comprensión de las fenomenologías en estudio, y con ello con la ampliación y organización de la experiencia de los sujetos, así como con la formalización de relaciones y con la concreción de supuestos conceptuales (Malagón et al., 2011, 7). Por ende se considera que desde el punto de vista pedagógico, la actividad experimental es poco relevante cuando se la reduce a la verificación de relaciones conceptuales construidas en el campo de la ciencia, especialmente si se tiene en cuenta su contribución a las búsquedas y posibilidades de comprensión de los estudiantes” (Ayala Manrique, Malagón Sánchez, & Sandoval Osorio, 2013, pág. 124)

En este sentido los autores mencionados anteriormente, dejan en claro que las actividades experimentales constituyen un soporte muy importante en la construcción de las ciencias y que no puede ser usada solo con la finalidad de comprobar la teoría, que se analiza con los estudiantes en el aula, si no para organizar y ampliar esa experiencia de los fenómenos en estudio, y lograr una mejor comprensión de los objetos en estudios. Desde esta perspectiva, el experimento que realizó

Newton, denominado Experimento Crucial, él lo llevó a cabo no por corroborar esa teoría como podría presentarse en los textos escolares y las clases de ciencias, sino más bien para plantear una nueva explicación, una organización de un efecto que ya había sido estudiado pero que no era cotidiano, y que fuera lo suficientemente creíble para la comunidad científica de esa época. Además, pudo identificar varios aspectos para una mejor comprensión del fenómeno de la dispersión de la luz, generando una ampliación de la experiencia que en ese entonces se tenía sobre el estudio de ese fenómeno.

En la situación de aula, vemos que la actividad experimental se hace necesaria, pero los maestros deben empezar a revisar ciertos conceptos que se tienen de esta, como ser un espacio de comprobación de teorías, sino más bien una actividad que posibilita: la ampliación de la experiencia de los estudiantes y del docente sobre los efectos que se producen de manera controlada, la organización y comprensión del fenómeno que se presenta a los estudiantes como objeto de estudio.

El papel de la experimentación en los procesos de formalización es muy importante y aporta un soporte necesario a la enseñanza de la ciencia, pues partiendo de la experiencia sensible del sujeto, lo cual también es fundamental e imprescindible, pero no suficiente, la experimentación es la actividad que amplía esa experiencia sensible, con la finalidad de orientar y organizar esa fenomenología. Resulta muy importante partir de la experiencia sensible del sujeto, la cual se irá ampliando mediante el análisis del objeto de estudio, observando los comportamientos o los efectos que se van produciendo, y cuando ya se puedan ir dando ordenaciones, clasificaciones, etc., productos de una actividad más compleja y metódica como la experimentación que irá conduciendo a procesos de construcción y formalización fenomenológica. Por lo que se debe tener en cuenta que el fenómeno no permanece estático, si no que evoluciona, cambia, de la misma forma cómo cambia la conciencia de los sujetos que por más que estudien, analicen el mismo fenómeno, ven y estudian cosas distintas.

De allí que analizando el libro sobre *“La experimentación en la clase de ciencias. Aportes de una enseñanza contextualizada con reflexiones metacientíficas”* (Romero Chacón Á. E., 2017) se puede mencionar algunas consecuencias que se dan cuando se separa la teoría de la práctica en la

enseñanza de la Ciencias Naturales, por decir la teoría se debe construir a partir de lo que se observa, de lo que se mide y de los resultados que arroja la actividad experimental; pues no habría comprensión si solo se lee y memoriza lo relativo al fenómeno, sin partir de un fenómeno que ayude a ver punto por punto, parte por parte, lo que acontece con lo fenomenológico y que conlleva a la formalización, por ello los autores Ángel Romero, Carolina Morcillo, Edwin García, entre otros, enfatizan que teoría y experimento se complementan y ajustan mutuamente.

Por lo tanto, la actividad experimental, debe formar parte de la clase de Ciencias Naturales, no puede dejarse de lado; pues viendo desde la perspectiva fenomenológica, el sujeto, la conciencia y el fenómeno deben interactuar y encontrarse en estrecha relación. Al decir que debe ser estandarizada, se hace referencia, a que se debe concebir como un proceso de formalización de los procedimientos en la enseñanza y al ser contingente se habla de la aportación que ofrece en la clase de ciencias a modo de generar la comprensión y formalización de fenomenologías. (Romero Chacón, Aguilar Mosquera, & Mejía Aristizábal, 2017, pág. 4)

Las prácticas de enseñanza de las ciencias y sobre todo de la Física, se ha desarrollado de forma muy teórica, utilizando la pizarra y el marcador, se acude a textos básicos con la que el docente cuenta o la institución cuenta como recurso, se acude al dictado o a copiar en la pizarra, una breve explicación de lo que el docente conoce sobre aquello que enseña en el aula. De allí que se torna muy importante el papel que asume la experimentación en la enseñanza de las ciencias, no solo como verificador de conceptos, tal como lo afirman estos autores mencionados más arriba, y que lo expresan de esta forma:

Dentro de la organización de los fenómenos y la enseñanza de las ciencias; el papel de la actividad experimental es más que un verificador del marco conceptual, sino más bien un constructor y lo que favorece la ampliación de la experiencia sensible del sujeto, generando la comprensión del fenómeno objeto de estudio, haciendo que el sujeto aborde más de manera general al fenómeno y no quedarse solamente en lo que vivenció a través de la experiencia sensible, de allí que le surgirá preguntas que lograrán captar su atención. (Tobón Cardona & Romero Chacón, 2017, págs. 33-34)

Por lo tanto, lo que los autores Tobón y Romero, pretenden dejar en claro con la actividad experimental, es que el estudiante pueda ampliar esa experiencia sensible, donde pueda llegar a la comprensión del fenómeno y que no sólo se quede con esa primera impresión que tuvo durante esa experiencia sensible. De donde se deduce que, el papel que tiene la actividad experimental favorece a la enseñanza de las ciencias en el aula, pues hace que el estudiante se haga preguntas en torno a lo que observa del fenómeno en estudio, por lo que resulta muy significativo para la profundización del objeto de estudio.

### **1.5 -Pregunta y objetivos de investigación**

De acuerdo a lo descrito sobre el papel que cumple la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias, y específicamente en relación a la manera como ha sido asumida en las clases de física en Paraguay cuando se aborda la dispersión de la luz surgen las siguientes preguntas: ¿Cuáles son los elementos que brindan la experimentación para la comprensión del fenómeno de la dispersión de la luz? y ¿Qué tipo de actividad experimental en relación a la dispersión de la luz permitiría abordar este fenómeno en el aula? Estas preguntas orientaron el desarrollo de este trabajo de grado, particularmente en la necesidad que tiene el autor del mismo, de profundizar sobre los elementos experimentales que dan organización a este fenómeno. Se recogen estas inquietudes en la siguiente pregunta de investigación:

**¿Cuáles son los elementos que brindan la experimentación para el diseño de una propuesta de aula que aborde el fenómeno de la dispersión de la luz en la Educación media en el Paraguay?**

Conforme a la pregunta, se formularon los siguientes objetivos:

#### **Objetivo General:**

Formular algunos elementos que brindan la actividad experimental en la explicación del fenómeno de la dispersión de la luz y que orienten una propuesta de aula.

**Objetivos Específicos:**

- Profundizar en la actividad experimental sobre la dispersión de la luz, expuestas en el trabajo de Isaac Newton.
- Caracterizar actividades experimentales sobre la refracción y dispersión de la luz a partir del análisis del trabajo de Isaac Newton.
- Diseñar una propuesta de aula para el estudio de la dispersión de la luz desde una perspectiva que reconozca la actividad experimental.

## **CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN SOBRE EL TRABAJO EXPERIMENTAL DE ISAAC NEWTON SOBRE LA REFRACCIÓN Y DISPERSIÓN DE LA LUZ**

En este capítulo se presenta un análisis del trabajo que Isaac Newton (1643-1727) realiza sobre la dispersión de la luz y que ha sido objeto de estudio de historiadores y docentes interesados en la comprensión de este fenómeno. Esta obra de Newton tiene una relevancia muy considerable en el desarrollo de este trabajo de grado por la actividad experimental que desarrolló este científico, y de la cual dedujo muchas observaciones, análisis y fundamentos para explicar este fenómeno. De este análisis se plantean en este trabajo de grado consideraciones para la organización de actividades experimentales para el docente que posteriormente dé elementos para considerar en la enseñanza de la física, en especial para la enseñanza de este fenómeno en el aula; de manera que aquí este trabajo sobre Newton se constituye en una hoja de ruta a seguir para el diseño de la actividad experimental.

### **2.1- El trabajo experimental que realiza Newton.**

Para describir brevemente el contexto histórico, Newton había construido un telescopio de reflexión, luego de las conversaciones que tuvo con el secretario de la Royal Society, le manifiesta su interés de preparar un manual instructivo sobre la forma como construyó el aparato y las instrucciones para su uso. Fue debida a esa petición que Newton presenta en 1672 una carta a la Royal Society en la que comunica los experimentos que realizó sobre la descomposición de la luz blanca, hecho que fue controvertible en ese momento por la concepción sobre la naturaleza de la luz que se tenía en el momento. En uno de los párrafos, expone lo siguiente:

La luz no es similar u homogénea, sino que consiste en rayos diferentes, algunos de los cuales son más refrangibles que otros. De tal manera que de aquellos que inciden de la misma manera en el mismo medio, algunos serán más refractados que otros, y esto no en virtud del vidrio u otra causa externa, sino por una predisposición según la cual cada rayo particular debe sufrir un grado particular de refracción (Granés, 2001, pág. 11)

Para Newton la luz blanca se encuentra compuesta por diferentes tipos de rayos y no todos esos rayos se comportan de la misma manera, algunos de los rayos se desvían o se refractan, más que otros cuando pasan a través de un medio a otro. En el caso del experimento de Newton, se refiere a un vidrio o prisma como medio refractor. Newton nos aclara que la luz al incidir por un prisma muestra que está conformada por distintos rayos de colores, esto denota que cada color tiene una refrangibilidad propia; la cual no se debe al prisma en sí, sino a la predisposición que cada rayo de luz presenta, como una tendencia natural a desviarse en un grado específico al cruzar por el prisma. Lo que vuelven a enfatizar los autores Ospina, Tobón y Marín en su trabajo de grado, al referirse a la descomposición de la luz blanca es que ésta se consideraba inalterable pues:

¿por qué se producen colores cuando un haz de luz blanca pasa por el prisma? A esta pregunta ellos formulaban una serie de hipótesis que suponían que la producción de colores era debido a las propiedades del prisma y no a la luz blanca. (Marín Henao, Ospina Ramírez, & Tobón Cardona, 2010, pág. 47)

Pero como Newton lo explica más arriba, la producción de colores se da por la predisposición que presenta cada rayo de luz al atravesar el prisma, y esto no es por las propiedades que posee el prisma, sino por la refrangibilidad que presenta cada rayo de color, entiéndase por refrangibilidad, al ángulo de refracción que cada rayo de color asume al atravesar el prisma.

Se hace más evidente la matematización al considerar la refrangibilidad que presentan los rayos al salir del prisma. Es decir medir el ángulo de refracción que experimenta entre sí los colores, el ancho y el largo de las franjas de colores proyectados en una pantalla al salir del prisma. Como afirman Marín, Ospina & Tobón (2010):

En esta parte a los atributos o cualidades del fenómeno les es otorgada una forma cualitativa o cuantitativa. Así pues, se crea la posibilidad de cuantificar algunas de las características, atributos o cualidades identificadas a través de la experiencia. Hasta antes de Newton, al atributo *color*, identificado en el comportamiento de la luz, se le consideraba de naturaleza cualitativa, pues los valores que asumía la variable color eran amarillo, azul, rojo, etc., lo que hace Newton es identificar no solo cualidades, sino

también algunas cantidades como el largo y el ancho del espectro de colores, la refrangibilidad de los rayos, las dimensiones del agujero en la contraventana, entre otras características que le permiten cuantificar el fenómeno de la descomposición de la luz, y el color. (Marín Henao, Ospina Ramírez, & Tobón Cardona, 2010, págs. 57-58)

De aquí la importancia del trabajo de Newton sobre la organización del fenómeno de dispersión de la luz, pues sus experimentos no solo permiten ver efectos sino también cuantificarlos.

### **2.1.1- Experimento 1: en relación con la refracción de la luz**

Newton realizó varios experimentos para estudiar los efectos del paso de la luz por prismas. Con estos pudo darse cuenta de lo que realmente ocurre y la forma en que aparece la dispersión, utilizando una habitación oscura para observar mejor la formación de los colores. Por ejemplo, sus experimentos le ayudaron a iniciar un proceso de investigación con respecto a algo que lo sorprendió: que los colores aparecen se proyectan de manera oblonga, pero según la ley de la refracción debería de ser circular.

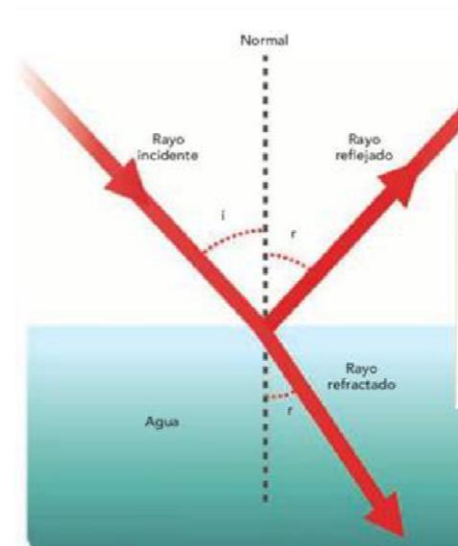
En su carta, Newton describe el experimento que realizó en una habitación oscura, con un haz de luz que cuidadosamente cruza por un orificio de la habitación y llega hasta un prisma refractándose y proyectándose en una pantalla, y así formando una imagen de colores. Con esto, él describe lo siguiente: 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. (Granés, 1988, pág. 22)

Al llevar a cabo este experimento Newton, en su habitación oscura, donde hizo pasar un rayo de luz a través del pequeño agujero en la ventana, el mismo rayo pasó por el prisma, lo que hizo que ese rayo se desviara al pasar de un medio a otro y que esa imagen de colores se proyecte en la pantalla, donde al principio él disfrutó ver esos colores formados, pero una vez que se puso a observar detenidamente, se sorprendió al ver que la imagen de los colores presentaban una forma

alargada, cuando él esperaba que fuese circular, según las leyes de la refracción; como se describe en el siguiente párrafo.

La ley de la refracción consiste en la desviación del rayo de luz al atravesar de un medio a otro medio y que, según el libro de Física del Nivel Medio.

Se enuncia en las siguientes leyes: 1ª Ley: el rayo refractado y la recta normal se hallan en un mismo plano: 2ª Ley: El cociente entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción es una constante (Ley de Snell- Descartes). La constante es igual al índice de refracción relativo donde ocurre la refracción ( $n_2$ ) con respecto al medio del cual proviene el rayo de luz ( $n_1$ ) (Benítez de Bareiro, 2012, pág. 85)



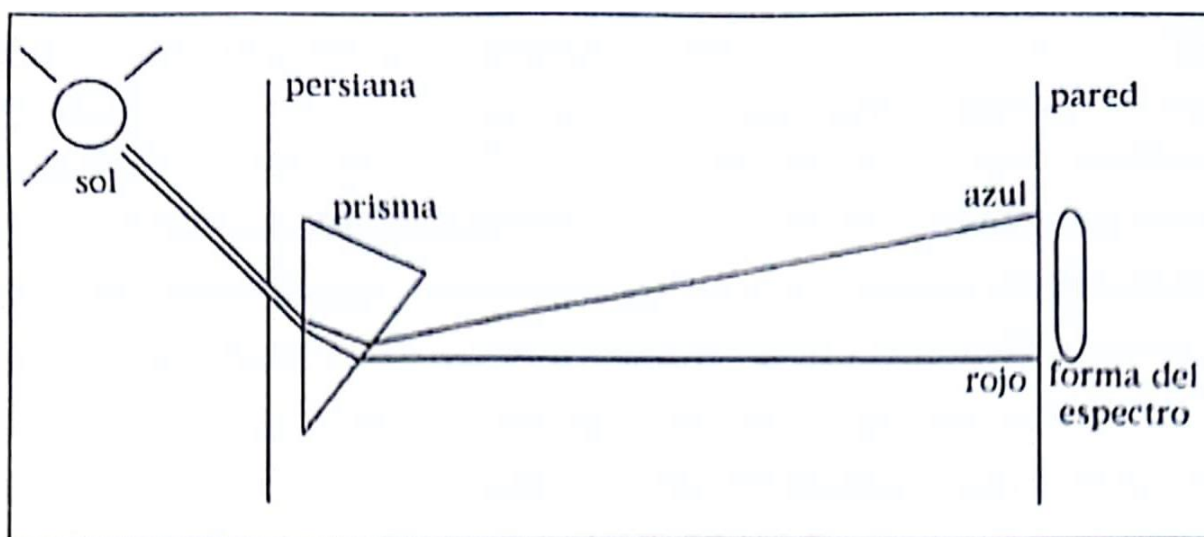
*Ilustración 2. Representación de la reflexión y refracción de la luz. Fuente: (Cervera y otros, 2010). Citado en el Trabajo de grado de (Aldana Boada & Hernández Sepúlveda, 2020, pág. 4)*

Siguiendo esta explicación de la ley de refracción, en principio Newton pensaba que al atravesar la luz por el orificio de la ventana y al incidir en el prisma, esperaba que el rayo de luz que salía iba tener la forma circular de este orificio. Pero grande fue su sorpresa al ver que en la pantalla donde llegaba la luz que salía del prisma no se formaba una figura circular en cambio se veía una forma oblonga, y además muestra diferentes colores, lo que en el siguiente párrafo Newton explica con más detalle.

Al mismo grado de refrangibilidad pertenece siempre el mismo color y al mismo color pertenece siempre el mismo grado de refrangibilidad. Los rayos menos refrangibles están todos dispuestos para recibir el color rojo e inversamente aquellos rayos que están dispuestos para recibir un color rojo son los menos refrangibles. (Granés, 1988, pág. 23)

Sin embargo, lo que Newton observa es que hay diferentes grados de refrangibilidad, es decir, no todos los rayos salen del prisma con el mismo ángulo. Se entiende por refrangibilidad, al grado que asume el rayo refractado. Tanto el grado de refrangibilidad como los colores se pertenecen, están relacionados entre sí, y el color que es menos refrangible es el rojo.

En la siguiente imagen se representa la relación de los ángulos de refracción según el color:



*Ilustración 3. Esquema del Experimento del prisma. Fuente: (Granés, 2001, pág. 31)*

En el esquema, se puede observar, la dispersión de la luz desde un ángulo diferente, en ese experimento Newton afirmaba que el color rojo era el menos refrangible (menor grado del ángulo de refracción), es decir tiene menor desviación al cambiar de medio (al salir del prisma), y el color que estaba en el otro extremo es más refrangible, debido a que adquieren una desviación mayor. en este esquema se observa que el color azul es más refrangible, es decir sufre una mayor desviación, en cambio el color rojo por encontrarse abajo es el menos refrangible, es decir sufre menor desviación.

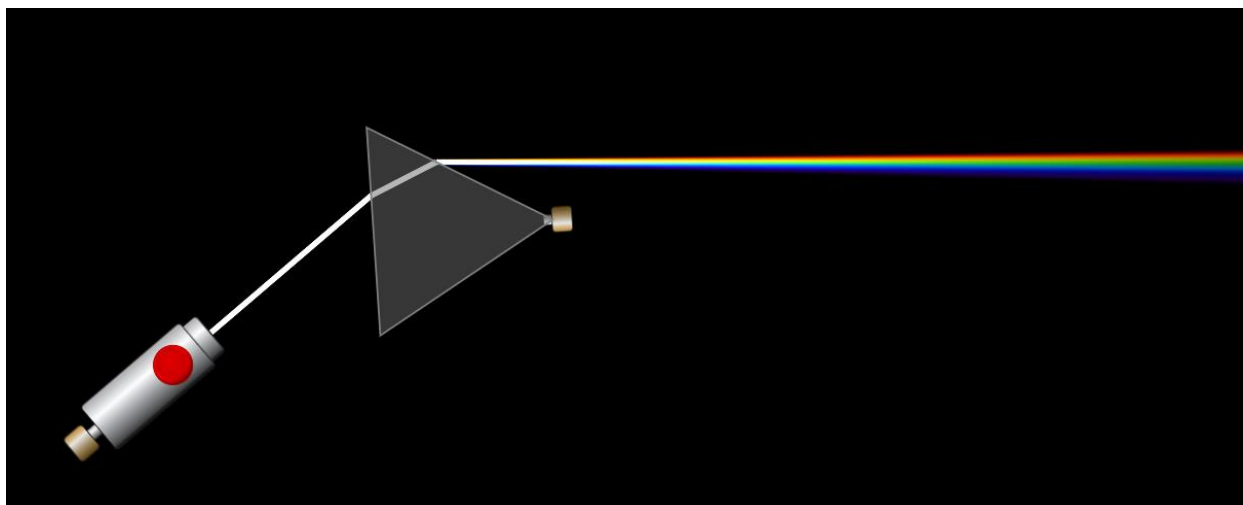
Cuando el autor de este trabajo de grado realizó este experimento con un prisma, una lámpara y un diafragma que dejaba ver un pequeño orificio en forma rectangular se pudo observar que la mancha de dispersión aparece en forma de un cúmulo extenso de colores mucho más ancha que la separación del diafragma, iniciando de izquierda a derecha los colores (del azul al rojo) y confirmando que no aparece de la misma forma como el orificio inicial donde se deja pasar la luz, esto se asemeja a lo que vivió Newton al realizar sus observaciones, donde esperaba que la mancha fuera un círculo pero esta era oblonga. Esto muestra que dependiendo de la forma y tamaño del diafragma por donde pasa la luz, va cambiando el ancho de los colores formados.

### **2.1.2-Experimento 2. los rayos de colores son inmutables al atravesar el prisma**

Newton en este experimento explica que un rayo de color al pasar por un prisma, ya no se puede descomponer en otro color, es decir el color se mantiene, lo que se expresa en el siguiente párrafo:

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. He refractado el rayo por medio de prismas y lo he reflejado en cuerpos que en la luz del día eran de otros colores... y sin embargo, nunca pude producir un color nuevo a partir de él. (Aldana Boada & Hernández Sepúlveda, 2021, pág. 29)

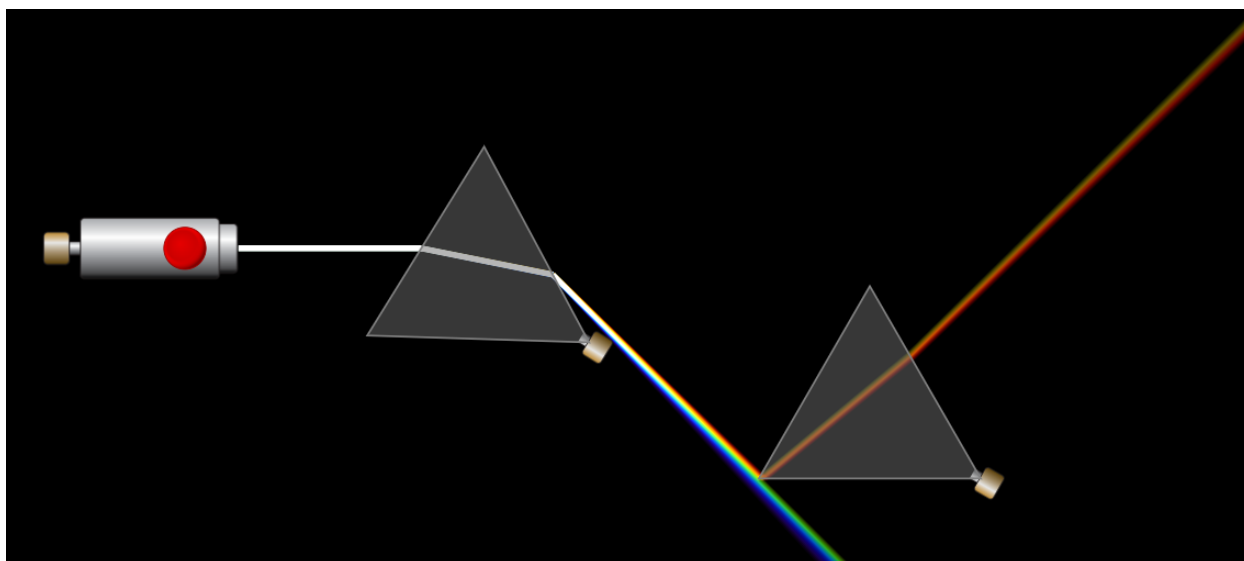
En este segundo experimento que realizó Newton se pudo comprobar que sólo la luz blanca puede descomponerse y al elegir uno de los colores para hacerlo pasar de nuevo por un prisma ya no cambió de color. Mediante esa actividad experimental se pudo dar elementos para hablar de que los colores hacen parte de la luz blanca y no salen del prisma como algunos creían en esa época.



*Ilustración 4. Dispersión de la luz blanca. Realizada en el simulador Phet de la Universidad de Colorado. Fuente: elaboración propia.*

En este gráfico se puede observar como la luz blanca, al atravesar por el prisma, en un determinado ángulo y a través de uno de los vértices del prisma, se descompuso en varios colores, entre las que se perciben el rojo, el amarillo y el azul. Newton explica que cada rayo en particular presenta un determinado ángulo de refracción, es decir que cada rayo tiene una característica propia, lo que se evidencia al pasar el prisma. Es importante resaltar que para que aparezcan los colores la luz incidente debe llegar al prisma en un ángulo específico y entrar por uno de sus vértices.

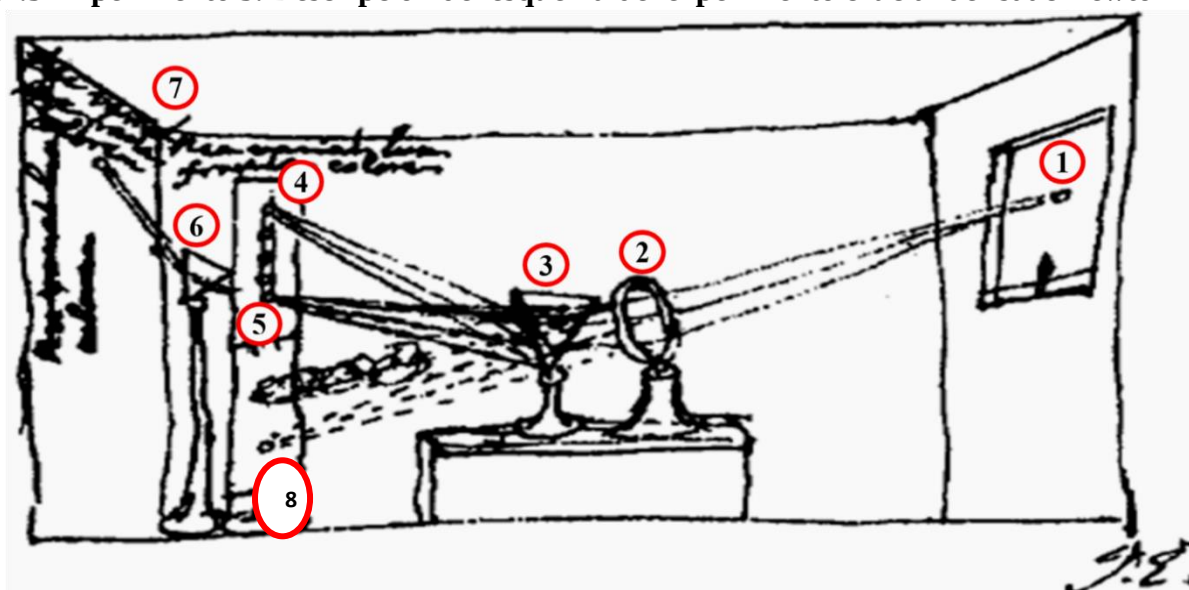
En el montaje que viene a continuación, se explica uno de los experimentos de Newton, el cual consistía en hacer pasar uno de los colores por un segundo prisma, después de hacer pasar cada rayo de luz refractado por el primer prisma, permaneciendo cada uno de los colores sin modificaciones, es decir el rojo continuaba siendo rojo, el azul seguía siendo azul. Como Newton explica que no logró formar otros colores al refractar un color o rayo en particular, y al reflejar ese mismo rayo de luz sobre otro cuerpo de otro color en la luz del día. Se asume la idea de que solo la luz blanca es la luz que puede descomponerse en diversos colores y no así un color en particular con otro. En este segundo experimento de Newton, se interpreta que la luz que resultó tener un color único al pasar por el primer prisma, y luego al hacer incidir nuevamente en el segundo prisma, al refractarse se mantiene el color.



*Ilustración 5. Inmutabilidad de los rayos .Realizada en el simulador Phet de la Universidad de Colorado. Fuente: elaboración propia*

En el trabajo experimental se pudo observar que si se refracta una luz de color diferente específicamente utilizando la luz roja se ve otra vez ese mismo color al pasar por el prisma por lo que se pudo deducir que la luz blanca es la que puede dispersarse en diferentes colores.

### 2.1.3-Experimento 3. Descripción del esquema del experimento crucial de Isaac Newton



*Ilustración 6. Representación de Newton de una de las variaciones del Experimento crucial.*

Fuente: (Aldana Boada & Hernández Sepúlveda, 2021, pág. 25)

En el esquema se pueden notar los siguientes recorridos que presenta la luz:

(1) el rayo de la luz solar que incide por un pequeño orificio de la ventana, tiene como propósito que la luz que ingrese allí sea puntual, entiéndase por puntual, una pequeña cantidad, un haz de rayo del sol, para que al pasar por el prisma se refracte en dirección hacia la pared, opuesta a la habitación, donde se forme una luz coloreada del sol hacia arriba., es decir que permita obtener el espectro y eliminar efectos de iridiscencia, que implica el reflejo de distintos colores.

(2) allí se encuentra una lente convergente por donde también pasa la luz, con este se busca que los rayos de luz estén más unidos y concentrarlos en un punto para atravesar el prisma.

(3) en este punto se ubica un prisma sobre el que incide la luz blanca, se debe notar que la disposición es particular pues la misma se encontraba en posición perpendicular a los rayos incidentes.

(4) y (5) se puede observar una pantalla en la que se proyecta la luz dispersa por ese primer prisma, los colores se ubican desde 4 hasta 5, allí Newton pudo ver que la luz refractada o la imagen coloreada del sol descendía primero y luego ascendía, entre el ascenso y descenso en un momento en que la imagen coloreada parecía quedarse quieta, dejó de mover el prisma, manteniéndolo en una posición , porque en el prisma las refracciones de la luz en las dos caras del ángulo refractante, es decir a la entrada y salida de los rayos eran iguales, estando así el prisma hizo que el rayo refractado cayese sobre una hoja de papel blanco que colocó en la pared opuesta de la habitación y observó la figura y dimensiones de la imagen del sol , la cual veía de manera oblonga y no ovalada como se imaginaba en ese momento que sería tomando la forma del sol. (Granés, 2001, pág. 33)

(5) En la pantalla hay un orificio que atraviesa una parte de la luz, correspondiente a un color, en este caso el azul, pues como señala Newton según la refrangibilidad de los rayos de luz es su predisposición para ser refractados o desviados de su trayectoria al pasar de un medio o cuerpo transparente a otro, y una mayor o menor refrangibilidad de los rayos es su aptitud para desviarse más o menos de su trayectoria. Es en el experimento tres que se comienza a ser más claro el

fenómeno sobre el espectro de colores y donde se observa un esfuerzo por representar los grados de refrangibilidad de los rayos de luz, demostrando no sólo que las luces difieren en color, difieren también en el grado de refrangibilidad, o sea diferentes ángulos de refracción (primera proposición), si no que la luz del sol se compone de rayos diferentemente refrangibles (segunda proposición), por lo que el rayo de color azul al ser menos refrangible asume una menor desviación lo cual lo ubica en la parte inferior de la pared y el rayo rojo, se ubica en la parte superior de la pared al ser más refrangibles, es decir sus ángulos de refracción son mayores, lo que permite que se desvíen mucho más., a través de dicho experimento también Newton comprobó que la formación del espectro de colores no se debe únicamente al prisma, si no a diferentes grados de refrangibilidad que se encuentran en los rayos que forman la luz blanca (Granés, 2001, págs. 40-41)

(6) allí se encuentra otro prisma donde vuelve a atravesar un rayo disperso de un solo color, la disposición del prisma permite que los ángulos de refracción de los rayos al salir del instrumento fuesen iguales a los de incidencia sobre el mismo.

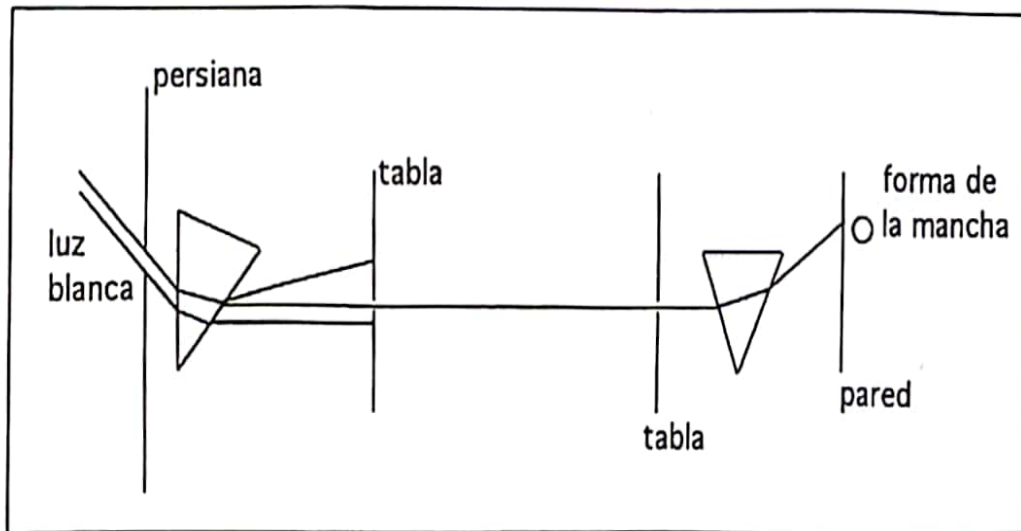
(7) Es el lugar donde se proyecta la luz que sale del segundo prisma. No sufre ningún cambio, si no que mantiene ese mismo color, esta situación llevó a Newton a descubrir una nueva ley fundamental de la naturaleza,” la luz refractada no cambia de color (Aldana Boada & Hernández Sepúlveda, 2021, pág. 26)

(8) En este punto, se observa que la luz que incide por el orificio de la ventana, no atraviesa la lente, ni pasa por el prisma, pasa directamente hasta la pared, proyectándose de manera rectilínea, la que se representa como líneas entre cortadas.

Las condiciones de la habitación, del orificio en la pared y de la disposición de los materiales por donde se hizo pasar los rayos de luz son propicios para el estudio de la dispersión de la luz que Newton se puso a estudiar.

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)., citado en el trabajo de grado de (Aldana Boada & Hernández Sepúlveda, 2021, pág. 24)*



*Ilustración 7. Esquema del Experimento crucis. Fuente: (Granés, 2001, pág. 31)*

Con este esquema Newton logra dar una explicación del porqué en principio la mancha en la pared se percibía en forma oblonga, y cómo fue que, al utilizar las dos tablas con orificios de la misma medida, por donde hizo atravesar la misma cantidad de luz que ingresaba en la habitación logró, ver la forma que presentaba la mancha en forma orbicular en la pared. En este caso Newton afirma lo que observa en la habitación al ver lo que ocurría al utilizar los dos prismas, en el siguiente párrafo:

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”. (Aldana Boada & Hernández Sepúlveda, 2021, pág. 25)

En este caso se puede notar por el experimento que realizó Newton, la propagación de la luz, al atravesar de un medio a otro, no adopta la forma del orificio por donde atraviesa la luz. En el trabajo de Newton se describe un orificio en la ventana, de forma circular donde atraviesa la luz del sol, la cual al pasar el prisma y proyectarse en la pantalla tiene una forma oblonga o alargada. Adicionalmente.

Se puede variar el color del haz de luz que pasa por la segunda tabla girando el primer prisma. Así, el haz azul, que es más refrangible que el haz rojo, se puede obtener en una posición específica del prisma, y en una posición diferente se obtendría el rojo. El haz azul se va a ubicar en una parte superior al haz rojo y los dos no aparecen simultáneamente. Ahora bien, esto demuestra que las luces del espectro de colores no se deben al prisma mismo sino a la diferente refrangibilidad de los rayos que están contenidos en la luz blanca. (Marín Henao, Ospina Ramírez, & Tobón Cardona, 2010, pág. 59)

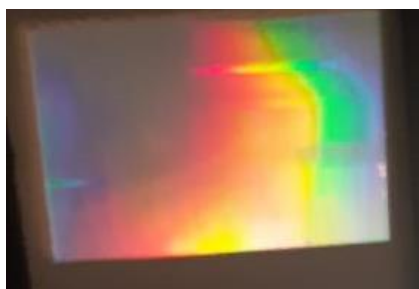
Se puede entender que Newton estudió el origen de la refrangibilidad de los rayos de luz, la cual comprobó que no se debe solo a las propiedades que presenta el prisma, sino más bien a los rayos de las cuales se componen la luz blanca, pues se fijó que la luz azul se notaba en la parte superior y por debajo aparecía el rojo, en cambio según las prácticas experimentales y los conocimientos en cuanto a conceptos y la relación con el fenómeno del arcoíris en las cuales uno se forma en sus inicios de estudio sobre la óptica, la primera luz y ubicada en la parte superior fue la luz roja, por lo tanto al confrontar con éste análisis de Newton nos quedamos con cierta duda.

#### **2.1.4- Producción de colores por composición**

En los experimentos realizados por Newton se identifica que en la dispersión se puede ver que al estar un color muy cerca de otro color se forma un nuevo color, a lo que aquí se llama producción por composición:

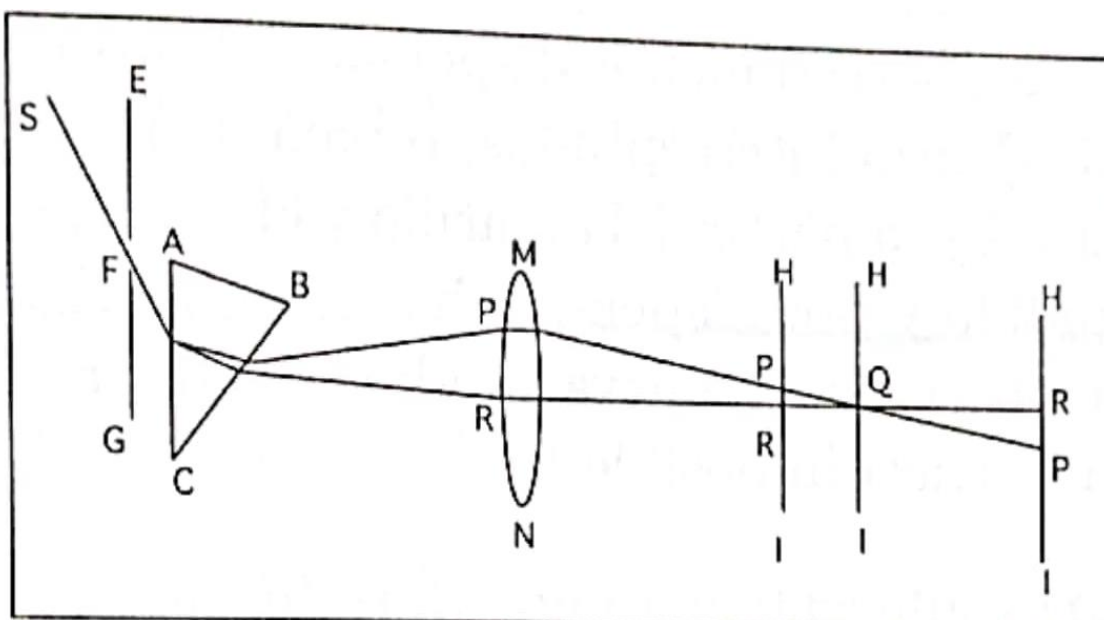
Newton mencionó que los colores pueden producirse por composición, por ejemplo, azul y amarillo conforman el verde. Así mismo, aclaró que si dos colores dispersados a través de un prisma no están demasiado distantes pueden mezclarse, aunque los lejanos no lo podrían hacer. El color blanco siempre está compuesto de todos los colores primarios mezclados en una proporción adecuada. (Aldana Boada & Hernández Sepúlveda, 2021, pág. 40).

Otro aspecto que tuvo en cuenta Newton fue la producción de colores por composición, se refería a que se forman colores secundarios de los colores primarios que se producen por la dispersión de la luz blanca que me pareció bastante interesante ya que en la experimentación realizada pude darme cuenta que la dispersión de colores se formaba de esa manera en la que Newton explicaba y justo ocurre en las partes donde los colores estaban muy cerca uno de otro. Por lo que, al ir mezclándose ciertos colores, por decir, el color azul con el color amarillo, se produce el color verde.



*Ilustración 8. Imagen de la composición de colores. Fuente: elaboración propia.*

Otro experimento realizado por Newton, es donde él reúne todos los colores que se formaron al travesar un primer prisma y esos colores los vuelve a hacer pasar por una lente convergente, lo que permite que los rayos de colores puedan verse más unidos, para pasar por un segundo prisma, en donde se forma nuevamente la luz blanca. En ese experimento, muy importante, donde Newton, demuestra que la luz “blanca”, aquella que venía del sol, está compuesta por varios rayos de colores.



*Ilustración 9. Formación de la luz blanca después de la dispersión. Fuente: (Newton, 1671/2001, pág. 135)*

En esta imagen se puede observar que el rayo de luz (S-F) ingresa por el orificio de la ventana (E-G) y atraviesa por el prisma (A-B-C), donde luego se observa la dispersión de la luz en (P-R), esos rayos de colores, pasan a través de una lente convergente, representada en (M-N), permitiendo que los rayos puedan estar más unidos entre sí, para posteriormente observar que los rayos (P-R) convergen en la hoja (H-I), en donde en el punto (Q) se ve nuevamente la luz blanca que se formó con la unión de los rayos de colores. Por último, en la última pantalla vuelven a dispersarse los rayos y se deja ver colores, de manera que con este experimento Newton afirma, que la luz blanca está compuesta por varios rayos de colores, por otro lado, reconoce que la dispersión no se produce por alguna cualidad que tiene el prisma, sino que se debe a la refracción que tiene cada rayo de color que forma parte de la luz blanca.

### **2.1.5- Resumen sobre puntos más relevantes de los experimentos de Isaac Newton**

Newton habiendo realizado sus experimentos, en esa habitación oscura y que tenía un orificio en la ventana, en donde se ponía a analizar cada una de las situaciones que se fueron dando, pudo llegar a concluir los siguientes puntos:

El ensanchamiento de la forma de la luz en la pared no puede ser producido por posibles irregularidades del prisma, que hubiesen distorsionado aún más el haz de luz al pasar por dos de ellos (Granés, 2001, pág. 33), lo que en principio Newton sospechaba era que las desigualdades en el prisma era lo que posibilitaba ese ensanchamiento de la figura en la pared, pero para poder salir de dudas juntó las dos caras de dos prismas idénticos, en donde él se da cuenta que la luz que se refracta del primer prisma, es contrarrestada en el segundo prisma, aclarando aquí que los efectos regulares en el primer prisma serían destruidos en el segundo prisma, pero si los efectos eran irregulares se verían aumentados por las múltiples refracciones de la luz al pasar de un prisma a otro prisma. Por lo tanto, al llevar a cabo este experimento con los dos prismas, Newton observa un cambio en la figura de la luz en la pared, cuando ve que desaparece el espectro sobre la pared y nota que la luz se presenta en forma de mancha circular, similar a la que produciría esa luz incidente

Con el experimento crucial de Newton, la luz blanca ya no puede ser considerada como una entidad simple, si no por el contrario está compuesta por diversos rayos que tiene un color específico. Los diversos rayos al salir del prisma toman diversas direcciones (grados de refrangibilidad), lo que significa que según su ángulo de refracción pueden desviarse más (mayor ángulo de refracción) como el rayo azul, o desviarse menos (menor ángulo de refracción) como el rayo rojo, que ya se deja ver en un punto inferior.

El efecto de la divergencia del haz incidente no puede explicar el alargamiento del espectro en la magnitud que éste ocurre. (Granés, 2001, pág. 34)

Lo que Newton pretende en este punto es buscar encontrar una explicación al alargamiento de la mancha de luz que vio en la pared, en principio él tenía esta idea, que el ensanchamiento es por la falta de una distancia igual entre el haz de luz que proviene del sol y el orificio de la persiana, esto se debe al tamaño que presenta el sol y su distancia en relación a la tierra, lo que implica que si el haz que incide en el prisma es divergente, es decir llegarán al prisma con diferentes ángulos, lo que al pasar por el prisma se van a refractar en diferentes ángulos producirá ese ensanchamiento en la pared. Considerando esta hipótesis de la divergencia, Newton se pone a realizar varias mediciones, primero entre el orificio por donde ingresa el haz de luz y la pared, segundo, los

ángulos de divergencia del haz de luz que ingresa al prisma, tercero, el diámetro de la mancha circular que se forma en la pared cuando se retira el prisma y el haz incidente pasa directo a la pared, además realiza el cálculo sobre el índice de refracción del vidrio (prisma), y empleando la ley de la refracción, calcula el ensanchamiento adicional, en la que encuentra que el ensanchamiento es de 31 minutos, mientras el ensanchamiento del espectro coloreado es de 2 grados, 49 minutos. Realizando la comparación entre las medidas hechas, descarta la hipótesis de que la divergencia del haz incidente era el responsable del alargamiento de la mancha en la pared. La forma oblonga del espectro es una característica del fenómeno mismo de la dispersión de un haz de luz blanca por un prisma. Esto quiere decir que, incluso si el experimento pudiera realizarse en condiciones completamente ideales, el efecto de alargamiento se produciría. (Granés, 2001, pág. 35)

Con esto Newton destaca que los aspectos circunstanciales, a los que él llamó así, refiriéndose a posibles errores de distancia, de colocación del prisma, del grosor del prisma, etc. Las cuales no influyen en la forma alargada de la mancha de luz en la pared, las que pudo comprobar mediante un estudio minucioso, sometiendo todas sus observaciones y los resultados que obtenía a la experimentación.

Una vez analizada las actividades experimentales de Isaac Newton y las explicaciones a las que llega en base a ese estudio minucioso, que va desarrollando para obtener resultados muy satisfactorios para el estudio de la dispersión de la luz, se hace necesario un análisis reflexivo en torno al mismo por el Autor de este trabajo de grado. Y se destaca:

-En la misma se valora la constancia y perseverancia con que se manejaba este científico para poder encontrar explicaciones a sus observaciones, y no dar por sentado nada de lo que ocurría, para él toda situación que generaba duda o alguna disconformidad en ese proceso experimental debería de ser sometida a una revisión crítica de cada procedimiento llevada a cabo en la actividad experimental.

-Cabe mencionar que estas actividades experimentales llevadas a cabo por Newton, tanto en el estudio de la refracción de la luz, como en la dispersión de la luz, se constituyen en elementos

imprescindible en la elaboración de este trabajo de grado, pues con el análisis de cada uno de los trabajos experimentales de Newton, se pudieron extraer aportes muy valiosos para la actividad experimental que el autor de este trabajo de grado, tuvo en cuenta en el momento de realizar el montaje, en cuanto a la distancia entre los instrumentos de laboratorio, las ubicaciones, las condiciones del lugar, los diferentes tipos de prismas, considerando el tamaño, el grosor con la que cuentan, etc. Por otra parte, se hace importante mencionar que estas actividades experimentales desarrollados por el autor de este trabajo de grado, en base a los aportes que se pudieron obtener del trabajo experimental de Isaac Newton, el referente histórico y disciplinar en esta investigación, servirán en la elaboración de una propuesta de aula, que será implementada en el Paraguay con estudiantes de la Educación Media.

### **CAPÍTULO 3. CONSIDERACIONES DE LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL PARA EL ESTUDIO DE LA DISPERSIÓN DE LA LUZ Y LA PROPUESTA DE AULA**

En este espacio, el autor de este trabajo de grado, tuvo la oportunidad de diseñar y realizar actividades experimentales sobre la Reflexión y Dispersión de la luz, a fin de profundizar, en el fenómeno de dispersión de la luz, el cual se constituye en un objeto de estudio dentro de la enseñanza de las ciencias en la educación media. Se resalta la necesidad de llevar a cabo la experimentación no como una simple manera de corroborar leyes, teorías, sino para ampliar conocimientos, hasta llegar a la comprensión de ese fenómeno que se estudia, como lo afirman los autores (Ayala Manrique, Malagón Sánchez, & Sandoval Osorio, 2013)

La relación entre experimento y teoría ha sido fundamental en la evolución de las ciencias, la unión de ambas ha permitido un mejor entendimiento del mundo que habitamos. Desde tiempos antiguos, la ciencia se basaba sólo en la observación, lo que significa que no se realizaban experimentos sistemáticos, en la edad media la ciencia fue persuadida por la escolástica, la cual surge de la combinación de la filosofía aristotélica con la teología cristiana.

Posteriormente dentro del Renacimiento con Galileo se enfatiza en la importancia de la experimentación, como una herramienta para validar teorías, pero con la Revolución científica allá por el siglo XVII, Isaac Newton complementó el método científico, empleando no sólo la observación y experimentación, si no la formulación de teorías. Posterior a esa Revolución científica durante los siglos XVIII Y XIX, la ciencia se profesionalizó y se institucionalizó, donde se tuvo muchos avances en la química, la biología y la física.

En el siglo XX, se destaca el surgimiento de la física moderna con la relatividad de Einstein y la Mecánica cuántica, prediciendo fenómenos que son confirmados en forma experimental. Hoy en día la relación entre teoría y experimento se hace más precisa y compleja, mientras que las teorías se desarrollan para dar explicaciones, utilizando datos más detallados donde se considera la interdisciplinariedad entre campos, como puede ser la biofísica o astrofísica, en donde la fusión de dos disciplinas, combinan y complementan sus teorías y métodos. Por lo tanto, se puede ver que la historia de las ciencias muestra una evolución constante en esa relación teoría y experimento,

donde ambos se nutren, complementan, llevando a construir un entendimiento más profundo y preciso del universo.

En cuanto a la relación experimento-teoría y la forma como se enseña ciencias en el aula, los experimentos proporcionan datos que pueden llegar a confirmar o rechazar teorías. Las teorías por su parte dan un marco conceptual para interpretar los resultados experimentales. En el aula el maestro de ciencias puede enseñar mostrando como ambas cosas pueden servir para enriquecer la construcción del conocimiento científico.

Al incorporar experimentos en la enseñanza de las ciencias se puede favorecer el aprendizaje activo, donde los estudiantes no se queden sólo con memorizar la teoría, sino más bien que construyan las explicaciones a partir de la actividad experimental que llevan a cabo en el aula. El desarrollo de las habilidades científicas como la observación, la formulación de hipótesis, de preguntas y de los análisis e interpretaciones de datos se consideran fundamentales no sólo para el desarrollo de la ciencia, sino para poder resolver los problemas en su vida diaria. Además, esa interacción entre teoría y experimento en la enseñanza de ciencias, desarrolla el pensamiento crítico y creativo, donde los mismos estudiantes pueden cuestionar resultados, buscar otras explicaciones, diseñar nuevos experimentos, a fin de propiciar actitudes curiosas en ellos.

Enseñar teoría y experimento en el aula, ayuda a que el estudiante ponga en contexto ese conocimiento científico, que les ayude a ver cómo han ido evolucionando las teorías científicas a lo largo del tiempo., a través de la experimentación que condujo a nuevas teorías. Uno de los desafíos en la enseñanza de ciencias, es la falta de recursos para realizar actividades experimentales, pero los maestros pueden utilizar simulaciones, modelos, e incluso fomentar proyectos de investigación, en donde los propios estudiantes puedan crear sus experimentos, de esa forma se superan esas barreras, la idea es que con estas actividades se les prepare a los estudiantes a pensar y actuar en la vida.

Por otra parte, los profesores Ayala, Malagón y Sandoval, enfatizan en la relación entre la teoría y el experimento, en el siguiente párrafo:

Se supera igualmente la dicotomía teoría / experimento, que se constituye en otra de las dificultades que se derivan de los énfasis usuales que se hacen al didactizar la actividad experimental. De alguna manera se suele asumir que el experimento es una actividad y la teoría es otra totalmente separada de la primera, tanto que en algunos currículos el experimento y la teoría tienen espacios diferentes e incluso, en ocasiones, profesores diferentes. (Ayala Manrique, Malagón Sánchez, & Sandoval Osorio, 2013, pág. 127)

En este punto los profesores mencionados más arriba, afirman que tanto la teoría como el experimento no se conciben de forma separada, como se asumía hasta hace poco tiempo., hasta en el mismo currículo. Por el contrario, los autores los consideran inseparables, de manera que se complementan el uno con el otro. De allí que el punto inicial para construir explicaciones, o teorizar un fenómeno en estudio, se hace necesario partir del experimento, para que pueda aportar ciertos datos o criterios sobre lo que se construya esa carga teórica.

Considerando todo lo expuesto, se hace necesario abordar la actividad experimental en este trabajo de grado, para poder desarrollar la enseñanza de las ciencias desde las aulas de manera más dinámica, más reflexiva, más crítica, donde los estudiantes a quiénes se deberá enseñar estén más familiarizados con la actividad experimental, tan necesaria para lograr comprensión de los fenómenos asumidos como objetos de estudio en las clases de ciencias. Particularmente, para abordar la dispersión de la luz, el diseño de la actividad experimental se desarrolló partiendo de dos fenómenos, la refracción y dispersión de la luz., en ambos casos se trabajaron actividades cualitativas y cuantitativas.

Por otra parte, trayendo a memoria al referente disciplinar de esta investigación, Isaac Newton, al leer sus artículos, se puede encontrar que él mismo realizaba muchos experimentos para poder dilucidar cualquier duda o sospecha que se presentaba en el momento de encontrarse con algún resultado que le presentaba mucha curiosidad o asombro al percibir dicha situación. Tal fue así que cuando realizó sus múltiples experimentos, se dio cuenta que la luz que ingresó por el orificio de la ventana, y al refractarse y ver la mancha en la pared opuesta, se percató que la luz era alargada y no circular como se pensaba por las leyes de la refracción de esa época, esa misma situación

llevó a Newton, trabajar primeramente lo que respecta a la refracción, para después volver a la dispersión de la Luz.

En este sentido, en este trabajo de grado se tienen dos momentos para poder desarrollar las actividades experimentales, primeramente la refracción de la luz, donde se aborda lo cualitativo, en donde se pondrá en juego principalmente la observación, la descripción de características o cualidades del fenómeno y posteriormente lo cuantitativo donde se podrá medir ángulos, longitudes de los colores, etc. y en segundo lugar la dispersión de la luz, donde también se va a considerar lo cualitativo y cuantitativo.

Además de este criterio disciplinar, las actividades experimentales diseñadas por el autor de este trabajo de grado fueron diseñadas con miras a la comprensión del fenómeno y la preparación de una propuesta de aula. Se acude a experimentos muy sencillos y cuyos materiales para llevar a cabo son de bajo costo o de fácil acceso; por ejemplo, frasco de vidrio, láser, agua, prismas de vidrio, incluso enseres que podrían traer de sus casas, etc. A fin de que el desarrollo de los contenidos mencionados empleando la actividad experimental, se asuman como ese espacio de construcción del fenómeno por parte de quienes realicen las actividades experimentales

Esta propuesta de aula, sobre la actividad experimental se desarrollará con estudiantes de la educación media y técnica cuando el autor de este trabajo de grado regrese al Paraguay y se acerque nuevamente a sus instituciones donde se desempeña como docente. En el siguiente mapa conceptual, se presenta en forma resumida el enfoque que va tener la actividad experimental en la propuesta de aula.



*Ilustración 10. Mapa Conceptual sobre Actividad Experimental. Fuente: elaboración propia.*

### **3.1 Refracción de la Luz. -Actividad Cualitativa**

En este apartado se estarán llevando a cabo actividades experimentales, iniciando con el fenómeno de la refracción de la luz, utilizando elementos sencillos como un frasco de vidrio, primeramente, en forma cualitativa, donde se podrá observar lo que ocurre cuando la luz cambia de un medio a otro, dejando ver los efectos, se podrá tomar apuntes y formular algunas preguntas en torno a situaciones que surjan en ese momento.

#### **Observaciones durante la actividad experimental**

Con este experimento, se pudo observar que en el medio frasco de vidrio con aire, la imagen de la flecha se veía de la misma forma, es decir tal y cual como se puede ver a simple vista en el papel, sin sufrir ninguna desviación, ni cambio en el tamaño, tanto al acercarse el papel con el dibujo de la flecha, como al alejarse el mismo., considerando la ubicación del observador que se encuentra frente al medio considerado.



frasco 1



frasco 2



frasco 3

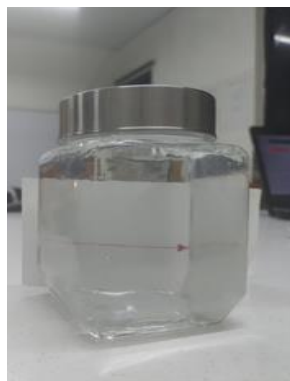
*Ilustración 11. Fotografía de frasco con aire para las prácticas experimentales. Fuente: elaboración propia.*

Considerando de izquierda a derecha, en el frasco 1, la flecha se ubica apoyado por el frasco de vidrio con aire, en relación con el observador que se encuentra frente al medio. En el frasco 2, la flecha se ubica alejado del medio frasco con aire, en relación con el observador que se encuentra frente al medio, y en el frasco 3, la flecha se ubica apoyado por el frasco y el observador se ubica desde uno de los vértices del frasco.

Una vez realizado el experimento sobre la refracción de la luz en un medio transparente, utilizando como medio un frasco con aire. Ahora se procede a agregar agua en el frasco, a modo de considerar otro medio.



frasco 1



frasco 2



frasco 3

*Ilustración 12. Fotografía de frasco de vidrio con agua para las prácticas experimentales. Fuente: elaboración propia.*

Considerando de izquierda a derecha, en el frasco 1, la flecha se ubica detrás mismo del medio frasco con agua, cuando el observador se encuentra frente al medio. En el frasco 2, la flecha se ubica alejado del medio frasco con agua, cuando el observador se encuentra frente al medio. En el frasco 3, la flecha se apoya en el frasco con agua y el observador se ubica desde uno de los vértices del frasco.

En esta condición al colocar la flecha, muy cerca del frasco con agua, se puede ver la imagen de la flecha de la misma forma como se lo ve, en el papel, sin interponer el frasco, en cambio cuando se aleja la flecha detrás del frasco con agua, cuando el observador se ubica frente al medio se percibe un pequeño cambio en la imagen de la flecha, disminuyendo su tamaño. Por otra parte, cuando el observador se ubica desde uno de los vértices del frasco, se ve aumentado el tamaño de la flecha por lo que se piensa en que la luz se comporta de forma diferente según el medio en el que se propaga, y según la posición que asume el observador, sea de frente o desde uno de los vértices del frasco, en relación con el objeto colocado cerca, o alejado del medio, para ver la imagen que se forma que se forma.

### **1-Se propone para el aula: Refracción de la luz-Actividad cualitativa.**

#### **Situación 1: Refracción de la luz en medios transparentes.**

**Objetivo:** Describir cuáles son las condiciones que afectan lo que se observa a través de un medio transparente

**Materiales:** Un frasco de cara cuadrangular o un vaso de vidrio, agua, papel blanco, tijera, bolígrafo, un paño.

#### **Actividades:**

- 1- Dibujar con el bolígrafo una flecha con el pedazo de papel.
- 2-Se procede a mover lentamente la hoja de papel para delante y para atrás, detrás del material transparente (frasco de vidrio) que contiene aire. El observador se ubica frente al frasco.
- 3-Se repite el punto 2 pero ahora con el frasco lleno de agua.

#### **Preguntas:**

- 1- ¿Qué ocurre con la flecha cuando se coloca por detrás del frasco con aire?

- |                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2- ¿Qué ocurre con la flecha cuando se aleja del frasco (con aire) hacia atrás?           |
| 3- ¿Qué ocurre con la flecha cuando se aleja del frasco con agua hacia atrás?             |
| 4- ¿Qué cambios puedes notar en la flecha cuando se apoya al frasco con agua hacia atrás? |

*Tabla 2. Propuesta de aula. Refracción de la luz en medios transparentes. Fuente: elaboración propia*

### **3.1.2-Refracción de la luz láser en diferentes medios**

En esta parte de la actividad experimental, se podrá observar a través de las fotografías, la refracción de la luz láser por diferentes medios, como aire, agua, aire-agua, y aire-agua-aire. En cada uno de los medios sometidos, se podrá notar el comportamiento de la luz.



*Ilustración 13. Recorrido de la luz láser en medio aire. Fuente: elaboración propia.*

Con esta Actividad Experimental, se pudo notar el comportamiento de la luz láser, en los distintos medios. Esa luz láser sale de la fuente fija, que se coloca frente al medio por el cual va a travesar, como se muestra en la ilustración 12, se apuntó el láser hacia la hoja sin interponer el frasco y se marca el lugar de proyección de la luz en una hoja milimetrada.



*Ilustración 14. Recorrido de la luz láser en medio agua. Fuente: elaboración propia.*

En esta actividad experimental, se pudo ver que, al incidir la luz láser en el agua, esa luz se ve con cierta inclinación hacia abajo, pero la posición que tomó el punto rojo de la luz láser se observó por encima de todas las demás ubicaciones, lo cual hace suponer, que en el medio agua la luz tiene un comportamiento distinto en relación con el medio aire, donde no se observa esa desviación o cambio de dirección.



*Ilustración 15. Recorrido de la luz láser en medio agua y aire. Fuente: elaboración propia.*

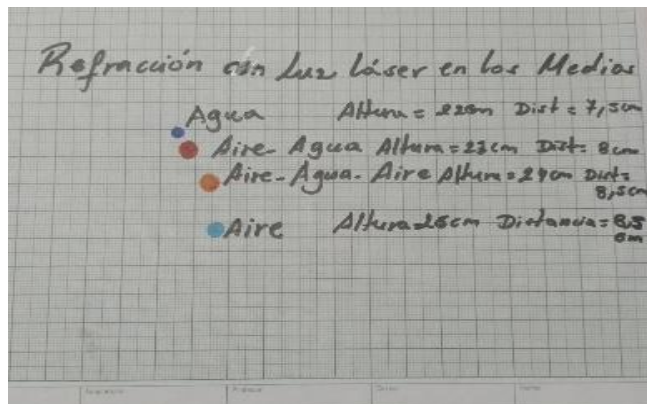
En la ilustración 15, se presenta otra situación a analizar, cuando se consideran dos medios, en el medio aire se presume que la luz recorre en línea recta, pero al travesar en el medio agua se produce una cierta desviación, inclinándose hacia abajo, pues, se da un cambio en la dirección de la luz, cuando ocurre un cambio de medio en su trayectoria. En cuanto a la posición del punto rojo de la luz láser, se observa por debajo del punto en relación con lo que se dejó ver en el agua, en el caso anterior.



*Ilustración 16. Recorrido de la luz láser en medio aire- agua-aire. Fuente: elaboración propia.*

En esta situación (ilustración 16) se consideran dos cambios de medios aire-agua y agua-aire. El medio aire en él se pudo ver que la luz recorre en línea recta, pero se nota que, al atravesar por el agua, se inclina o se desvía hacia abajo en línea recta. Finalmente, al volver a propagarse en el aire se observa que la luz vuelve a seguir una trayectoria recta con otra inclinación. En cuanto a la posición del punto rojo de la luz láser, se observa que se ubica por debajo del punto correspondiente al caso anterior (aire-agua), y por encima del punto que se dejó ver con el aire.

A continuación, se presentan los puntos que se fueron marcando en la hoja milimetrada, al atravesar la luz láser en los medios mencionados anteriormente.



*Ilustración 17. Hoja milimetrada donde se marcaron los puntos en donde llegó la luz láser al pasar cada medio. Fuente: elaboración propia.*

Considerando como referencia al medio aire, se puede observar que el punto de la luz láser se proyectó por abajo de los demás medios. Sin embargo, en el medio agua, el punto de la luz láser se ve por encima de todos los demás medios, en la hoja milimetrada. En los medios aire- agua, el punto de la luz láser se ve por debajo del agua, y por último en los medios aire-agua-aire, el punto de la luz láser se ve por debajo de los medios aire-agua y por encima del medio aire. De ello se puede deducir que la luz se refracta de manera diferente según el medio o los medios por donde se propaga, pues mirando en la hoja milimetrada, cuando se trata de un solo medio, por ejemplo el aire, la luz aparece por debajo de todas marcas, y si el medio es el agua el punto de la luz láser se encuentra por encima de todas las marcas, en cambio en la combinación entre dos medios, el punto de la luz láser se observa en los intermedios, se presume también que esas posiciones se deben a las desviaciones que presenta la luz según el medio que atraviesa, donde hay cambio en su velocidad.

Hasta aquí se ha trabajado con la refracción de la luz, de manera cualitativo en adelante, se iniciará el estudio de la refracción de la luz, de manera cuantitativo.

Entiéndase aquí, por cualitativo donde se da consideración a la observación, del comportamiento de la luz en los diferentes medios, haciendo referencia a la desviación que sufre la luz al atravesar de un medio a otro, o si se propaga de tal o cual forma. Lo cuantitativo aquí implica medir los ángulos de incidencia y los ángulos de refracción de la luz al atravesar de un medio a otro, por decir, las mismas se irán describiendo más adelante en la actividad experimental, que se desarrollará posteriormente.

Con el propósito de poder obtener no sólo cualidades o características particulares de la luz, se acude a la medición de ángulos, de distancias de la luz en relación al medio, etc. Además, considerando las actividades experimentales que realizó Isaac Newton, el referente de este trabajo de grado, para poder aclarar sobre ciertas dudas que se le presentaban, con aquello que él se imaginaba sobre la forma como sería la refracción de la luz, y cómo resultaba ser, según los resultados del experimento.

## 2-Se propone para el aula: Refracción de la luz en diferentes medios.

**Situación2:** Fenómeno de refracción con luz láser considerando los siguientes medios:

a-Aire.

b- Agua.

c-Aire- Agua.

d- Aire- Agua-Aire.

**Objetivo:** Observar la trayectoria de la luz láser al atravesar diferentes medios.

**Materiales:** Un frasco de vidrio. Agua en un recipiente. -Un láser - una hoja milimetrada-Una toallita de mano.

**Actividades:** Considerar: Mantener oscuro el lugar donde se lleva a cabo el experimento.

1-En primer lugar, se hace incidir la luz láser en el medio aire, se observa lo que ocurre con la trayectoria, se realiza una marcación donde se ve la luz refractada en la hoja milimetrada y se toma nota.

2- Llenar completamente con agua el frasco de vidrio. Luego hacer incidir la luz láser en el medio agua, para ello se debe acercar muy bien el láser al recipiente con agua y del otro lado la hoja milimetrada se debe apoyar lo suficiente al recipiente con agua y se observa lo que ocurre con la trayectoria de luz láser en el agua, se realiza una marcación donde se puede ver la luz refractada en la hoja milimetrada y se toma nota de lo que pasa.

3- Se debe separar un poco el láser del agua, donde se considera el medio aire, y seguir manteniendo apoyado al agua la hoja milimetrada, una vez que la luz láser pase por los medios aire y agua, se observa donde se ve la luz refractada en la hoja milimetrada y allí se marca y se toma nota.

4-Separar la hoja milimetrada del frasco de agua, creando así tres medios aire, agua y aire, se observa donde se ve la luz en la hoja milimetrada y se realiza la marcación

5-Por último, debes hacer las comparaciones entre los cuatro medios utilizados, en cuanto a las posiciones donde se ven la luz refractada en la hoja milimetrada.

**Preguntas:**

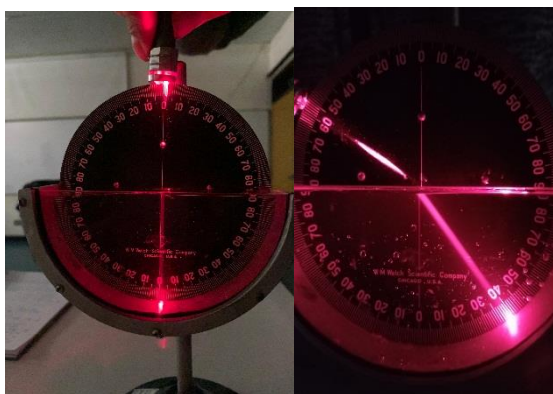
1- ¿En qué condiciones cambia la trayectoria de la luz láser?

2- ¿Esa luz refractada sigue una trayectoria rectilínea o se percibe desviación en su recorrido?

*Tabla 3.Propuesta de aula. Refracción de la luz en diferentes medios. Fuente: elaboración propia.*

### 3.2-Actividad Cuantitativa- Cubeta de Refracción con luz láser

En esta actividad experimental, se continúa trabajando con el fenómeno de la refracción de la luz utilizando una cubeta graduada o de refracción, en donde la mitad el medio considerado es aire y la otra mitad es agua, en donde se hace pasar la luz láser de un medio a otro, considerando el ángulo de incidencia y su correspondiente ángulo de refracción. Posteriormente se registran los datos obtenidos en una tabla.



*Ilustración 18. Refracción de la luz en cubeta graduada .Fuente: elaboración propia.*

En esta actividad experimental (Ilustración18), se pudo observar que, al ir variando el ángulo de incidencia, desde  $0^\circ$  al  $60^\circ$ , aumentó el ángulo de la refracción con el cambio de medio que se daba con la luz láser al atravesar del medio aire al medio agua, en ese sentido se presume que el ángulo con el cual incide la luz de un medio a otro, influye en la desviación que sufre la luz en el otro medio.

A continuación, se observa la tabla, de los registros realizados durante la actividad experimental.

|                      |           |            |            |            |            |            |            |
|----------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Ángulo de incidencia | $0^\circ$ | $10^\circ$ | $20^\circ$ | $30^\circ$ | $40^\circ$ | $50^\circ$ | $60^\circ$ |
| Ángulo de Refracción | $0^\circ$ | $5^\circ$  | $15^\circ$ | $20^\circ$ | $30^\circ$ | $35^\circ$ | $40^\circ$ |

*Tabla 4 Datos obtenidos en las mediciones. Fuente. elaboración propia.*

### 3-Se propone para el aula: Refracción de la luz en una cubeta graduada

#### **Situación 3:** Refracción de la luz- Actividad Cuantitativa.

##### **Cubeta de refracción con agua.**

**Objetivo:** Describir los cambios que ocurren con los ángulos incidentes y refractados al hacer incidir la luz láser del medio aire al medio agua.

**Materiales:** -Cubeta de refracción-Agua. -Luz láser tipo señalador-una hoja milimetrada-una toallita de mano

##### **Actividades:**

- 1-Colocar agua en la cubeta, hasta la superficie de separación de medios.
- 2-Apagar las luces para observar mejor los cambios en los ángulos que presenta la luz al atravesar del aire al agua.
- 3-Colocar la luz láser en cada uno de los ángulos considerados incidentes desde  $0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ$
- 4-Registrar los ángulos de refracción que se miden según cada uno de los ángulos incidentes en una tabla de valores

##### **Pregunta:**

- 1- Si aumentas el ángulo de incidencia, ¿qué ocurre con el ángulo de refracción?
- 2- si disminuyes el ángulo de incidencia, ¿qué ocurre con el ángulo de refracción?

**Observación:** En caso de que en la institución no se cuente con esta cubeta, se podrá construir con materiales más sencillos y de fácil acceso, como ser un plástico duro, una regla transportadora, un cuchillo para cortar, pegamento, etc.

*Tabla 5.Propuesta de aula. Refracción de la luz en una cubeta graduada. Fuente: elaboración propia.*

### 3.3-Recorrido de la luz

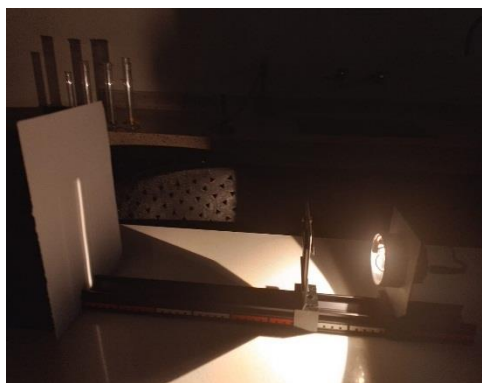
Esta actividad experimental se realiza con el propósito de observar si la luz que atraviesa por los diferentes tipos de diafragma, adquiere la forma de este (sea alargada, de una sola ranura, o de más de una ranura, o circular). Pues trayendo a memoria el experimento que realizó Isaac Newton,

cuando vio atravesar la luz por el orificio de la ventana, él mismo se sorprendió de ver en forma oblonga la mancha de luz en la pared, pues por la ley de la refracción él se imaginó que sería circular.



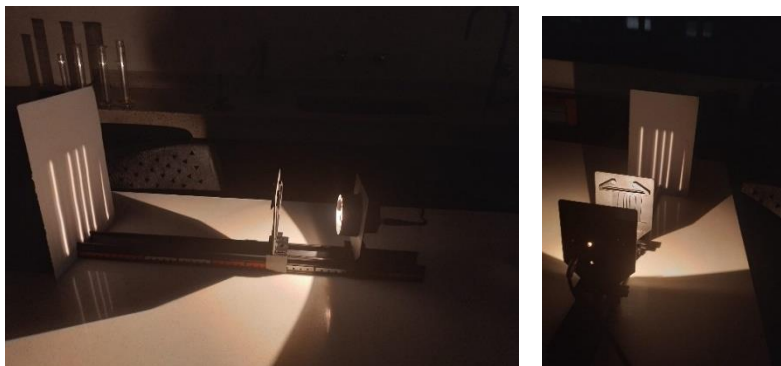
*Ilustración 19. Recorrido de la luz por diafragma de orificio menor. Fuente: elaboración propia.*

En ambas fotografías, se puede observar que, usando el diafragma de orificio menor, la luz que se propaga y se proyecta en la pantalla, tiene la misma forma del diafragma. Es decir, se ve la imagen del orificio en la pantalla.



*Ilustración 20. Recorrido de la luz por diafragma de una sola ranura Fuente: elaboración propia.*

En esta fotografía, se puede observar que, usando el diafragma de una sola ranura, la luz que se propaga y se proyecta en la pantalla tiene la misma forma del diafragma. Es decir, se ve la imagen de la luz en forma alargada y de una sola ranura en la pantalla.



*Ilustración 21. Recorrido de la luz por diafragma de varias ranuras. Fuente: elaboración propia.*

En las dos fotografías, se puede observar que, usando el diafragma de varias ranuras, la luz se propaga hasta la pantalla, y se proyecta con la misma forma del diafragma. Es decir, se ve la imagen de la luz con varias ranuras en la pantalla.

#### **4-Se propone para el aula: Refracción de la luz con diafragmas**

##### **Situación 4:** Trayectoria de la luz.

**Objetivo:** Describir la trayectoria de la luz utilizando varios diafragmas, sin el prisma.

**Materiales:** utiliza el mismo montaje que el de refracción de la luz, pero sin el prisma, cambiando los diafragmas.

**Actividades:** Cambiar los diafragmas, de orificio menor, de una sola ranura, de varias ranuras.

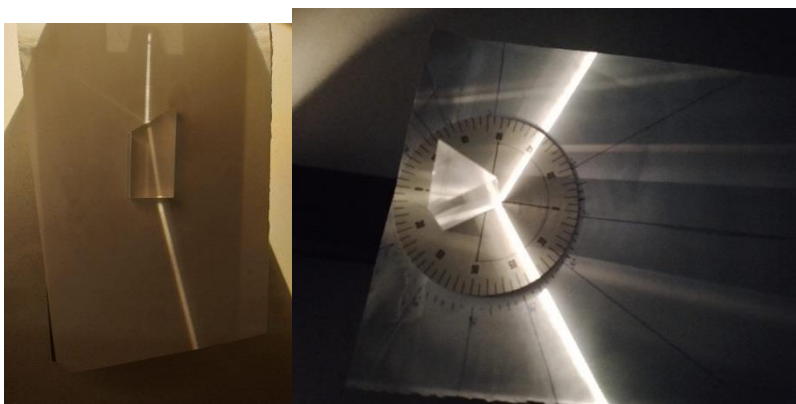
**Pregunta:** ¿Qué forma presenta la luz en la pantalla en relación a la forma del diafragma

**Observación:** En caso de no contar con los materiales de uso exclusivo en laboratorio, se podrá reemplazar por materiales alternativos, al alcance de los estudiantes

*Tabla 6 Propuesta de aula. Refracción de la luz con diafragmas. Fuente: elaboración propia.*

### 3.4-Actividades con prisma: Refracción de la luz

En esta actividad experimental, se hace incidir la luz a través del prisma, utilizando dos formas distintas de prisma la triangular y la trapezoidal, teniendo en cuenta el ángulo con al que incide (ingresa) la luz y con la que se refracta (sale) del prisma, para ello se recurre a la regla transportador de ángulo. Durante el procedimiento se pudo observar como la luz se desvía al entrar y al salir del prisma.



*Ilustración 22. Refracción de la luz con prismas triangular y trapezoidal. Fuente: elaboración propia.*

En estas fotografías se observan que la luz al atravesar los prismas, sea de la forma trapezoidal o la triangular, si la luz incide a través de una de las caras del prisma, no se ven los colores en la que se dispersan, como cuando la luz incide por medio de los vértices del prisma, eso también dependiendo del ángulo en la que se va considerando. Lo que se percibe dentro del prisma es una pequeña desviación de la luz, al pasar del medio aire al medio vidrio, y luego continúa de forma recta pero desviado un poco. Con esto se presume que, en la refracción de la luz, se producen cambios en la dirección de la luz, cuando pasa de un medio a otro.

#### 5- Se propone para el aula: Refracción de la luz con prismas.

**Situación 5:** Refracción de la luz con prisma triangular en distintos ángulos de incidencia

**Objetivo:** Analizar el recorrido que realiza la luz refractada al atravesar el prisma triangular.

**Materiales:** -1 Riel metálico-1 Lámpara de halógeno, 12V, 20W -1 Lente B -1 Soporte para diafragmas-1 Diafragma de 1 ranura-1 Mesa óptica-1 Prisma triangular

**Se requiere adicionalmente:** -1 Transformador 6V/12 V-1 Hoja de papel blanco-1 Regla transportador.

**Actividades:**

1-Colocar todos los componentes sobre el riel metálico.

2-Sobre la mesa Óptica colocar una hoja de papel y sobre el mismo colocar el prisma, se puede intercalar, primero la rectangular y después la triangular.

3-Enchufar la lámpara

4-Ir moviendo el prisma, a fin de buscar el mejor ángulo donde incida la luz y se pueda ver la luz refractada.

5-Observar la trayectoria de la luz dentro del prisma y al salir del prisma (Giesen & Schüller, 1998, pág. 113)

**Preguntas:**

1- ¿Qué puede decirse sobre la dirección de la luz incidente y la luz refractada en el prisma?

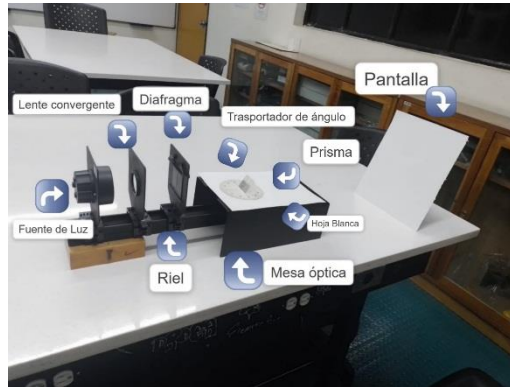
2- ¿Qué trayectoria sigue la luz?

**Observación:** En caso de no contar con algunos materiales de uso exclusivo en laboratorio se puede reemplazar por materiales alternativos.

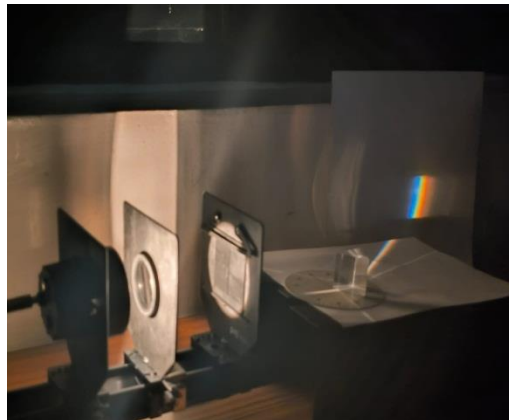
*Tabla 7. Propuesta de aula. Refracción de la luz con prismas. Fuente: elaboración propia.*

### **3.5-Actividad Cualitativa- Dispersión de la Luz**

En esta práctica experimental, se podrá observar la formación de los colores cuando la luz atraviesa por el prisma, en donde se podrán tener en cuenta algunas cualidades que hacen a los rayos de colores, como el orden en las que se dejan ver, la trayectoria en la que sigue cada rayo de color al salir del prisma. Es necesario ir tomando apuntes de todas las situaciones que se den durante las observaciones que se llevan a cabo durante el procedimiento.



*Ilustración 23. Montaje de los elementos ópticos de laboratorio. Fuente: elaboración propia.*



*Ilustración 24. Dispersión de la luz. Fuente: elaboración propia.*

En esta fotografía, se puede observar que la formación de colores se hace visible, sólo cuando el prisma se ubica de una manera particular respecto al lugar de incidencia de la luz. Entonces es necesario mover el prisma, de tal forma que la luz que procede de la lámpara, pueda dar en el vértice del prisma. Entonces se considera que no en todos los ángulos, se dejan ver los colores. Esto nos lleva a uno de los tantos experimentos que Isaac Newton realizaba en su habitación, cuando también movía el prisma, a fin de conseguir ver más colores que se formaban en la pantalla.

Dependiendo del ángulo en el que se ubica el prisma en relación a la luz incidente y los ángulos con los que salen cada uno de los rayos al atravesar el prisma, se podrán observar la distribución de los colores con más nitidez. En esta actividad experimental, se llegaron a percibir ciertos

colores, cuando uno de los vértices del prisma se ubicaba en  $20^\circ$  hasta los  $50^\circ$ , al ubicarse a los  $50^\circ$  se observan algunos colores (ver ilustración 23): el violeta, el azul, el amarillo, el naranja, el rojo.

Según el trabajo experimental planteado por Newton, la formación de los colores no es por alguna cualidad que posee el prisma, si no se debe a la predisposición de cada rayo en particular, al salir del prisma, que hace que sea más refrangible o menos refrangible en relación a ese cambio de medio, en la que según el orden en la que se ven los colores, se deduce que los menos refrangibles son los que se ven último y los más refrangibles ocupan el primer lugar del espectro de colores.

Es importante resaltar que la formación de la imagen de colores, se puede dar tanto con el prisma triangular, como con el trapezoidal, toda vez que la luz llegue al vértice, y teniendo en cuenta el ángulo con la cual incide y se refracta la luz para dejar ver los colores. Por otra parte, si se acerca mucho la pantalla a los rayos que se refractan, es probable que no se vean los colores, pero al alejar cierta distancia si permite una mejor visualización de los colores. Esto nos lleva nuevamente a pensar en el trabajo experimental de Newton, en donde él tuvo en cuenta tres condiciones para la dispersión de la luz, el orificio de diámetro menor en la ventana, por donde ingrese la cantidad de luz justa, la desviación mínima del prisma, por lo que él se pasaba moviendo y la distancia considerable entre el prisma y la pared para que se vea con mejor resolución esos colores.

## **6-Se propone para el aula: Fenómeno de la dispersión**

**Situación 6:** Dispersión de la luz mediante un prisma.

**Objetivo:** Analizar los efectos de la luz blanca al pasar por un prisma.

**Materiales:** -1 Riel metálico. -1 Lámpara de halógeno, 12 V/20W-1 Lente B.-1 Soporte para diafragmas. -1 Diafragma de 1 ranura.1 Mesa óptica. -1 Prisma triangular.

Se requiere adicionalmente:1 transformador6V/12V, 5 A.-1 hoja de papel blanco. -1 Regla.

**Actividades:**

- 1-Colocar todas las piezas en el Riel metálico.
- 2- Colocar una hoja de papel sobre la mesa óptica
- 3- Colocar el prisma sobre la hoja
- 4-Utilizar el diafragma de 1 ranura
- 5- Colocar la regla transportadora sobre la hoja.
- 6-Mover el prisma en diferentes ángulos de incidencia para ir mirando la dispersión de la luz.
- 7- Anotar las observaciones que resulta en el experimento. (Giesen & Schüller, 1998, pág. 121)

**Preguntas:**1- ¿Qué colores pueden verse en la luz refractada?

2- ¿Qué trayectoria siguen las luces que salen del prisma?

3- ¿Podrías mencionar el orden en la que se ven los colores al atravesar el prisma?

4- ¿Cuáles son las condiciones para ver más nítidos los colores?

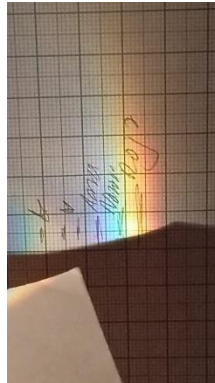
**Observación:** En caso de no contar con algunos materiales de uso exclusivo en laboratorio se puede reemplazar por materiales alternativos.

*Tabla 8.Propuesta de aula. Dispersión de la luz con prisma. Fuente: elaboración propia.*

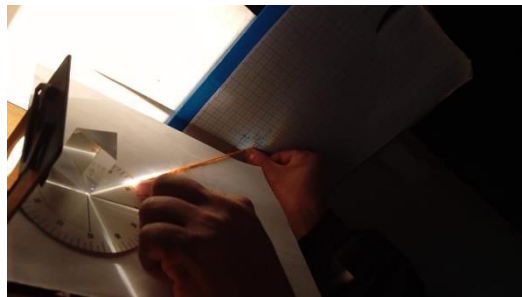
### 3.5- Actividad Cuantitativa- Dispersión de la luz.

En esta actividad experimental, ya se realizaron algunas mediciones de los colores (largo-ancho), y teniendo en cuenta los ángulos de incidencia y los índices de refracción de los medios se procede a realizar los cálculos para hallar los ángulos de refracción. Los datos obtenidos se registran en una tabla. Para poder medir el largo y el ancho de los colores se utilizó hilo, hoja milimetrada y regla de 30 cm, en este punto se resalta que Newton en sus experimentos realizaba mediciones, se

refería a figuras geométricas, forma oblonga, circular, consideraba distancias y ángulos, de manera que atribuía propiedades matemáticas a los fenómenos físicos, de allí se escucha decir la matematización de la Física, hoy día se expresa como lo cuantitativo.



*Ilustración 25. Hoja milimetrada, donde se proyecta los colores y se mide el ancho de cada color. Fuente: elaboración propia.*



*Ilustración 26. Mediciones tomadas. Fuente: elaboración propia.*



*Ilustración 27. Mediciones comparadas con la regla. Fuente: elaboración propia*

Esta actividad experimental, se realiza con el propósito de medir las dimensiones de los colores reflejados en la pantalla (el largo, el ancho), que se forman al atravesar la luz por el prisma. También se consideran los ángulos en los que se ubica el prisma para que se vea el efecto de la dispersión, para lo cual se va moviendo el prisma, sobre la regla transportador para dar cuenta de la ubicación del prisma respecto a la luz incidente marcando un ángulo. Otra medida que se puede realizar es el ángulo con el que sale cada color del prisma. Para esto se mide la longitud entre el punto de salida de la luz del prisma y la pantalla donde se proyecta cada color que se forma en la hoja milimetrada (se puede hacer con un hilo, ya que por ser flexible facilita la medición). Luego se comparan estas mediciones de longitudes obtenidas. Posteriormente se mide el ancho que ocupa cada color en la pantalla donde se proyectan, haciendo marcas en la hoja milimetrada, el espacio que deja ver cada color y se marca con un lápiz. Con una regla numerada de 30 cm, para saber la medida, y para medir el ancho se procede a marcar en la hoja milimetrada, el espacio que deja ver cada color y se marca con un lápiz.

A continuación se presentan los siguientes valores numéricos, registrados durante la medición realizada.

En 20° se comienza a ver un poco los colores, en 25° se sigue viendo un poco los colores, a partir de los 30° hasta los 50° se ve de forma más nítida y en mayor cantidad los colores.

| Colores  | Largo | Ancho |
|----------|-------|-------|
| Azul     | 24 cm | 5 mm  |
| Verde    | 25 cm | 4 mm  |
| Amarillo | 22 cm | 4 mm  |
| Naranja  | 23 cm | 3 mm  |
| Rojo     | 29 cm | 4 mm  |

*Tabla 9. Datos obtenidos de las longitudes (largo-ancho) de los colores. Fuente: elaboración propia.*

Una vez realizado los cálculos sobre los ángulos de refracción, se procede a llenar la tabla.

| Ángulo de incidencia. | Índice de refracción en el aire (constante). | Índice de refracción en el vidrio (constante). | Ángulo de refracción. |
|-----------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------|
| 20°                   | 1,00                                         | 1,5                                            | 13°10'48,51"          |
| 25°                   | 1,00                                         | 1,5                                            | 16°21'51,88"          |
| 30°                   | 1,00                                         | 1,5                                            | 19°28'16,39"          |
| 35°                   | 1,00                                         | 1,5                                            | 22°28'53,22"          |

| Ángulo de incidencia. | Índice de refracción en el aire (constante). | Índice de refracción en el vidrio (constante). | Ángulo de refracción. |
|-----------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------|
| 40°                   | 1,00                                         | 1,5                                            | 25°22'26,38"          |
| 45°                   | 1,00                                         | 1,5                                            | 28° 7'31,82"          |
| 50°                   | 1,00                                         | 1,5                                            | 30°42'36,79"          |

*Tabla 10. Datos de ángulos y constantes de índice de refracción. Fuente: elaboración propia.*

Relacionando con el trabajo experimental de Isaac Newton podemos deducir, que la luz no solo presenta cualidades, si no que también asume una condición cuantificable, de allí también Newton inició la matematización de los fenómenos físicos, donde ya hacía mención a la forma oblonga, orbicular, el orificio en la ventana, refiriéndose a figuras geométricas, los rayos de luz que el llamó más adelante rectas, introduciendo de esa forma términos propios de la matemática a entes físicos, además consideraba el grado de refrangibilidad de los rayos, es decir el ángulo de refracción entre uno y otro color, hacía referencia a la distancia entre el prisma y el orificio por donde ingresa la luz, la dimensión del orificio de la ventana, el grosor del prisma, entre otros, las cuales nos llevan a pensar que el fenómeno de la dispersión de la luz, como también de la refracción de la luz, no sólo pueden ser considerados en sus aspectos cualitativos, si no también cuantitativos.

Considerando que Isaac Newton se ha abocado a realizar experimentos sobre la refracción de la luz, debido a que, cuando él iniciaba la actividad experimental sobre la dispersión de la luz, y al ver como esa mancha de luz que atravesó cuando esperaba que fuese circular por la ley de la refracción. Desde allí el realizó diversos experimentos sobre la refracción de la luz, donde también empezó a relacionar los grados de refrangibilidad de los rayos de luz, es decir que cada rayo de luz que se refractaba al pasar por el prisma, tenía un ángulo de refracción distinto entre sí, por la que se podría hablar de rayos más refrangibles o menos refrangibles, al ser vistos sea en un extremo superior o inferior.

## **7. Se propone para el aula: Actividad cuantitativa del fenómeno de la dispersión de la luz**

**Situación 7:** Dispersión de la luz mediante un prisma-Actividad Cuantitativa

**Objetivo:** Determinar las dimensiones (largo-ancho) de las luces de colores al atravesar el prisma.

**Materiales:** Utiliza el mismo montaje que la situación 6

**Se requiere adicionalmente:** hilo, regla transportadora, regla de 30 cm, hoja milimetrada.

**Actividades:**

- 1-Colocar todas las piezas en el Riel metálico.
- 2- Colocar una hoja de papel sobre la mesa óptica.
- 3- Colocar el prisma sobre la hoja.
- 4- Colocar la regla transportadora sobre la hoja.
- 5- Mover el prisma en diferentes ángulos de incidencia para ir observando la dispersión de la luz.
- 6- Con el hilo realizar las mediciones desde donde se forma cada color hasta la hoja milimetrada, lo que corresponde al largo, y en la hoja milimetrada realizar las marcaciones de lo que es el ancho. (Giesen & Schüller, 1998, pág. 121)
- 7- Comparar la medida tomada con el hilo con la regla de 30 cm.
- 8-Anotar los datos obtenidos en una tabla.
- 9-Calcular los ángulos de refracción de cada color, conforme los datos obtenidos en las mediciones.
- 10-Elaborar conclusiones sobre la actividad experimental

**Observación:** En caso de que en la institución no se cuenten con los materiales de uso exclusivo en el laboratorio, se puede reemplazar por materiales alternativos.

*Tabla 11.Propuesta de aula .Actividad cuantitativa de la dispersión de la luz. Fuente: elaboración propia.*

Por otro lado, después de haber desarrollado las actividades experimentales en el laboratorio, sobre experimentos varios donde se trabajó la refracción de la luz, con diferentes materiales de la casa o que son fáciles de adquirir, (como: frasco, luz láser, entre otros); e incluso con materiales que se encontraban en el laboratorio, (como: la cubeta de refracción, prismas, lente convergente), se pudo trabajar diversas propuestas que han sido descritas en el capítulo anterior. Además, los profesores

Ayala, Malagón y Sandoval (2013), hace referencia a aspectos cualitativos y cuantitativos de la organización de la magnitud, en donde lo expresan de esta forma:

De hecho, toda magnitud tiene, entonces, un doble carácter. Por un lado, tiene un carácter cualitativo, en cuanto hace referencia a una cualidad del sistema considerado. Y, por otro, tiene un carácter cuantitativo puesto que la cualidad considerada es susceptible de ser pensada y detectada en grados o intensidades a la luz de un cierto procedimiento (Ayala Manrique, Malagón Sánchez, & Sandoval Osorio, 2013, pág. 133)

Con todo lo mencionado, las actividades experimentales desarrolladas en este trabajo de grado, se consideran como una especie de preparación del diseño experimental, como una propuesta para trabajar en el aula. El experimento sobre el fenómeno de la refracción como el de dispersión, se han desarrollado en dos enfoques distintos por un lado lo cualitativo, donde se consideraron aspectos que hacen a las cualidades del fenómeno, y por otra parte cuantitativamente, que se refiere a cantidades, como las medidas de ángulos, distancias, longitudes de luces;( sea de largo o su anchura), dimensiones de orificios, etc.

También se pudo notar en los artículos que trata sobre la actividad experimental de Newton que, a partir de él, lo que en principio era solamente las cualidades que se le atribuía al color, pasó a constituirse en cantidades, pues también se podría medir los ángulos de refracción, las dimensiones, por mencionar solo algunos. En ese sentido también se le atribuye a Newton la idea de matematizar los fenómenos físicos, es decir otorgar cantidades, números a fenomenologías que se abordan en las ciencias, específicamente en la Física, y esto no precisamente de que la Matemática se involucra en los asuntos de la Física, o que es una herramienta para solucionar alguna cuestión propia de la Física, sino que se relacionan y se complementan entre sí.

Por ello la propuesta de aula que se diseñó en este trabajo de grado, consiste en el diseño experimental, que se desarrolla en dos momentos, por un lado, la refracción de la luz, con el enfoque cualitativo, y por otro lado el enfoque cuantitativo; de la misma manera la dispersión de la luz utilizando tanto lo cualitativo como lo cuantitativo. De esa manera los estudiantes podrán describir e interpretar al fenómeno en estudio de forma más íntegra, produciendo un análisis más

crítico, más reflexivo y que promueva una mejor comprensión y profundización del objeto de estudio en cuestión.

Esta propuesta de aula, se podrá implementar posteriormente en el Paraguay, como una estrategia metodológica para poder dinamizar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física. La misma va dirigida a estudiantes del 2° curso del Bachillerato Técnico en todas sus modalidades y a estudiantes del 3° curso del Bachillerato Científico con sus diferentes énfasis.

Por último, se presentan, a modo de resumen, una tabla donde se consideran las actividades y los objetivos de la propuesta para el aula.

Resumen de propuesta para el aula.

| <b>Actividades.</b>                                                            | <b>Objetivos.</b>                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Refracción de la luz en medios transparentes-Actividad cualitativa.            | Describir cuáles son las condiciones que afectan lo que se observa a través de un medio transparente.                                  |
| Fenómeno de refracción con luz láser en varios medios.                         | Observar la trayectoria de la luz láser al atravesar diferentes medios.                                                                |
| Refracción de la luz-Actividad cuantitativa.                                   | Describir los cambios que ocurren con los ángulos incidentes y refractados al hacer incidir la luz láser del medio aire al medio agua. |
| Trayectoria de la luz.                                                         | Describir la trayectoria de la luz utilizando varios diafragmas sin el prisma.                                                         |
| Refracción de la luz con prisma triangular en distintos ángulos de incidencia. | Analizar el recorrido que realiza la luz refractada al atravesar el prisma triangular.                                                 |
| Dispersión de la luz mediante un prisma-Actividad cualitativa.                 | Analizar los efectos de la luz blanca al pasar por un prisma.                                                                          |
| Dispersión de la luz mediante un prisma-Actividad cuantitativa.                | Determinar las dimensiones (largo-ancho) de las luces de colores al atravesar el prisma.                                               |

*Tabla 12. Resumen para la propuesta de aula .Fuente: elaboración propia.*

## REFLEXIONES FINALES

Al ir llegando a la culminación de este trabajo de grado, se hace propicio recordar varios aspectos que se fueron dando durante su elaboración. Además de resaltar los elementos de orden teórico, metodológico, y experimental que ayudaron a ampliar ciertos conocimientos que se tiene sobre el mismo y sobre todo a profundizar en el estudio de la dispersión de la luz, un tema que analizando desde el punto de vista de un observador común se pensaría que es muy simple, sin embargo, resulta compleja si uno analiza detenidamente lo que implica esa construcción del fenómeno como tal.

En cuanto a la pregunta de investigación, y su correspondiente objetivo general: *¿Cuáles son los elementos que brindan la experimentación para el diseño de una propuesta de aula que aborde el fenómeno de la dispersión de la luz en la Educación media en el Paraguay?* Con la finalidad de conocer más sobre el tema de la dispersión de la luz y de profundizar en el estudio de este fenómeno, se acudió al trabajo experimental y teórico de Isaac Newton, constituyéndose en el referente histórico y disciplinar de este trabajo de grado, resultando ser de mucha ayuda, en cuanto a la contribución tanto teórica como metodológica que con sus investigaciones pudo brindar al conocimiento del autor de este trabajo de grado.

Además, se destacan los aportes de elementos, como el análisis de fenómenos como refracción de la luz y dispersión de la luz, sobre todo dando énfasis en la dispersión de la luz, como el objeto de estudio de este trabajo de grado. Por otra parte, estos elementos mencionados constituyen una contribución muy importante para el diseño de la propuesta de aula, que consiste en una guía de actividades experimentales, que será implementada en el aula con estudiantes de la Educación media en Paraguay. Se resalta que estos aportes no solo serán útiles para el abordaje de los fenómenos ópticos, sino que los mismos se consolidan como base para la formalización y profundización de otros fenómenos que se desarrollan dentro de la enseñanza de la Física, como ser los fenómenos mecánicos, térmicos, eléctricos, etc.

Por otra parte, es importante resaltar la actividad experimental llevada a cabo en el Laboratorio se concibe como un espacio de aprendizaje, de reflexión, de cuestionamientos y de análisis sobre

cada una de las prácticas que se fueron desarrollando. Con el fin de construir una propuesta de aula fue necesario que el maestro primeramente pase por la experiencia de trabajar la actividad experimental adquiriendo las habilidades, las destrezas y los procedimientos que implican este tipo de prácticas para poder guiar a los estudiantes en la implementación de la propuesta de aula. En este punto se resalta que esas actividades donde se abordaron el estudio tanto la refracción de la luz, como la dispersión de la luz, se realizaron, primeramente, con actividades de orden cualitativo, en donde se tuvieron en cuenta las cualidades, las características de cada fenómeno estudiado, entre las que se mencionan, los efectos de la luz al cambiar de medio, la formación de los colores que se observan en la pantalla, la cantidad de colores observados. Por otra parte, las de orden cuantitativo, donde ya se hicieron ciertas mediciones de ángulos, de distancias, las dimensiones que presentan las franjas de colores, etc.

Considerando las actividades experimentales en el laboratorio, se puede mencionar que se inicia con el fenómeno de la Refracción de la luz, con materiales que son fáciles de conseguir, como un frasco de vidrio transparente, un pedazo de papel, marcador, etc. En esa práctica experimental, cuyo objetivo fue describir cuales son las condiciones que afectan lo que se observa a través de un medio transparente, en las que se consideraron dos medios, frasco de vidrio con aire y frasco de vidrio con agua. Durante la práctica se pudo ver el comportamiento de la luz en ambos tipos de medios, en el aire no se notaban cambios de posición ni de tamaño de la flecha dibujada en el pedazo de papel; en cambio en el agua, se fueron notando cambios en cuanto al tamaño de la flecha, pero solo algunas curvaturas de la imagen de la flecha, la que también dependía de la posición desde donde el observador se colocaba para poder contemplar algún cambio., estas actividades trabajadas son consideradas dentro del orden de lo cualitativo, pues se tuvo en cuenta la observación, las descripciones de los hechos, cuestionamientos, entre otros.

En otra práctica experimental y continuando con el fenómeno de la Refracción de la luz, se estuvo trabajando con los medios mencionados en el experimento anterior, pero incorporando otro elemento, la luz láser, por un lado, se trabajaron por separado cada medio y por otro, se trabajaron juntos ambos medios, el objetivo de esta actividad consistía en analizar la trayectoria de la luz láser al atravesar diferentes medios. Allí se pudo notar que la luz láser presentaba un recorrido rectilíneo en el aire y en el agua, pero lo que llama la atención es que en el agua parecía estar quebrada , se

presume que por las características que presentan cada medio, la luz tiene velocidad diferente, por lo que se deduce que lo quebrado en el agua se debe a la desviación en su trayectoria, aunque también de acuerdo con el análisis que llevó a cabo Isaac Newton en su actividad experimental, él mismo expresa que cada rayo de luz se refracta de manera diferente al pasar de un medio a otro., esta actividad también fue dentro de lo cualitativo, en donde se concluye que cada medio presenta características físicas diferentes, lo que hace que afecte la trayectoria de la luz.

En la tercera actividad experimental, se siguió trabajando el fenómeno de la refracción, pero esta vez ya se ha dejado de lado lo cualitativo y se procedió a recoger datos numéricos, lo que corresponde a las mediciones de ángulos de incidencia, de refracción, la que se denomina como mirada cuantitativo; por lo que fue necesario el uso de la cubeta graduada o de refracción del laboratorio, pero que también se podrá construir con materiales alternativos, en la misma, se trabaja el siguiente objetivo, describir los cambios que ocurren con los ángulos incidentes y refractados al hacer incidir la luz láser del medio aire al medio agua. En esta práctica experimental, se pudo notar que el ángulo de incidencia y el ángulo de refracción solo coincidía en el  $0^\circ$ , no así en los demás valores, al ir aumentando el ángulo de incidencia, se veía que el ángulo de refracción disminuía, en algunos casos menos cinco grados incluso, (ver tabla1), se presume por el comportamiento de la luz al pasar de un medio a otro., en la que se llega a concluir que al pasar la luz del aire al agua, se ve como si estuviera quebrada, permitiendo esa diferencia entre el ángulo de incidencia con el de refracción.

En la cuarta actividad experimental, se procedió a utilizar un montaje sobre dispositivos ópticos que son parte del laboratorio, donde se puede citar riel, banco óptico, diafragmas de tres tipos; de una ranura, de orificio menor, de varias ranuras, lámpara, y una hoja que sirve de pantalla, donde se vea la imagen de la luz formada. Con esta actividad se desea conocer la trayectoria de la luz, en cuanto el objetivo que se persigue, describir la trayectoria de la luz utilizando varios diafragmas, sin el prisma. En esta actividad experimental, se pudo evidenciar el recorrido de la luz, al atravesar cada tipo de diafragma por vez, la cual resultó que la imagen de la luz tomaba la misma forma de los diafragmas, relacionando con el experimento que realizó Newton al retirar el prisma y solo considerando la luz que ingresa por el orificio de la ventana, pudo ver la mancha circular en la pared, es decir que en ese caso también esa luz tomó la forma de ese orificio. Se aclara que, si la

institución no cuenta con estos dispositivos de Óptica, se puede reemplazar por elementos alternativos, por decir en vez de la lámpara, una linterna, en vez de los diafragmas se pueden utilizar cartones para preparar las aberturas, o algún plástico que ya tenga alguna abertura.

En la quinta práctica experimental, se trabaja la siguiente situación Refracción de la luz con prisma triangular en distintos ángulos de incidencia, la misma presenta como objetivo analizar el recorrido que realiza la luz refractada al atravesar el prisma triangular. En esta práctica experimental se pudo notar la dirección de la luz antes de que ingrese al prisma, se mostraba recta, por otro lado, también la forma que dejaba ver la luz dentro del prisma, la cual era como si estuviese quebrada por la desviación en su trayectoria y al salir del prisma nuevamente se notaba rectilínea sin desviación, de esta manera se observa que en los medios aire y vidrio la luz tiene comportamiento distinto y se presume que es debido al índice de refracción, característico de cada medio.

En la sexta actividad experimental, se trabaja el tema principal de este trabajo de grado, la dispersión de la luz mediante un prisma, cuyo objetivo consiste en analizar los efectos de la luz blanca al pasar por un prisma. En esta práctica experimental las observaciones y descripciones del fenómeno se centraron en lo cualitativo, donde se pudo ver los colores de la luz refractada, la trayectoria que siguen las luces que salen del prisma, el orden en la que aparecen los colores, la disposición del prisma en relación a la luz que ingresa de la fuente, para que se puedan notar con más nitidez cada uno de los colores. A la dispersión de la luz, también se lo conoce como la descomposición de la luz blanca, pero para lograr que ocurra el fenómeno es necesario ir moviendo el prisma, pues dependiendo del ángulo en la que ingresa la luz en uno de los vértices del prisma se dejarán ver los colores, y esto a partir de los  $20^\circ$  hasta los  $50^\circ$ . Si la luz incide directamente en una de las caras del prisma tampoco se dejará ver los colores, por ello relacionando con el experimento que Newton realizaba nos pudimos dar cuenta que ya con él se cumplía esto de mover el prisma a fin de que se deje ver esos colores, lo que antes del estudio que hizo Newton se pensaba que era por las cualidades del prisma, pero luego con Newton fue refutada esa hipótesis, confirmando que era por una cualidad propia de cada rayo de luz, la cual presenta un mayor o menor grado de refracción, pero que Newton lo llamó refrangibilidad.

En la séptima y última actividad experimental, se continua con la dispersión de la luz, por lo tanto, el montaje que se utiliza es el mismo que se utilizó en la sexta, pero esta vez el análisis se hace desde lo cuantitativo, en donde el objetivo consiste en determinar las dimensiones (largo-ancho y el ángulo de refracción) de las luces de colores al atravesar el prisma. Para poder llevar a cabo los registros de datos obtenidos en las mediciones, elaboramos una tabla, en donde se tuvo en cuenta el color, el largo, que se pudo medir con hilo y comparar con una regla de 30 cm, para medir el ancho se utilizó la hoja milimetrada en la cual se fueron marcando las franjas de luces correspondientes a cada color que se dejaba ver, y de esa manera se fueron asentando las medidas, (ver Tabla 2). También se elaboró otra tabla con los respectivos ángulos de incidencia, índices de refracción del aire y del vidrio, que se consideran valores constantes para poder determinar los ángulos de refracción, aplicando la ecuación de Snell, y de esa forma completar los datos solicitados, (ver Tabla 3). Estas actividades experimentales descritas, en relación a los fenómenos refracción de la luz y dispersión de la luz, aportaron muchos conocimientos, elementos teóricos, metodológicos, en lo que hace al contexto pedagógico y didáctico de este trabajo de grado, y se constituye en un eje muy importante sobre el que se construye la propuesta de aula.

Finalmente se destaca, el trabajo experimental de Isaac Newton, el referente histórico y disciplinar de este trabajo de grado, que sentó las bases en el estudio de la dispersión de la luz, realizando ese trabajo minucioso, metódico, con un análisis muy detallista de cada una de sus observaciones, lo que le permitió construir teorías con argumentos sólidos dentro de las investigaciones que fue realizando, de esa manera logra constituirse en un físico- matemático muy reconocido en el campo de las ciencias, cuyas teorías, ecuaciones, explicaciones siguen vigentes hasta hoy día. El autor de este trabajo de grado, al seleccionar el tema del estudio de la dispersión de la luz, para llevar a cabo la profundización, fue muy beneficiado, logrando recibir como ganancia el afianzar sus conocimientos en el trabajo experimental de Newton, además recibir esa carga teórica que desarrolló para sustentar sus investigaciones. Por último, se menciona que el autor del trabajo de grado ha tomado el gran desafío de dejar su país, el Paraguay, al recibir los beneficios de una beca para estudiar la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales, en un país extranjero, como Colombia, a la que el Paraguay considera un país hermano, por aquel gesto humanitario, digno de recordar, en la que Colombia brindaba su apoyo total al Paraguay, después de aquel episodio bélico entre los tres países vecinos. En principio fue difícil el acostumbrarse a la convivencia, pero esa la

cultura tan rica, tan variada que tiene este país, tan bendecido con sus paisajes, su suelo, sus recursos hídricos, su enorme territorio y sobre todo la calidez de su gente, permitieron el rápido acostumbramiento, además de adecuarse a las formas como los Profesores fueron desarrollando sus clases, las metodologías que empleaban, las que en muchas ocasiones se constituyeron en barreras, que impedían avanzar dentro del programa, pero gracias al empeño del estudiante y la buena predisposición de cada docente y directivos de la Universidad Pedagógica Nacional ,se fueron superando cada una de las trabas, que en principio parecían obstáculos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldana Boada, M. C., & Hernández Sepúlveda, L. D. (2020). Explicaciones sobre la reflexión, refracción de la luz desde las experiencias de los estudiantes de grado undécimo. *Trabajo de grado especialización*. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, D.C.
- Aldana Boada, M. C., & Hernández Sepúlveda, L. D. (2021). Explicaciones sobre la luz, el color y la oscuridad. *Trabajo de grado maestría*. Universidad pedagógica Nacional, Bogotá, D.C.
- Ayala Manrique, M. M., Malagón Sánchez, J. F., & Sandoval Osorio, S. (enero-junio de 2013). La actividad experimental: construcción de fenomenologías y procesos de formalización. *Praxis Filosófica*(36), 119-138.
- Benítez de Bareiro, S. M. (2012). *Física 2º curso Educación Media y Técnica*. Asunción: Litocolor srl.
- De Giacomini de Silva, D. E., Bogado, M. J., Sena Ferreira, A., Benítez de Lezcano, D. B., Jiménez de Céspedes, C. M., & Adorno Gómez, J. J. (2017). *Física tercer curso- Educación Media*. Asunción: Atlas.
- Giesen, C., & Schüller, A. (1998). *STM-Física-Óptica-Óptica Geométrica*. Alemania: Leybold Didactic.
- Granés, J. (1988). *Newton y el empirismo. Una exploración de las relaciones entre sus concepciones del conocimiento del mundo*. Bogotá, D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Granés, J. (2001). *La gramática de una controversia científica: el debate alrededor de la teoría de Newton sobre los colores de la luz*. Bogotá, D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Laguardia de Benítez, E., Llano, Z., Palacios, N., Martínez, G., Alcaraz, D., Rivas, J. B., & Bergenthal, H. (2017). *Física y su DidácticaII*. Asunción: Ediciones Técnicas Paraguayas SRL.
- Marín Henao, N., Ospina Ramírez, L. A., & Tobón Cardona, E. (2010). Newton y la teoría del color: a propósito de la formalización de los fenómenos. *Trabajo de grado licenciatura*. Universidad de Antioquia, Medellín.
- Newton, I. (1671/2001). Sobre la óptica de los colores. En J. Granés, *Gramática de una controversia* (págs. 124-136). Bogotá, D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Ospina, L., Tobón, E., & Marín, N. (2010). Newton y la Teoría del color A Propósito de la formalización de los fenómenos. Medellín.
- Romero Chacón, Á. E. (2017). *La Experimentación en la clase de ciencias. Aportes para una enseñanza de las ciencias contextualizada con reflexiones metacientíficas*. Medellín: Universidad de Antioquia.

- Romero Chacón, Á. E., Aguilar Mosquera, Y., & Mejía Aristizábal, L. S. (2017). La naturaleza de las ciencias y formación de profesores. El caso de la experimentación. En Á. Romero Chacón, *La experimentación en la clase de ciencias. Aportes a una enseñanza de las ciencias contextualizada con reflexiones metacientíficas* (págs. 1-14). Medellín: Universidad de Antioquia.
- Tobón Cardona, É., & Romero Chacón, Á. (2017). Los análisis históricos y epistemológicos en la enseñanza de las ciencias. Una reflexión centrada en la experimentación sobre los fenómenos cromáticos. En Á. Romero Chacón, *La experimentación en la clase de ciencias. Aportes a una enseñanza de las ciencias contextualizada con reflexiones metacientíficas* (págs. 32-56). Medellín: Universidad de Antioquia.