

**EL FENÓMENO DE LA DISPERSIÓN DE LA LUZ: UN ESTUDIO  
REALIZADO AL PREGUNTARSE POR EL COLOR DEL CIELO**

**ADRIANA LUCIA PINEDA AVILA**

**LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL PARA  
LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
BOGOTÁ D.C  
2024**

**EL FENÓMENO DE LA DISPERSIÓN DE LA LUZ. UN ESTUDIO  
REALIZADO AL PREGUNTARSE POR EL COLOR DEL CIELO**

**ADRIANA LUCIA PINEDA AVILA**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
LICENCIADA EN FÍSICA**

**ASESORADO POR: FRANCIS MORENO OTERO**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
BOGOTÁ D.C  
2024**

## AGRADECIMIENTOS

*A mi madre y mi padre Martha y Fernando, quienes me han brindado mis mejores aprendizajes y las enseñanzas más valiosas de mi vida, ellos junto a mi pequeña hija son el motor que me mueven día a día y quienes ha hecho de mí la persona que soy hasta ahora. Quiero agradecerles principalmente su paciencia, amor, apoyo y sus palabras de aliento en todo momento, por acompañarme en los momentos de dificultad y luchar junto a mí para cumplir cada meta y sueño que me he propuesto.*

*A mí quienes me han apoyado y han creído incondicionalmente en mí, también me han ayudado a mejorar muchos aspectos personales*

*A mi novio Álvaro, por brindarme su paciencia y los mejores consejos en momentos difíciles, por darme su apoyo incondicional en las decisiones que tomo cada día, por su amor incondicional y acompañamiento durante este proceso.*

*Al profe Francis por su dedicación y paciencia, por orientar esta parte de mi proceso académico y enseñarme a ser mejor cada día, con sus consejos y su apoyo. Gracias a su acompañamiento, logro cumplir una de mis más grandes metas.*

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	5
<b>INDICE DE ECUACIONES</b> .....	5
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	5
<b>CAPÍTULO 1 - CONTEXTUALIZACIÓN</b> .....	8
<b>1.1 JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	8
<b>1.2 OBJETIVOS</b> .....	10
<b>1.2.1 General:</b> .....	10
<b>1.2.2 Específicos:</b> .....	10
<b>1.3 ANTECEDENTES</b> .....	10
<b>2.1 MARCO PEDAGÓGICO</b> .....	13
<b>2.1.1 La actividad experimental</b> .....	13
<b>2.1.1.1 La actividad experimental en ciencias</b> .....	15
<b>2.1.1.2 La actividad experimental en la ciencia escolar</b> .....	16
<b>2.1.2 Proceso enseñanza-aprendizaje en ciencias</b> .....	18
<b>2.2 MARCO DISCIPLINAR</b> .....	28
<b>2.2.1 Dispersión de la luz</b> .....	29
<b>2.3 MARCO METODOLÓGICO</b> .....	34
<b>2.3.1 Metodología de investigación</b> .....	34
<b>CAPÍTULO 3 – SECUENCIA DIDÁCTICA</b> .....	40
<b>3.1 Estructura de las secuencias didácticas</b> .....	41
<b>CAPÍTULO 4 –RESULTADOS Y ANÁLISIS</b> .....	46
<b>Primera sesión: Conociendo la trayectoria de la luz</b> .....	46
<b>Segunda sesión: Viendo los colores del cielo</b> .....	51
<b>Tercera sesión: ¿Y ahora comprendes el por qué del color del cielo?</b> .....	54
<b>CONCLUSIONES</b> .....	59
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	61
<b>ANEXOS</b> .....	64

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: TRIANGULO COGNITIVO, ELABORACIÓN PROPIA _____	18
FIGURA 2: ENFOQUE SUPERFICIAL DEL APRENDIZAJE, ELABORACIÓN PROPIA _____	20
FIGURA 3: ENFOQUE PROFUNDO DE APRENDIZAJE, ELABORACIÓN PROPIA _____	21
FIGURA 4: CÍRCULO VICIOSO DEL ENFOQUE SUPERFICIAL, ADAPTADO DE SOLER, CÁRDENAS Y HERNÁNDEZ_	22
FIGURA 5: CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIANTE EN EL ENFOQUE SUPERFICIAL, ELABORACIÓN PROPIA _____	23
FIGURA 6: CÍRCULO VIRTUOSO DEL ENFOQUE PROFUNDO, ADAPTADO DE SOLER, CÁRDENAS Y HERNÁNDEZ	24
FIGURA 7: CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIANTE EN EL ENFOQUE PROFUNDO, ELABORACIÓN PROPIA _____	25
FIGURA 8: ENFOQUE DE ENSEÑANZA POR TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN, ELABORACIÓN PROPIA _____	27
FIGURA 9: ENFOQUE DE ENSEÑANZA PARA EL CAMBIO CONCEPTUAL, ELABORACIÓN PROPIA _____	28
FIGURA 10: ELABORACIÓN PROPIA, TOMADA DE KERKER MILTON (1968) _____	30
FIGURA 11: ELABORACIÓN PROPIA, TOMADA DE KERKER MILTON (1968) _____	31
FIGURA 12: FORMULARIO SECUENCIA DIDÁCTICA _____	47
FIGURA 13: PORTADA PORTAFOLIO DE EVIDENCIAS _____	48
FIGURA 14: OBSERVACIONES PRIMER EXPERIMENTO _____	49
FIGURA 15: EXPERIMENTO “LIBRE” _____	52
FIGURA 16: ANÁLISIS DE ESTUDIANTES _____	53
FIGURA 17: CONCLUSIONES DE LOS ESTUDIANTES _____	56

## INDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1 _____	30
ECUACIÓN 2 _____	31
ECUACIÓN 3 _____	31
ECUACIÓN 4 _____	32
ECUACIÓN 5 _____	32
ECUACIÓN 6 _____	32
ECUACIÓN 7 _____	32
ECUACIÓN 8 _____	33
ECUACIÓN 9 _____	33
ECUACIÓN 10 _____	33

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1: SÍNTESIS DE LA PRIMERA SESIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA.....	43
TABLA 2: SÍNTESIS DE LA SEGUNDA SESIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA.....	44
TABLA 3: SÍNTESIS DE LA TERCERA SESIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA.....	45

## INTRODUCCIÓN

La física tiene muchas ramas de estudio, una de ellas es la óptica, dedicada a la comprensión de la naturaleza de la luz, sus propiedades, comportamientos y aplicaciones.

Hasta la mitad del siglo XVII se consideraba en general que la luz consistía en una corriente de corpúsculos, los cuales eran emitidos por focos luminosos, como lo son el Sol o la llama de una vela, y que estos viajaban en línea recta llegando a penetrar las sustancias transparentes y reflejándose en las superficies opacas, finalmente cuando estos llegaban al ojo excitaban el sentido de la vista.

Si bien la mayoría de los investigadores en el campo de la óptica de la época aceptaban la teoría corpuscular, se estaba comenzando a considerar la luz como un movimiento ondulatorio, la cual fue demostrada en 1670 por Christian Huygens quien afirmó que las leyes de la reflexión y la refracción podían ser explicadas basándose en la teoría ondulatoria, sin embargo, se objetaba que si la luz era un movimiento ondulatorio debería poderse ver detrás de las esquinas, puesto que la trayectoria de una onda puede doblar los obstáculos. Si bien este hecho es real, no es visible a simple vista, esto fue observado por Grimaldi en 1665 y es conocido como el fenómeno de difracción, que para aquel entonces no fue comprendido por la comunidad científica.

Hasta 1827 los experimentos de Thomas Young y Augustin Fresnel permitieron demostrar la interferencia y la toma de medidas de la velocidad de la luz en los líquidos, y la existencia de fenómenos ópticos para cuya explicación resultaba inadecuada una teoría corpuscular.

Con lo expuesto, se puede realizar una clasificación de la óptica que según Efraín Hernández (2017) se organiza de la siguiente forma, en primera instancia se encuentra la óptica geométrica en donde se estudian fenómenos como lo son la reflexión, la refracción y la absorción de la luz, los cuales se caracterizan porque describen una trayectoria rectilínea de la luz, considerando que todos los objetos emiten rayos luminosos rectos y de forma radial; en segundo lugar, la óptica física en la cual también se estudian fenómenos como la polarización, la difracción, la dispersión y la interferencia de la luz, estos se enfocan en el análisis de la teoría ondulatoria de la luz. Finalmente, en la óptica electrónica se estudia la

interacción entre la materia y la luz, acá se trata a la luz desde aspectos cuánticos donde presenta características de onda y de partícula al mismo tiempo.

En relación con lo anterior, es posible apreciar que a lo largo de la historia se ha realizado un trabajo juicioso en entender la naturaleza de la luz, especialmente en su parte geométrica, dejando de lado su parte física y electrónica, que si bien son aspectos relativamente nuevos de la luz, son pocos los científicos que se han dedicado al estudio de los mismos, es por esto que nace el interés de realizar una investigación acerca del fenómeno de dispersión de la luz y como este se puede llevar a la escuela respondiendo preguntas desde acontecimientos cotidianos como **¿Por qué el cielo es azul?**

Para acercarnos a responder la pregunta anterior, la presente investigación se encuentra organizada en cuatro capítulos, estructurados de la siguiente manera: en el primer capítulo, se presenta la importancia y el por qué de realizar esta investigación y los objetivos que van a guiar este trabajo.

El capítulo dos, muestra el marco referencial que se empleará para dar fundamento a esta investigación y se encuentra organizado así: en primera medida un marco pedagógico el cual presenta la actividad experimental como herramienta para la enseñanza de las ciencias y el proceso enseñanza-aprendizaje en ciencias donde se muestran los distintos enfoques tanto de enseñanza como de aprendizaje y la perspectiva más favorable para llevar al aula, en un segundo momento se encuentra el marco disciplinar, el cual presenta la formalización matemática del fenómeno de la dispersión de la luz y la interpretación de la misma, finalmente, se encuentra el marco metodológico donde se describe la metodología implementada tanto en el documento como en el aula de clase.

En el tercer capítulo, se presenta la estructura y qué es una secuencia didáctica, instrumento empleado en la implementación realizada en el aula de clase, el último capítulo muestra los resultados y análisis que se realizó de los mismos.

Finalmente se presentan las conclusiones en donde se resalta la importancia de llevar al aula de clases, tareas que involucren las actividades experimentales ya que estas generan un aporte significativo al proceso enseñanza-aprendizaje.

# CAPÍTULO 1 - CONTEXTUALIZACIÓN

## 1.1 JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A lo largo de la historia, la física ha buscado establecer explicaciones que ayuden a comprender los fenómenos naturales que apreciamos en la vida cotidiana, entre ellos, la luz que se propaga a través de la materia o el vacío y que permite estudiar fenómenos ópticos en los que se encuentran la reflexión, la difracción, la refracción, la dispersión y la difusión de la luz.

Actualmente, las escuelas colombianas se rigen por los estándares de competencias básicas que presenta el Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2004) los cuales son criterios que establecen los niveles básicos de calidad de la educación a los que tienen derecho los niños y los jóvenes, buscando que al finalizar un curso sean capaces de saber y saber hacer, a esto se llega por medio de unas competencias básicas de pensamiento y producción que el estudiante debe realizar. En los estándares básicos de ciencias naturales y ciencias sociales se encuentra una categoría que se denomina “entorno físico” en donde se presentan los contenidos que se relacionan con la física, en dicho apartado para los cursos de décimo a undécimo no se presenta un logro relacionado con la naturaleza de la luz, sin embargo, se cuenta con un logro con el que se busca que el estudiante relacione la información que recopila en sus investigaciones con los datos de sus experimentos o simulaciones.

Las escuelas al regirse con los estándares de competencias básicas buscan brindar a los estudiantes un conjunto de conocimientos que les permitan tener una educación de calidad (MEN, 2006), sin embargo, no quiere decir que solo se debe enseñar lo que los estándares indican, puesto que en áreas como las ciencias se necesita profundizar en otros contenidos que le permitan al estudiante comprender y entender fenómenos físicos presentes en su diario vivir.

Por ejemplo, en las instituciones educativas a menudo se estudian los fenómenos que corresponden a la óptica geométrica en los que se encuentran la reflexión y la refracción de la luz dejando de lado otros fenómenos, que aunque no se estudian con regularidad, son los responsables de propiciar descripciones o explicaciones a observaciones como que el cielo se vea azul, que podamos apreciar los colores del arco iris, que el mar se vea azul, entre

muchos otros fenómenos ópticos que apreciamos en la vida diaria y sobre las cuales las niñas y niños hacen sus primeras preguntas de observación general ¿Por qué el cielo o el mar son azules? Preguntas que habitualmente se dejan sin respuesta pero que pueden tener una solución constituida en los procesos de enseñanza de la física o de las ciencias naturales, y que pueden ser abordadas como objeto de estudio en el aula de clase.

Por lo anterior, esta propuesta quiere abordar el fenómeno de la dispersión de la luz, sus características y dónde se puede apreciar este fenómeno, y así reconocer si el proceso enseñanza-aprendizaje del fenómeno de la dispersión de la luz puede ser fortalecido por medio de actividades experimentales.

Para dar una posible respuesta a lo discutido se propone indagar *¿Cómo las actividades experimentales pueden aportar al proceso enseñanza-aprendizaje del fenómeno de la dispersión de la luz en estudiantes de grado décimo de la Institución Educativa Bosa Nova?*

La dispersión de la luz es un fenómeno óptico que no es estudiado con frecuencia en las escuelas, por lo que surge la posibilidad de enseñar este fenómeno empleando la experimentación como eje principal para llevar a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje. Para generar una propuesta de enseñanza al respecto, es necesario responder a diversos cuestionamientos: ¿Qué características presenta el fenómeno de la dispersión de la luz?, ¿Dónde se puede apreciar el fenómeno?, ¿Qué herramientas didácticas surgen a partir de la experimentación del fenómeno?, ¿Qué ideas o razonamientos desarrollan los estudiantes respecto a este campo de estudio? Se requiere responder a estas preguntas con el fin de diseñar una propuesta experimental para realizar el estudio del fenómeno de la dispersión de la luz para la enseñanza-aprendizaje de este. Al implementar la propuesta se espera dar características sobre cómo las actividades experimentales pueden aportar al proceso enseñanza-aprendizaje.

Esta investigación busca generar un impacto en la institución educativa Bosa Nova con el fin que el estudiante por medio de la experimentación conozca y comprenda cómo se dispersa la luz, en qué condiciones y cuáles son sus efectos. Desde aquí surgen los objetivos que se buscan cumplir a lo largo de la investigación.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 General:**

- Analizar el aporte de las actividades experimentales en el proceso enseñanza-aprendizaje del fenómeno de la dispersión de la luz a partir de las reflexiones sobre el por qué el cielo es azul con estudiantes de grado décimo de la Institución Educativa Bosa Nova.

### **1.2.2 Específicos:**

- Caracterizar el fenómeno de la dispersión de la luz por medio de los estudios realizados por John Tyndall y John William Strutt
- Diseñar una secuencia didáctica con enfoque experimental para la enseñanza de la dispersión de la luz, buscando responder al por qué del color del cielo.
- Implementar la secuencia didáctica con jóvenes de grado decimo del colegio Bosa Nova, considerando el aporte de las actividades experimentales al hacer a los estudiantes partícipes de la construcción de su propio conocimiento.
- Analizar las reflexiones realizadas por los estudiantes acerca del por qué el cielo es azul y la comprensión del fenómeno de la dispersión de la luz.

## **1.3 ANTECEDENTES**

En este apartado se presenta una recopilación de artículos y trabajos de grado los cuales guardan relación con el tema de investigación, sin embargo, los trabajos en los que se aborda la enseñanza del fenómeno de la dispersión de la luz son pocos, por lo cual también se justifica la importancia de hacer el estudio al respecto.

Indagando sobre la temática, diferentes autores han identificado el fenómeno de la dispersión de la luz como un problema de estudio que se puede abordar bajo diferentes perspectivas, por ejemplo, el autor Cesteros Luis en su artículo “La difusión de la luz y su aplicación al estudio de las macromoléculas de la Universidad de País Vasco” (1994), presenta la difusión de la luz como las técnicas más versátiles para estudiar las propiedades de las macromoléculas, ya que se pueden asimilar como dipolos eléctricos oscilantes y como tales emitirán radiación electromagnética en todas las direcciones del espacio y este es el fenómeno de la difusión de la luz, a partir de la lectura del artículo se conoció la relación de Rayleigh para la dispersión de la luz la cual nos da una mirada más amplia en cuanto a la forma matemática del fenómeno,

de igual manera el artículo presenta la diferencia entre el fenómeno de la dispersión de la luz, el cual hace referencia a cuando un cuerpo tiene una alta concentración y pasa a una baja concentración lo que ocasionara que terminen por ir en direcciones aleatorias donde los enlaces no se rompen, y la difusión de la luz, es el proceso inverso a la fusión en donde las partículas, átomos y moléculas vuelven a ser partes independiente para este caso los enlaces se deben romper y por ende requiere energía. Este artículo fue clave para decidir el tema de trabajo de grado.

Por otro lado, El autor Strutt John Rayleigh en los Scientific Papers (1842) señala que la dispersión de la luz solar en la atmosfera es la principal razón de que el cielo se vea azul y que se dé la polarización de las partículas. Para abordar el problema de la luz y sus características, como lo son la longitud de onda, intensidad y frecuencia, entre otras, se tomará la teoría electromagnética, la cual describe las características propias de la luz. Como es de conocimiento en la naturaleza se encuentran presentes fenómenos tales como la reflexión, refracción, difusión, dispersión, entre muchos otros que han sido estudiados por diferentes físicos. Para el caso de la dispersión de la luz Lord Rayleigh presenta la dispersión de Rayleigh que se da cuando la luz visible posee partículas más pequeñas que la longitud de onda de los fotones dispersados, este fenómeno ocurre en sólidos, fluidos transparentes o gases; para este caso, analizar los documentos de Rayleigh es de importancia ya que se busca comprender el comportamiento electromagnético de la luz haciendo énfasis en cambios directos de las características de la luz dependiendo el medio por el cual incida.

Otro referente de esta investigación es el autor Miguel Lindberg en su tesis de la universidad Umea de Suecia (2020) sobre ¿Qué tan azul es el cielo? Muestra como desde la época de la ilustración un científico y explorador llamado Benedict de Saussure se interesó por investigar qué tan azul es el cielo, cuando inicio su investigación decidió escalar los Alpes y pudo notar que a mayor altura el azul del cielo se oscurecía siendo un azul más intenso, para poder registrar los diferentes tonos de azul que tenía el cielo, invento un instrumento llamado Cianómetro<sup>1</sup> con el cual era posible registrar cuan azul era el cielo cuando se estaba en la cima de los montes. Esta tesis es importante ya que muestra el inicio del estudio del fenómeno óptico de la dispersión de la luz y un instrumento que puede ayudar a realizar mediciones del

---

<sup>1</sup> Artefacto creado por Horace-Benédicte de Saussure para medir la intensidad del azul del cielo en el año 1789, es un artefacto circular que contiene 52 tonos de azul con sus respectivos grados los cuales comienzan en el blanco y terminan en el negro.

color del cielo, es importante, dado que aporta al conocimiento de las características del fenómeno de interés para esta investigación.

Diferentes autores han identificado el experimento como un problema de estudio que se puede abordar desde diferentes perspectivas. Por ejemplo, autores como Hernández Angie de la Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá, en su trabajo de grado titulado “El experimento y el software educativo como una herramienta para la enseñanza-aprendizaje del efecto Doppler” (2015), resalta que la practica hace al científico, por ende considera que el experimento genera conocimientos para comprender los fenómenos y elementos conocidos y de igual forma impulsar la generación de nuevas teorías, teniendo esto presente considera que es lo que se debe hacer en el aula de clase donde se busque generar en el estudiante el interés por superar sus límites y no solo ser un recipiente en el que el maestro deposita conocimientos. Cambiar las dinámicas del aula ayudará al estudiante a incrementar su curiosidad y no solo hacer investigación dentro de la institución sino llevarla a otros territorios, por otro lado, el maestro debe generar métodos que no sean monótonos, que generen interés y es en este momento en el que entra el experimento como herramienta innovadora que permite generar conocimiento haciendo énfasis en la construcción conceptual desde el mismo y el aumento de conocimientos del estudiante. Este punto de vista es interesante porque es a partir de esta perspectiva desde la cual se abordará la experimentación a lo largo de este trabajo de grado.

Seguido a esto, Kemal Yurumezoglu y Ays Oguz-Unver en su artículo “Una sugerencia para un experimento que integra la enseñanza de la ciencia con la vida cotidiana. ¿por qué los mares son azules?” muestran como desde una pregunta que los niños pueden realizar en la escuela puede realizarse todo un trabajo en el aula que muestre a los estudiantes cómo la ciencia está relacionada con la vida cotidiana, este es un artículo interesante porque pone en evidencia que si se puede relacionar la ciencia con la vida diaria que es lo que se quiere realizar en este proyecto y desde este artículo se evidencia que se pueden incluir los estudiantes en la realización de experimentos “fáciles” pero que no pierden el sentido de la ciencia.

Otro autor como lo es Reyes Fabian en su trabajo de grado “Propuesta didáctica para la enseñanza de la óptica geométrica, con situaciones cotidianas del estudiante de undécimo grado de la Universidad Nacional de Colombia” (2015), propone generar una unidad

didáctica para la enseñanza-aprendizaje de la óptica geométrica, la cual tiene como finalidad acercar a los estudiantes a la temática por medio de situaciones que los estudiantes puedan apreciar en su diario vivir debido a que los estudiantes de grado undécimo presentan problemas para la contextualización de los conceptos aprendidos en las clases de óptica. Es importante esta tesis ya que presenta una forma de llevar la óptica a la escuela mediante situaciones cotidianas, pero también deja ver que en algunas instituciones educativas los fenómenos de la luz que más se estudian son los relacionados con la óptica geométrica. De esto se evidencia que los autores antes mencionados presentan bases importantes para la realización de este trabajo y son aspectos pertinentes para esta propuesta.

## **CAPÍTULO 2 – MARCO REFERENCIAL**

### **2.1 MARCO PEDAGÓGICO**

Este apartado presenta los componentes pedagógicos claves para llevar a cabo esta investigación, con los que la autora fundamentará la secuencia didáctica que será llevada al aula de clase, para resaltar que sí es pertinente enseñar la física utilizando propuestas diferentes.

#### **2.1.1 La actividad experimental**

La actividad científica se puede llevar a cabo por medio de la filosofía experimental que como lo mencionan Ferreirós y Ordoñez (2002) se encuentra dotada de filosofía (técnica, teorización, argumentación) y experimento (técnica, manipulación, observación), con lo que se puede considerar que el teoreticismo<sup>2</sup> reduce la riqueza y la complejidad del proceder científico a un asunto meramente de construcción conceptual.

A lo largo de la historia, los antiguos filósofos naturales emplearon el teoreticismo como enfoque de muchos de sus trabajos, como lo fueron Mach, Boltzmann o Einstein, sin embargo, algunos fueron grandes experimentalistas que evitaban las discusiones tanto

---

<sup>2</sup> Corriente filosófica que sostiene que el conocimiento y la verdad se alcanzan principalmente a través de la teoría y la reflexión, y no a través de la experimentación o la observación empírica. (Bueno, 1995)

metodológicas como epistemológicas de la actividad experimental, lo que deja ver que las construcciones teóricas de la época tuvieron de base grandes experimentos.

Ian Hacking (1983) en su libro “Representar e Intervenir” menciona dos aspectos importantes que permiten llegar a conocer la importancia de la experimentación, como de la teoría, no obstante, esto implicara generar un lenguaje apropiado para referirse a lo que observa, generar variables, entre otras cosas. Teniendo esto claro se podrá llegar a la generalización de teorías que posiblemente se formalizaron por medio de la actividad experimental y luego de forma teórica o viceversa, ya que como lo mencionan Ferreirós y Ordoñez (2002) la ciencia es filosofía y técnica, y no podría sobrevivir sin la riqueza que le otorga la interacción entre ambas dimensiones.

Con estas grandes ideas de lo que sería la actividad experimental se puede generalizar que es un conjunto de teoría y experimentación que va a ayudar al desarrollo del pensamiento científico, como señala Pickering (1989) existen tres elementos estructurales importantes que son: tomado de Ferreirós y Ordoñez (2002)

- El procedimiento material: Se refiere a acciones llevadas a cabo en el mundo material, entendiéndolo como todo lo tangible y físico que se puede percibir por medio de los sentidos, en lo relacionado a la experimentación se refiere a las herramientas, maquinarias y dispositivos utilizados para llevar a cabo la actividad experimental; para la disposición y el control de dispositivos con el fin de lograr un funcionamiento apropiado.
- El modelo instrumental: Expresar la comprensión conceptual del funcionamiento del aparato por parte del experimentador que es fundamental para el diseño, realización e interpretación del experimento.
- El modelo fenoménico: Es la comprensión conceptual de los aspectos del mundo fenoménico (percepción subjetiva que se tienen en un experimento) que están siendo estudiados, de no tener en cuenta este aspecto los resultados carecerían de sentido y significación y no se podrían interpretar.

Con los tres elementos anteriormente presentados, se puede ultimar que la actividad experimental es un conjunto donde está incluido tanto lo teórico como lo experimental, ya que si se deja de lado uno de estos elementos no será posible llegar al reconocimiento de un

fenómeno tanto de forma observacional como de forma teórica, ahora bien, la actividad experimental es posible encontrarla en muchas áreas de estudio sin embargo, para el caso se estudiará en un área en específico como lo son las ciencias.

### **2.1.1.1 La actividad experimental en ciencias**

A lo largo de la historia de las ciencias el papel verificador de los experimentos ha sido el preferido por los científicos, como afirman Koponen y Mantyla (2006) “*la prueba de todo conocimiento es el experimento, es el único juez de la verdad científica*”, pero a finales del siglo XIX, hubo un cambio hacia los puntos de vista hipotético – deductivo de la ciencia y esto dejó ver que lo anteriormente mencionado no es el único papel que juega la actividad experimental, en la ciencia juega otros papeles como lo son:

- Comprobador de teorías
- Exigir nuevas teorías
- Dar pistas sobre la estructura o la forma matemática de una teoría
- Evidencia de las entidades involucradas en la teoría

Al reconocer los varios papeles que puede desempeñar la actividad experimental en ciencias se puede afirmar que la ciencia es falible que no siempre va a dar resultados claros y que el conocimiento científico puede basarse razonablemente en los resultados experimentales (Franklin, 1999)

Otro aspecto importante de la actividad experimental lo menciona Ian Hacking (1983) quien define el intervenir como todo aquello que está relacionado con la parte experimental y observacional de la ciencia y el representar con la concepción conjunta que se tiene de razón y realidad.

Por otro lado, la actividad experimental en ciencias busca comprender o conocer fenómenos naturales por medio de la experimentación; Que se pueden realizar teniendo unas condiciones ya establecidas, que hace referencia a lo que se ha realizado teóricamente, o sin tener unos parámetros definidos y simplemente poner a prueba por medio de la experimentación y de esta manera obtener distintos resultados.

### **2.1.1.2 La actividad experimental en la ciencia escolar**

La actividad científica para el Ministerio de Educación Nacional (MEN) está dada principalmente por un proceso continuo de formulación de hipótesis y diseño de trayectorias investigativas para su constatación, con un objetivo principal que es la búsqueda rigurosa de explicaciones y comprensiones alternativas a las dadas hasta el momento (MEN, 2006). Teniendo en cuenta la definición del MEN se puede evidenciar que la actividad científica se encuentra ligada, aunque no estrechamente, con la actividad experimental, ya que la experimentación es un papel esencial en ciencias dado que a través de este medio se pueden generar hipótesis o teorías que expliquen diferentes fenómenos.

Entiéndase el fenómeno como lo que aparece frente a una conciencia, que como lo mencionan Husserl y Heidegger el fenómeno requiere alguien ante quien aparecer, de manera análoga sucede en la escuela ya que el maestro y el estudiante poseen esa conciencia que por medio de su estructura mental, psicológica, personal, etc. les permite contribuir al campo fenomenológico; de igual manera, es de aclarar que el fenómeno no es estático ya que puede cambiar respecto a la conciencia, si la conciencia cambia el fenómeno cambia. (Malagón Sánchez, Ayala Manrique, & Sandoval Osorio, 2013)

En la escuela, es una herramienta bastante útil para la enseñanza y el aprendizaje en cualquier área del conocimiento, especialmente a la hora de enseñar ciencias puesto que se busca orientar al estudiante en el desarrollo del razonamiento y su capacidad de análisis, sin embargo, esto no es posible por medio de un proceso enseñanza – aprendizaje pasivo, por el contrario es más posible obtenerlo si se expone al niño o al joven a experiencias que sean novedosas y difíciles lo que ayudaría a aumentar su conocimiento intelectual (Arce Urbina, 2002).

Para dejar de lado la enseñanza – aprendizaje de forma pasiva, es posible implementar una enseñanza desde la perspectiva experimental (Arce Urbina, 2002), desde las cuales se pretende conducir al estudiante al desarrollo del pensamiento científico, el cual va a nacer desde la curiosidad por conocer y comprender actividades contextualizadas, que estarán relacionadas con la vida cotidiana, lo que conocen, lo que pueden ver, manipular y experimentar, que son aspectos importantes para el proceso enseñanza y aprendizaje de las ciencias puesto que tienen como objetivo plantear trabajos prácticos de laboratorio de forma

que tanto el diseño como la experimentación queden integrados dentro de una investigación de interés (Carrascosa, Gil Pérez, Vilches, & Valdés, 2006).

No obstante, la forma en la que frecuentemente se abordan las formalizaciones en el aula se suelen centrar en definiciones, enunciados y algoritmos, lo cual dificulta a los estudiantes generar procesos de formalización que se encuentren articulados a las organizaciones de su experiencia, si bien es cierto que los algoritmos permiten generar relaciones entre variables no dan mayor información sobre la organización de las fenomenologías. Lo que genera que la actividad experimental en el aula se limite a la constatación de las relaciones entre variables y el aprendizaje de procedimientos de medición y tratamiento de datos (Malagón Sánchez, Ayala Manrique, & Sandoval Osorio, 2013)

Sin embargo, es necesario evitar que la actividad experimental presente un énfasis exclusivamente de toma de mediciones y cálculos, ya que como lo mencionan Carrascosa, Gil, Vilches y Valdés (2006) esta tiene como objetivo principal brindar aspectos que son fundamentales para la construcción de conocimientos científicos en donde se podrá:

- Plantear situaciones problema abiertas
- Reflexionar sobre la importancia y el interés que se tienen sobre la situación problema
- Potencial el análisis cualitativo
- Formular preguntas
- Análisis de datos
- Formular hipótesis donde se busca evidenciar las preconcepciones de los estudiantes
- Elaboración de diseños y planificación de las actividades experimentales por parte de los estudiantes
- Análisis de datos
- Analizar las posibles perspectivas
- Construcción colectiva de conocimiento y su aplicación en otras áreas de estudio
- Memorias científicas que reflejen el trabajo realizado

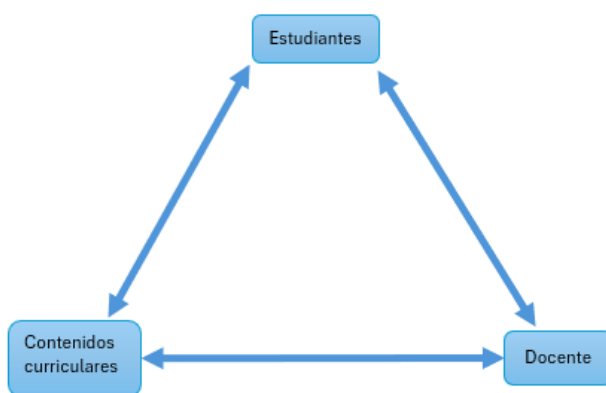
Finalmente, es preciso concluir que por medio de la actividad experimental se puede conseguir la formalización de un fenómeno, sin desligarlo de las teorías que posee el estudiante. De igual manera las actividades experimentales en el aula son actividades en las

cuales se estimula la participación activa de los estudiantes incentivando el trabajo grupal y la reflexión ya que son grandes habilidades de los científicos (estas actividades serán explicadas a profundidad en el desarrollo metodológico de esta propuesta de investigación), sin embargo, generar dicha participación en el aula de clase es tarea tanto del docente como de los estudiantes, es por esto que es necesario analizar cómo se da el proceso enseñanza aprendizaje en ciencias.

### 2.1.2 Proceso enseñanza-aprendizaje en ciencias

En el proceso enseñanza-aprendizaje la interacción y la interactividad como lo menciona María Escobar (2015) son aspectos importantes donde se entiende la interactividad como “la organización de la tarea conjunta entre profesor y estudiante” y la interacción se da entre tres elementos (Figura 1) los cuales son:

1. Alumno: es un artífice de su aprendizaje, en una actividad conjunta con pares y maestros construyendo así significados y dando sentidos a contenidos y tareas
2. Contenidos curriculares: son saberes organizados intencionalmente para el aprendizaje en la institución escolar
3. Docente: Su función es guiar a los estudiantes al acercamiento y apropiación de contenidos



*Figura 1: Triángulo cognitivo, presenta los elementos necesarios para generar una interacción, factor importante en el proceso enseñanza-aprendizaje. elaboración propia.*

o mejor conocido como triangulo cognitivo el cual es empleado para explicar como el estudiante interpreta los contenidos o saberes nuevos a partir de la mediación de sus

contenidos previos, donde el profesor es un mediador entre la complejidad de los contenidos nuevos y los conocimientos previos de los alumnos y los contenidos curriculares afectan tanto a los docentes como a los estudiantes puesto que les ponen retos para aproximarse con mayor exactitud a los saberes requeridos. (Pérez, 2020)

Otro factor imprescindible en dicho proceso es conocer el modelo y el nivel de interacción estudiante-docente, ya que se establece una relación entre personas de diferentes niveles de razonamiento y edades desiguales, de igual manera conocer los contenidos educativos también es un factor importante para que los estudiantes generen las habilidades y destrezas ejercitadas.

Entre los posibles modelos de interacción entre estudiante-docente se encuentra (Restrepo, 2006)

1. Modelo de interacción maestro-estudiante: en este el docente tiene pocas interacciones con los alumnos, es una relación unidireccional.
2. Modelo de interacción estudiante-maestro-estudiante: se relaciona un grupo de alumnos, pero se ignora al maestro
3. Modelo de interacción maestro-alumno-alumno-maestro: se da interacción entre los pares, el docente es un guía.

Seguidamente, desde el ámbito educativo, es de importancia que el maestro tenga tacto pedagógico, entendido como la habilidad de saber interpretar los pensamientos, sentimientos y deseos a través de la expresión y el lenguaje corporal, esto le permitirá al educador percatarse de las necesidades de sus estudiantes para flexibilizar su práctica y establecer con sus estudiantes una interacción afectiva. (Medina, 2015)

Entretanto, este es un proceso importante para esta investigación debido a que se tiene como pilar fundamental el que el docente sea una guía para el estudiante donde él sea quien se interesa por ampliar sus conocimientos y su maestro le brinda las herramientas necesarias para que pueda ampliar de forma satisfactoria sus conocimientos, lo que generara un proceso enseñanza-aprendizaje satisfactorio.

Es preciso analizar que la manera más común de enseñar ciencias es de manera transmisiva donde predominan los modelos transmisivos, analíticos y algorítmicos, los cuales están muy

lejos del trabajo que realizan los científicos, otro factor importante es la visión errónea que se presenta a los estudiantes donde se muestra como una ciencia aislada la cual no tiene relación con la tecnología, la sociedad y el ambiente, se ve con una concepción elitista e individualista donde los hombres tienen mayor accesibilidad. Para realizar un análisis más profundo del proceso enseñanza-aprendizaje en ciencias se estudiará el enfoque de aprendizaje y el enfoque de enseñanza.

### Enfoque de aprendizaje

Tomado por definición como la ruta elegida por el estudiante para enfrentar una tarea académica que se encuentra establecida en un ambiente académico, esta ruta va a estar definida por la motivación y las estrategias. Los enfoques de aprendizaje se encuentran influenciados por las características individuales, la naturaleza de la tarea académica y el contexto en el que se da el proceso; Estas características van a definir la ruta del aprendizaje elegida por el estudiante. (Soler, Cárdenas , & Hernández Pina, 2018)

El estudiante que adopte el enfoque superficial de aprendizaje (Entwistle, 1987) (Figura 2), tendrá una motivación extrínseca, lo que indica que está dada por factores externos al sujeto generando el uso de operaciones cognitivas de orden inferior como lo son los procedimientos sencillos, identificar, memorizar, describir, organizar listas, la aplicación, entre otras. A si mismo hace ver la tarea académica como una imposición que requiere el mínimo esfuerzo y es realizada por miedo al fracaso, tomar la actividad escolar de esta forma implica que la información sea retenida por poco tiempo con un nivel de comprensión bajo, lo que no deja ver la relación de lo aprendido con anterioridad y lo que se está aprendiendo.

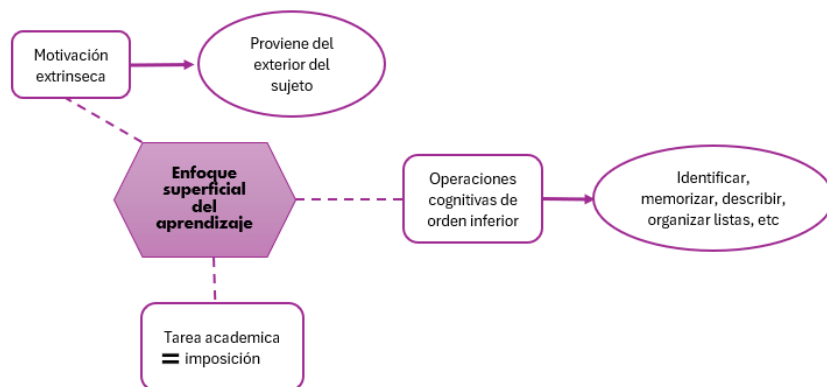
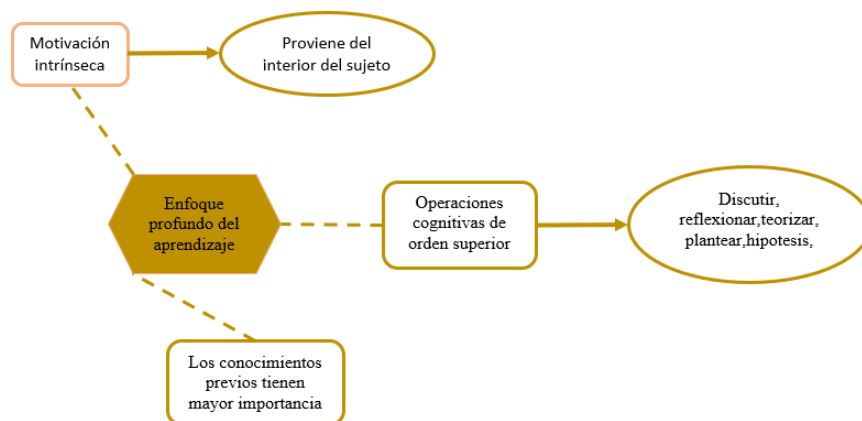


Figura 2: Enfoque superficial del aprendizaje, elaboración propia

Por otro lado, el individuo que adopte un enfoque profundo de aprendizaje (Entwistle, 1987) (Figura 3) generara la motivación desde su interior fomentando el deseo de entender lo que se quiere aprender, esto implica el uso de operaciones cognitivas de orden superior como lo son discutir, reflexionar, teorizar, plantear hipótesis, síntesis, etc. Lo estudiado se ve en relación con conceptos previos o con contenidos estudiados en otras áreas, generando así sentimientos de autoeficacia. (Hernández Moreno , 2010)



*Figura 3: Enfoque profundo de aprendizaje, elaboración propia*

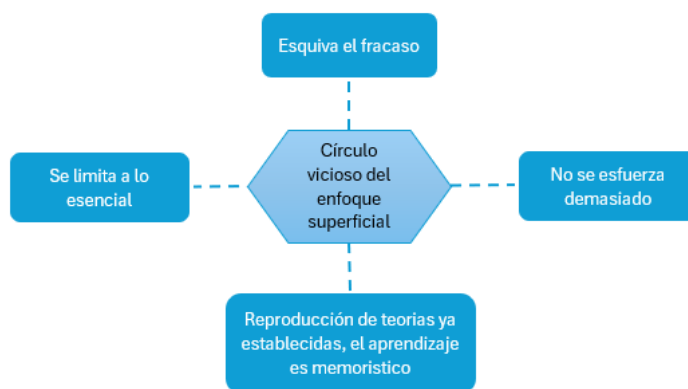
Lo anterior, deja en evidencia que el significado que se le da al aprendizaje no se impone sino se crea mediante actividades de aprendizaje, como lo menciona Biggs (2005) en su libro “Calidad del aprendizaje universitario”

*Los procesos de aprendizaje que emergen de las percepciones que los estudiantes tienen de las tareas académicas están influidas por sus características de tipo personal*

También va a depender de los motivos e intenciones de quien aprende y de cómo utilice sus conocimientos previos y donde se debe cuestionar ¿Para que realiza la tarea? Y ¿Cómo la realiza? Con esto se inicia el análisis a profundidad de los enfoques que de ahora en adelante se denominaran círculo vicioso del enfoque superficial y círculo virtuoso del enfoque profundo.

### ***Círculo vicioso del enfoque superficial***

Para el caso se tomará la definición dada por Biggs (2005) quien afirma que el estudiante intenta liberarse de la tarea con el mínimo esfuerzo, aunque dando la sensación de satisfacer los requisitos. Se favorece el aprendizaje al pie de la letra de contenidos seleccionados en vez de la comprensión de estos. A menudo los enfoques de enseñanza y evaluación promueven este tipo de enfoque porque no están alineados con respecto a las metas de la enseñanza de la asignatura. (Figura 4)



*Figura 4: Círculo vicioso del enfoque superficial, adaptado de Soler, Cárdenas y Hernández*

Al no tener un alineamiento con las metas de la enseñanza de una disciplina genera que el estudiante vea el aprendizaje como una carga generando escepticismo, ansiedad y aburrimiento. El alumno por su lado considerara el aprendizaje escolar como el fin para conseguir un trabajo o por cumplir con un requisito, lo cual solo puede cambiar si el individuo cambia su tipo de motivación.

Ahora bien, el estudiante que opta por este enfoque (Figura 5), tiende a concebir el aprendizaje como una cuestión únicamente acumulativa, en donde solo importan los aspectos literales de la tarea ya que no se interesa por buscar un significado a lo que se solicita o la relación que pueda tener con las experiencias vividas o los conocimientos ya adquiridos con anterioridad. De igual forma se encuentran factores que estimulan al estudiante a adoptar este enfoque como lo son: solo querer aprobar la asignatura con un porcentaje justo, tener prioridades extraacadémicas que sobrepasan las académicas, tener tiempo limitado o sobrecarga de trabajo y concebir la educación de manera escéptica. (Biggs, 2005)



*Figura 5: Características del estudiante en el enfoque superficial, elaboración propia*

Es preciso tener en cuenta que las características anteriormente mencionadas no en todos los casos son producto de la decisión del alumno, sino que también se encuentran afectadas por la enseñanza por lo que a continuación se presentarán las características que tiene un maestro a la hora de enseñar que hacen que un estudiante elija el enfoque de aprendizaje superficial:

1. Enseñar de manera sistemática, sin presentar la estructura intrínseca del tema o materia
2. Evaluar datos independientes
3. Presentar poco interés por la materia impartida
4. Dejar tiempo insuficiente para dedicarse de lleno a la tarea
5. Provocar una ansiedad indebida o una expectativa restringida de éxito, por ejemplo, “quien no puede entender esto, no debe estar en la escuela”

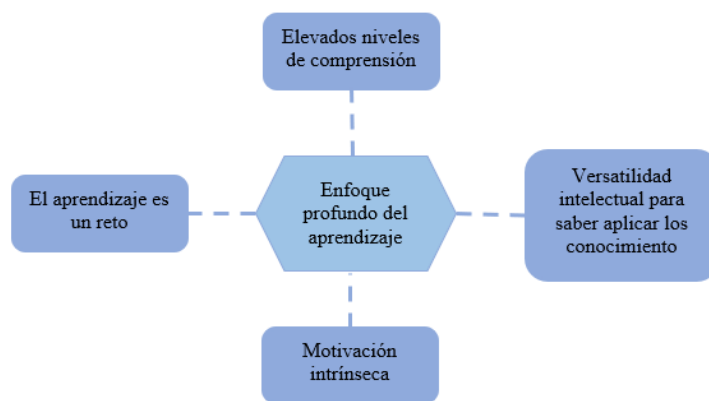
Con lo anterior, es posible ver un panorama más completo del porque un estudiante se decide por llevar su aprendizaje de forma superficial. Ahora bien, si se lleva esto a la enseñanza de ciencias experimentales se centrará en un aprendizaje de contenidos declarativos y procedimentales lo que no permitirá desarrollar competencias interpretativas, argumentativas

y propositivas, lo que limita en gran medida la indagación y explicación de fenómenos (Toro Baquero, y otros, 2007), esto explica de antemano la apatía de algunos estudiante en la escuela frente a las clases relacionadas con las ciencias naturales o ciencias de la naturaleza.

### *Círculo virtuoso del enfoque profundo*

Definido por Biggs (2005) como la necesidad sentida de abordar la tarea de forma adecuada y significativa, de manera que el estudiante trate de utilizar las actividades cognitivas más apropiadas para desarrollarlas. Esto requiere un sólido fundamento de conocimientos previos relevantes de manera que los estudiantes que necesitan saber tratan naturalmente de aprender los detalles, así como de asegurarse que los comprende. (Figura 6)

Este enfoque se denomina virtuoso ya que como se ha expuesto anteriormente la motivación viene de manera interna del sujeto lo que genera un alto sentido de pertenencia, interés y compromiso por los contenidos que se quieren aprender o por la tarea, evocando en el estudiante euforia, sentido de importancia, sensación de desafío, decisión por aprender y sentido de interés.



*Figura 6: Círculo virtuoso del enfoque profundo, adaptado de Soler, Cárdenas y Hernández*

El individuo que opta por este enfoque busca elevados niveles de comprensión y la aplicación de los contenidos adquiridos, adquiriendo de esta forma una versatilidad intelectual la cual es necesaria para saber aplicar los conocimientos. El enfoque profundo se encuentra fundamentado en una motivación intrínseca, que tiende a el dominio de los contenidos de una asignatura o una formación profesional, su mayor reto es el aprendizaje el cual genera

satisfacción al superar el desafío, véase la figura 7 en donde se aprecian otras características que tiende a desarrollar un estudiante que se inclina por dicho enfoque.



*Figura 7: Características del estudiante en el enfoque profundo, elaboración propia*

El estudiante que emplea este enfoque apropia conocimientos declarativos, procedimentales y condicionales, sabe por qué, cuándo y bajo qué circunstancias usar el conocimiento haciendo uso del conocimiento declarativo, procedimental y condicional para resolver problemas de su interés, permitiéndole indagar, explicar fenómenos y hacer uso comprensivo de los contenidos científicos.

Como ya se ha mencionado lograr optar por un enfoque de aprendizaje no es tarea única del individuo que quiere aprender, sino de la forma en la que se enseña al mismo es por esto por lo que un maestro que oriente al estudiante a elegir un enfoque profundo deberá de: (Biggs, 2005)

1. Enseñar de manera que se presente explícitamente la estructura del tema o asignatura
2. Enseñar para suscitar una respuesta positiva de los estudiantes, en vez de enseñar para exponer información
3. Enseñar construyendo desde la base de lo que los estudiantes ya conocen
4. Cuestionar y erradicar las concepciones erróneas de los estudiantes

5. Evaluar la estructura en vez de datos independientes
6. Enseñar y evaluar de una forma positiva en la que los estudiantes puedan cometer errores y aprender de ellos
7. Enfatizar la profundidad del aprendizaje, en vez de la amplitud de cobertura
8. Usar métodos de enseñanza y evaluación que apoyen las metas y objetivos de la asignatura

### ***Enfoque de enseñanza***

El quehacer docente está influenciado por la intención y las estrategias del maestro, las cuales se ven influenciadas por la asignatura, el contexto, las características individuales del docente y los estudiantes, pueden existir dos tipos de intenciones por parte del docente una que los estudiantes adquieran un conocimiento o que los alumnos tengan un desarrollo conceptual, esto se puede lograr por medio de tres estrategias las cuales son: centradas en la interacción profesor/estudiante, centradas en el profesor o centradas en el estudiante.

El profesor puede optar por enseñar desde la transmisión de información o por propiciar el cambio conceptual con un corte constructivista, esto puede identificarse por medio de un instrumento para investigar y caracterizar los enfoques de enseñanza de los docentes elaborado por Prosser y Trigwell (2006), quienes definen cinco tendencias de enfoques de enseñanza con una estructura jerárquica de la siguiente forma:

Enfoque A: estrategia centrada en el docente con la finalidad de transmitir información a los estudiantes

Enfoque B: estrategia centrada en el docente con la finalidad de adquirir conceptos de la materia estudiada

Enfoque C: estrategia de interacción docente/estudiante con la finalidad de que los estudiantes adquieran los conceptos de la disciplina

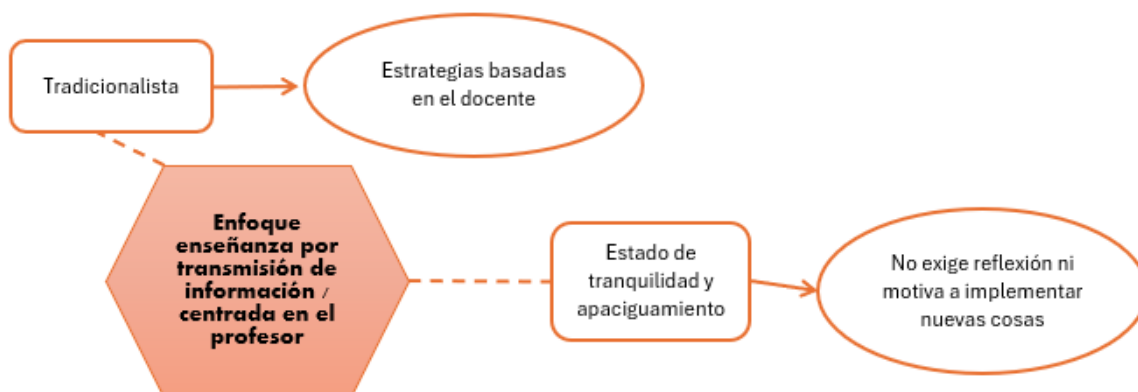
Enfoque D: estrategia centrada en el estudiante con la finalidad de incentivar en ellos el desarrollo conceptual y la construcción de sus conocimientos

Enfoque E: estrategia centrada en el estudiante con la finalidad de incentivar en ellos el cambio conceptual

### ***Círculo vicioso del enfoque de enseñanza por transmisión de información / centrada en el profesor***

El docente que se basa en este enfoque es de corte tradicionalista el cual implementa estrategias en el aula que están centradas en el profesor, lo cual implica el mínimo esfuerzo para realizar sus labores de maestro (Soler, Cárdenas , & Hernández Pina, 2018), en su gran mayoría los docentes que se basan es este enfoque se encuentran en un estado de tranquilidad y apaciguamiento, ya que no es necesario estar en una reflexión constante o en la creación de cosas nuevas que generen motivación es sus estudiantes. (Figura 8)

El estudiante que se forma bajo este enfoque regularmente se orienta por un enfoque superficial de aprendizaje, teniendo baja calidad en los logros académicos, donde solo importan los conocimientos del profesor los cuales son válidos e importantes (Feixas, 2006)

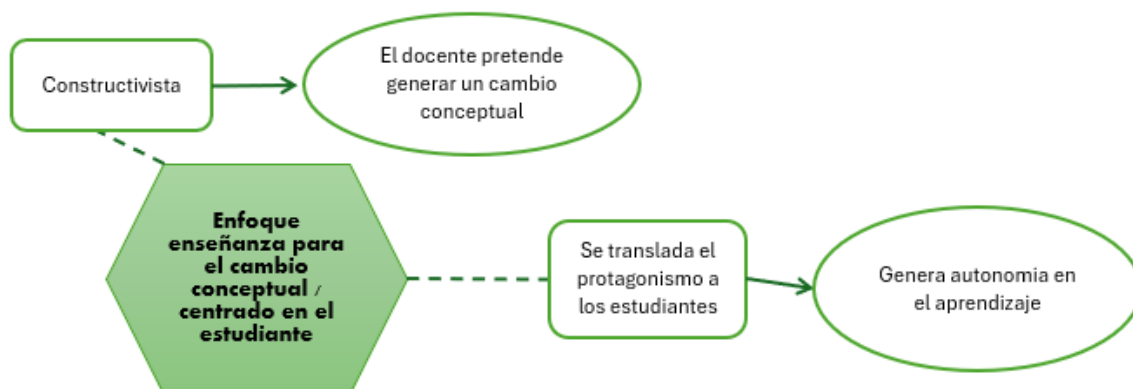


*Figura 8: Enfoque de enseñanza por transmisión de información, elaboración propia*

### ***Círculo virtuoso del enfoque de enseñanza para el cambio conceptual / centrado en el estudiante***

El maestro que opta por este enfoque tiene como intención principal generar un cambio conceptual por medio del constructivismo. A su vez el profesor pretende que la enseñanza facilite la comprensión, ve al estudiante en su individualidad y no como un todo, brinda conocimientos aplicables a la realidad, busca generar en sus estudiantes la autonomía y la independencia. (figura 9)

De igual manera, el docente traslada el protagonismo paulatinamente al estudiante, generando autonomía en las actividades de aprendizaje, motivándolos a participar en las investigaciones en el aula, generando que el estudiante guie su proceso de aprendizaje bajo el enfoque profundo. (Feixas, 2006)



*Figura 9: Enfoque de enseñanza para el cambio conceptual, elaboración propia*

Es posible afirmar que se encuentra una relación profunda entre estrategias e intención puesto que una estrategia centrada en el estudiante asocia que tiende a promover el cambio conceptual y una estrategia que se centra en el profesor se asocia a promover la adquisición de conocimientos (Prosser & Trigwell, 2006)

Finalmente, en cuanto a la enseñanza en ciencias es de importancia que se brinden espacios en los que los estudiantes puedan realizar observaciones, generar preguntas, generar experimentos, obtener resultados y dialogar entre pares para llegar a conclusiones y análisis finales. El maestro tendrá como rol generar estilos de aprendizaje que permitan al alumno tener condiciones favorables para su aprendizaje y que le favorezcan el desarrollo de capacidades como investigar, sintetizar, analizar y evaluar.

## **2.2 MARCO DISCIPLINAR**

En este apartado se presenta una discusión sobre el fenómeno que guía esta investigación, su formulación matemática y su implicación con el porqué del azul del cielo, de igual manera deja ver la pertinencia de llevar este tema al aula de clase.

### 2.2.1 Dispersión de la luz

El fenómeno natural que está omnipresente en el azul del cielo se percibe gracias a la dispersión de los rayos solares por las moléculas de aire, los medios, como la atmósfera, pueden presentar distintas propiedades ópticas caracterizadas por su índice de refracción, si el índice de refracción es uniforme la luz atravesará el medio sin desviarse, pero si presenta alguna variación discreta en el índice de refracción provocada por partículas o por fluctuaciones de densidad, la luz se dispersará en todas las direcciones. (Kerker, 1968)

Para esta investigación, se estudiará la dispersión elástica y única la cual se caracteriza por no presentar ningún cambio de frecuencia entre la radiación incidente y la dispersada, la partícula que se dispersa no se ve afectada por la presencia de partículas vecinas y no hay dispersión múltiple, lo que quiere decir que después del encuentro entre el haz incidente y la partícula, la radiación dispersada llega directamente al observador. (Kerker, 1968)

El primer científico que estudio el fenómeno de la dispersión de la luz de forma experimental fue John Tyndall en 1868 quien trabajó con un tubo de vidrio con una longitud de un metro y un grosor de 23 pulgadas, en el que introducía el vapor de cualquier sustancia y dejaba actuar en él un haz de luz condensado hasta que el vapor llegara a la neutralidad donde le era posible apreciar la formación de una nube azul, solo si se encontraba en total oscuridad siendo iluminado únicamente por el haz de luz.

Tyndall, inicia sus observaciones situando el eje de un prisma de nicol's perpendicularmente al eje del haz iluminador y se da cuenta que el ojo recibe mayor luz, mientras que, si se sitúa el eje del prisma paralelo al eje del haz de luz, el ojo recibirá menos luz, esto mismo lo comprobó con el cristal de turmalina. Estas observaciones le permitieron concluir que la nube azulada descarga luz polarizada en mayor medida perpendicular al haz de luz y que si las partículas precipitadas son suficientemente finas, el ángulo de polarización de la materia será de  $45^\circ$  en dicha condición. (Tyndall, 1868)

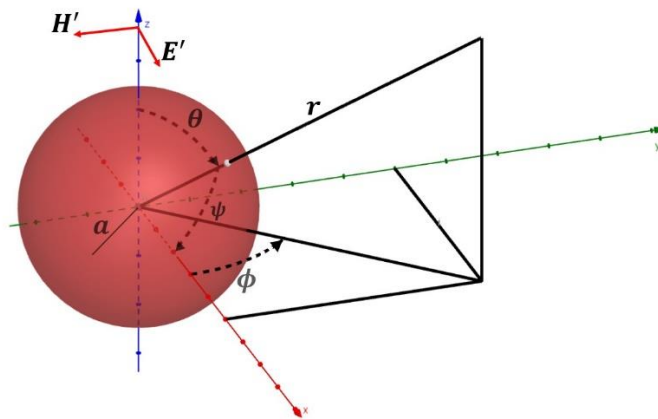
Otro científico que se dedicó al estudio de la dispersión de la luz en 1871 fue John Rayleigh quien a diferencia de Tyndall realizó sus estudios de manera teórica denominándola Dispersión de Rayleigh, la cual menciona que cuando se ilumina una pequeña esfera por un haz de luz linealmente polarizada, el campo electromagnético se polariza debido al desplazamiento de los electrones con respecto a los núcleos, si la esfera es pequeña en

comparación a la longitud de onda y es isotrópica el campo secundario instantáneo inducido dentro de la esfera es uniforme y paralelo al campo externo. (Kerker, 1968)

Esto lo expreso teóricamente por medio de la fórmula de intensidad de la onda dispersada a una distancia  $r$  de la partícula, la cual es

$$I = \frac{16\pi^4 a^6}{r^2 \lambda^4} \left( \frac{m^2 - 1}{m^2 + 2} \right)^2 \sin \psi \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde  $a$  es el radio de la partícula,  $\lambda$  es la longitud de onda en el medio,  $m$  es el índice de refracción de la esfera con respecto al del medio y  $\psi$  es el ángulo entre la dirección de propagación de la onda dispersada y la dirección de polarización del vector eléctrico asociado con la onda incidente, su representación geométrica se puede ver en la figura 10. (Kerker, 1968)



*Figura 10: Elaboración propia, tomada de Kerker Milton (1968)*

La relación expuesta en la ecuación 1 se mantiene siempre y cuando el tamaño de las moléculas presentes en el medio sean mucho más pequeñas que la longitud de onda de la luz incidente, por ejemplo, las partículas de aire que se encuentran en la atmosfera aproximadamente tiene un tamaño de 0,002 micrómetros y la luz que las incide (en este caso, la luz solar) tiene una longitud de onda de aproximadamente 0,2 micrómetros, con estos datos se puede comprobar que se cumple la relación y es esta, la que permite establecer los parámetros fundamentales para definir el azul del cielo.

Una forma alternativa de ver geoméricamente la dispersión de Rayleigh (Figura 11) es donde el plano  $y - z$  de dispersión contiene los rayos incidentes y dispersados, mientras que el plano  $x - y$  contiene la dirección del vector eléctrico incidente y por lo tanto del dipolo inducido; en la figura 11,  $x$  es el ángulo entre el dipolo inducido y el eje  $y$ , el plano  $y - z$  es el plano horizontal, el eje  $x$  está en dirección vertical y  $p_x, p_y$  son los componentes del dipolo. De esta geometría se obtiene una relación matemática la cual es (Kerker, 1968)

$$I_1 + I_2 = \frac{16 \pi^4 a^6}{r^2 \lambda^4} \left( \frac{m^2 - 1}{m^2 + 2} \right)^2 (\sin^2 x + \cos^2 x \cos^2 \theta) \quad \text{Ecuación 2}$$

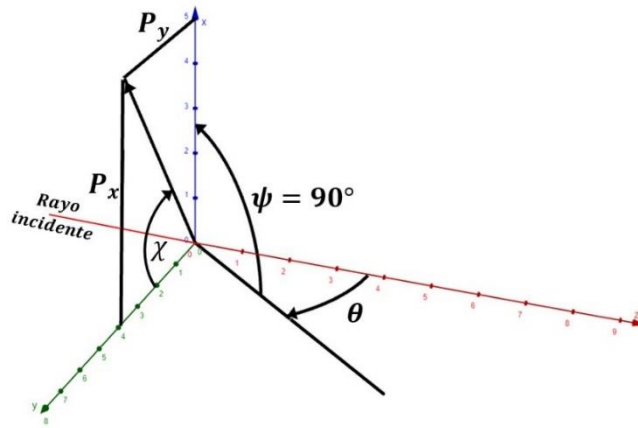


Figura 11: Elaboración propia, tomada de Kerker Milton (1968)

Donde  $\theta$  es el ángulo entre la dirección directa y dispersada y  $x$  es la luz incidente de intensidad unitaria la cual tiene dos componentes, cada uno de intensidad media ( $x = 90^\circ$  y  $x = 0^\circ$ ). Reescribiendo la ecuación se obtiene

$$I_1 + I_2 = \frac{8 \pi^4 a^6}{r^2 \lambda^4} \left( \frac{m^2 - 1}{m^2 + 2} \right)^2 (1 + \cos^2 \theta) \quad \text{Ecuación 3}$$

Con la ecuación 3 es posible apreciar que las intensidades son aditivas o sea que la intensidad total dispersada es la suma de las intensidades que se dispersarían de las partículas individuales, siguiendo con el ejemplo del color del cielo, cuando una partícula de la atmosfera es incidida por la luz solar esta se dispersara y generará un fotón de luz azul, pero para que podamos ver el cielo en su totalidad azul es preciso que los rayos dispersados por cada partícula se sumen para tener un cielo azul en su infinitad.

Entonces, la intensidad dispersada cuando una unidad de volumen se ilumina con luz no polarizada de intensidad unitaria es (Kerker, 1968)

$$I_u = \frac{9\pi^2 NV^2}{2r^2 \lambda^4} \left(\frac{m^2-1}{m^2+2}\right)^2 (1 + \cos^2 \theta) \quad \text{Ecuación 4}$$

De esta ecuación se deriva el efecto Tyndall para un volumen dado del material dispersante ( $NV$ ), disperso como partículas pequeñas. Con esto se concluye que la intensidad dispersada es directamente proporcional al volumen de las partículas.

De aquí se deriva la ecuación de la dispersión total por unidad de volumen de pequeños dispersores o turbidez

$$\tau = \frac{24\pi^3 NV^2}{\lambda^4} \left(\frac{m^2-1}{m^2+2}\right)^2 \quad \text{Ecuación 5}$$

Con las ecuaciones anteriormente mencionadas se llega a la dispersión de Rayleigh la cual denota la energía dispersada por unidad de volumen en la dirección  $\theta$  por unidad de ángulo sólido para los dispersores de Rayleigh<sup>3</sup> (Kerker, 1968)

$$R_\theta = V_u(\theta) + H_u(\theta) = \frac{3}{16\pi} \tau (1 + \cos^2 \theta) = r^2 I_u \quad \text{Ecuación 6}$$

Para la relación de Rayleigh es preciso conocer el tamaño de las partículas o el peso molecular de los dispersores de Rayleigh, los cuales se encuentran medidos en términos de la turbidez específica que es:

$$\frac{\tau}{c} = C_\tau \frac{24\pi^3}{\rho_2 \lambda^4} \left(\frac{m^2-1}{m^2+2}\right)^2 V \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde  $C$  es la concentración en gramos de soluto por ml,  $\rho_2$  es la densidad de las esferas,  $N_A$  el número de Avogadro y  $M$  el peso molecular de las esferas. Esta debe ser analizada a concentraciones suficientemente bajas donde no se pueda presentar una dispersión múltiple.

Conociendo la ecuación de turbidez específica, Rayleigh decide reformular su ecuación en términos del índice de refracción de la dispersión ( $n$ ) en lugar del de las partículas individuales, cuando el valor de  $n$  no es mucho mayor que el valor del medio en la ausencia de partículas dispersadas se tiene (Kerker, 1968)

---

<sup>3</sup> Pequeñas partículas en comparación a la longitud de onda de la luz

$$\tau_E = \tau - \tau_0 = C_\tau \frac{32\pi^3 n^2}{3N_A \lambda_0^4} \left(\frac{dn}{dc}\right)^2 cM = C_\tau H_c M \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde  $\tau_E$  es el exceso de turbidez,  $\tau$  es la turbidez del sistema de dispersión,  $\tau_0$  es la turbidez del medio y  $\lambda_0^4$  es la longitud de onda en el vacío. Si se expresa en términos de la relación de Rayleigh se tiene

$$R_\theta = C_u(\theta) K_\theta cM \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde

$$K_\theta = \frac{3(1 + \cos^2\theta)}{16\pi} \quad \text{Ecuación 10}$$

Lo anterior nos permite reconocer que el cielo en su mayoría se ve de color azul, pero hay momentos en los que se puede apreciar de otros colores como naranja, amarillo, violeta o hasta rojo. Esto se debe a que luz solar está compuesta por los colores del arco iris (rojo, naranja, amarillo, verde, cian, magenta y violeta), la luz azul al tener una longitud de onda más corta, se dispersa en mayor medida y de forma más rápida pierde su energía, lo que deja ver que cuando el sol está en su máxima posición, el rayo de luz recorre menos distancia en la atmosfera por lo que el cielo lo vemos de color azul, pero si el sol está cerca a ocultarse la luz recorre más distancia, entonces el color azul no tendrá suficiente energía para realizar el recorrido hasta el observador, por ende se podrán apreciar otros colores como el rojo.

Con las investigaciones realizadas por Rayleigh y su avance teórico y geométrico puede concluir, que el azul del cielo se debe a la dispersión de las propias moléculas del aire, las cuales son mucho más pequeñas que la longitud de onda de la luz solar que las incide.

Otros científicos, naturalistas, fotógrafos y polímatas también dieron grandes aportes que permitieron ratificar los avances realizados en la comprensión del fenómeno de la dispersión de la luz presente en el azul del cielo, algunos de ellos son: (Tyndall, 1868)

El polímata Leonardo Da Vinci (1452-1519) menciona que: *“el color del cielo se debe a la acción de materia finamente dividida que convierte la atmosfera en un medio turbio a través del cual contemplamos la oscuridad del espacio”*

El físico Isaac Newton (1643-1727) afirma *“el color se debe a partículas de agua extremadamente pequeñas que actúan como placas delgadas”*

Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832) quien fue dramaturgo, novelista y naturalista comentaba *“los pintores llaman “frio” a las partículas extremadamente finas de barniz interpuestas entre el ojo y un fondo oscuro-experimento de Goethe-”*

Finalmente, se puede evidenciar que el fenómeno de la dispersión se ha estudiado desde muchas ramas del conocimiento y que, si bien los científicos han ayudado a tener una comprensión más concreta de lo que pasa en el cielo, no es ajeno a otras áreas del conocimiento, por lo que es posible llevarlo a la escuela, donde no solo se puede estudiar o enseñar desde las ciencias sino desde el arte o la fotografía.

## **2.3 MARCO METODOLÓGICO**

Este apartado presenta la metodología que se llevó a cabo en tanto al documento, como la metodología que se llevó en la implementación de la secuencia didáctica en el aula de clase.

### **2.3.1 Metodología de investigación**

Las metodologías de investigación nacen por la filosofía del conocimiento, por el conocimiento en donde la ciencia necesita a la filosofía y la filosofía necesita de la ciencia. (Sánchez Silva, 2005) Esta investigación fue guiada por una metodología cualitativa e integral, la cual trata de comprender los motivos que generan reacciones humanas en su propio contexto, basándose en una rigurosa descripción contextual de hechos o situaciones. (Mora Vargas, 2005)

La metodología cualitativa posee técnicas de recolección y modelos analíticos inductivos que privilegian el significado de los actores y para lo que el investigador necesita observar, escuchar y comprender. (Sánchez Silva, 2005)

Una investigación con enfoque cualitativo se caracteriza por:

- Producir datos descriptivos, puesto que interactúa con los participantes de modo natural, produciendo una relación entre el investigador y el objeto
- Es holística ya que las personas y el contexto no son variables
- Es inductiva, dado que es flexible en cuanto al modo de conducir los estudios, inicia un estudio con interrogantes vagamente formulados, comprende y desarrolla conceptos a partir de los datos (Sánchez Silva, 2005)

Los enfoques en una metodología cualitativa están definidos por el interés y la posición que el investigador asume frente a la realidad, para este caso el enfoque que se empleara es el histórico-hermenéutico, donde se centra la atención en el individuo, la subjetividad es vista como fuente de conocimiento, lo que ayuda a entender un fenómeno desde la experiencia propia, privilegiando la libre expresión de pensamiento, sentimiento y comportamiento.

Al definir el enfoque de investigación se despliegan los tipos de investigación del enfoque escogido, entre los cuales se encuentran: teoría fundamentada, etnográfico, narrativo, fenomenología, entre otros. Por los objetivos de esta investigación se llevará a cabo un estudio fenomenológico (Gómez Delgado & Villalobos Galvis, 2014)

Un estudio fenomenológico comprende un fenómeno desde el sentido y la interpretación del individuo, realizando un análisis desde los aspectos más complejos de la vida humana, pretendiendo explicar la esencia, la veracidad y la naturaleza de los fenómenos, exigiendo describir y comprender la experiencia desde su propia lógica de organización. Su objetivo principal es comprender la experiencia vivida buscando entender los significados del fenómeno. (Ruster Guillen, 2019)

Este tipo de estudio realiza un crítica al naturalismo científico, el cual asume que la ciencia es hallar leyes que expliquen lo real donde solo tiene cabida la objetividad, por su lado la fenomenología busca privilegiar la subjetividad como el fundamento de todo conocimiento científico y al que se le debe dar importancia en la generación de nuevos conocimientos como la base fundamental para la posterior generación de leyes y teorías, la fenomenología es planteada como la nueva modalidad de aproximación al conocimiento y como el ejercicio previo al quehacer científico. (Ruster Guillen, 2019)

El naturalismo científico toma al ser humano como un objeto más de la naturaleza, donde trata todo desde las leyes, lo que genera limitantes en la generación del conocimiento, por ende, la fenomenología plantea la necesidad de analizar un ámbito olvidado por la ciencia como lo es la subjetividad, la cual es el fundamento de todo conocimiento y debe ser tomada como importante para generar nuevos conocimientos y como la base principal para la posterior generación de leyes y teorías.

Como se sabe, la ciencia necesita validar el conocimiento, y para cumplir con este requisito la fenomenología propone la pregunta ¿cómo la conciencia construye el conocimiento? afirmando que si no se tiene la conciencia sobre un objeto este no existirá, entonces todo objeto es objeto de una conciencia. (Ruster Guillen, 2019)

Este principio no presume el cuestionamiento del mundo como existente, por lo contrario, su objetivo es poder observar la vida de la conciencia que está detrás de los objetos comprendidos como cosas dadas, buscando el sentido original que poseen o cómo se convierten en objetos de conciencia. (Ruster Guillen, 2019)

La fenomenología surge como un análisis de los fenómenos o la experiencia significativa que se le muestra a la conciencia, se aleja del conocimiento del objeto en sí mismo desligado de una experiencia. Para este enfoque, lo primordial es comprender que el fenómeno es parte de un todo significativo y no hay posibilidad de analizarlo sin el abordaje holístico en relación con la experiencia de la que forma parte. (Ruster Guillen, 2019)

Teniendo en cuenta lo anterior, la secuencia didáctica planteada en esta investigación retoma las posturas del enfoque histórico-hermenéutico y del tipo fenomenológico, la cual tiene como objetivo general brindar herramientas para el entendimiento del fenómeno de la dispersión de la luz y el porqué del color del cielo, y se encuentra organizada en tres sesiones de la siguiente manera:

La primera sesión tiene como objetivo identificar la trayectoria de los diferentes colores de luces, esto se busca cumplir iniciando con una actividad de apertura, la cual contiene una actividad con la que se pretende evidenciar si los estudiantes tienen conocimientos previos relacionados con el fenómeno de la dispersión de la luz o con temas que sean útiles para comprender el mismo, posterior a ellos se realiza la socialización para conocer la postura de los estudiantes y la justificación de sus respuestas.

Es de aclarar que las actividades que se realizaron de este punto en adelante fueron actividades grupales y que las evidencias serán llevadas en un portafolio de evidencias, el cual tiene como objetivo el registro de las observaciones y conclusiones realizadas por los estudiantes, guiadas por medio de preguntas con el fin de generar una conciencia frente al fenómeno que se está estudiando.

Seguido a esto, en la actividad de desarrollo, como se ha planteado desde un inicio, se prioriza la actividad experimental por lo que se propone a los estudiantes un experimento guiado, en primera medida guiado debido a que los estudiantes no tenían mucho acercamiento a los experimentos, con el que se pretende que los estudiantes observen como se da la trayectoria de la luz y generen distintas reflexiones grupales a partir de algunas preguntas realizadas, esto busca generar un método de interacción maestro-alumno-alumno-maestro como lo menciona Restrepo (2006) donde se da interacción entre pares y el docente es una guía.

Finalmente, la actividad de cierre pretende que los estudiantes de cada grupo concluyan lo aprendido, realizando las respectivas reflexiones y generando en los estudiantes la satisfacción por la comprensión de un nuevo conocimiento, guiando al estudiante a optar por un enfoque profundo de aprendizaje mencionado por Biggs (2005) el cual busca que el estudiante aborde la tarea de forma adecuada y significativa.

Para la segunda sesión de clase, se tiene como objetivo establecer la relación entre el experimento propuesto y lo que sucede en el cielo, en la actividad de apertura se le muestran unas imágenes a los estudiantes para conocer sus interpretaciones teniendo en cuenta que ya se había realizado un acercamiento con la primera sesión de esta secuencia didáctica, en esta actividad es posible apreciar como los estudiantes integran sus conocimientos previos y los nuevos de manera significativa, por medio del dialogo que se tiene entre estudiantes-docente mientras las imágenes son observadas.

La actividad de desarrollo para la clase, proporciona un experimento en el que el estudiante debe generar variables, con el fin de interpretar y analizar los diferentes resultados observados, esta actividad experimental genera un incremento en el trabajo grupal y las reflexiones realizadas por los estudiantes generando un acercamiento a la comprensión de los fenómenos naturales, en este caso el fenómeno de dispersión de la luz, de igual manera, con esta actividad el maestro está optando por un enfoque de enseñanza por el cambio conceptual en el cual como lo menciona Feixas (2006) se traslada el protagonismo a los estudiantes y se genera autonomía en el aprendizaje de los mismos.

La actividad de cierre de esta sesión, propone una actividad denominada mesa redonda en la que se pretende que los estudiantes empleen operaciones cognitivas de orden superior como lo son discutir, reflexionar, plantear, entre otras, con el fin de generar una motivación en los

estudiantes para que sigan empleando dichas herramientas del conocimiento y orienten su aprendizaje hacia un enfoque profundo, esto es muy importante para continuar con la secuencia didáctica ya que aquí el estudiante genera relaciones entre las dos clases realizadas con anterioridad y podrá comprender mejor la forma teórica del fenómeno que se presentara en la última sesión de clase.

La última sesión de esta secuencia didáctica tiene como objetivo relacionar los experimentos realizados con la teoría del fenómeno. Se inicia solicitando a los estudiantes realizar un dialogo con la relación que se puede encontrar entre los experimentos que realizaron anteriormente y el color del cielo, esto permite al docente evidenciar si el enfoque de enseñanza que está llevando a cabo genera una construcción del conocimiento significativo.

Para la actividad de desarrollo de esta última sesión, se realiza un acercamiento teórico donde se relaciona lo observado en los experimentos con la teoría que se está brindando, es de aclarar que cuando se hace referencia al ámbito teórico no se está limitando únicamente a las ecuaciones, para este caso las ecuaciones que presenta Kerker (1968) no van hacer llevadas al aula de clase, ya que estas solo fueron empleadas en el proceso de investigación para comprender mejor el fenómeno por parte de la investigadora, lo que le permitió brindar un acercamiento más adecuado a los estudiantes al fenómeno de la dispersión de la luz, y los temas que son necesarios para comprender lo que sucedió en los experimentos y comprender la forma correcta de relacionarlos con lo que sucede en el cielo.

Para el cierre de la secuencia, se solicita a los estudiantes responder una serie de preguntas donde se busca evaluar la adquisición del conocimiento, esta se realiza de forma individual ya que así se puede constatar si los estudiantes se inclinaron por un enfoque profundo de aprendizaje o por si el contrario se inclinaron por un enfoque superficial, el maestro por su lado también puede verificar si su enfoque de enseñanza centrado en el estudiante generó algún cambio en la adquisición de conocimiento de los estudiantes.

Esta secuencia didáctica fue diseñada con el fin de verificar si es posible iniciar la adquisición de un nuevo conocimiento de la asignatura de física por medio de actividades experimentales, privilegiando en gran medida la subjetividad, los conocimientos previos de los estudiantes y como lo menciona Guillen (2019) la búsqueda del sentido original que poseen o cómo se convierten en objetos de conciencia, de esta forma con los resultados obtenidos al

implementar la secuencia didáctica en un grupo de estudiantes, es posible realizar un análisis de las evidencias recolectadas y concluir cuál es el aporte de las actividades experimentales en el proceso enseñanza-aprendizaje.

### **CAPÍTULO 3 – SECUENCIA DIDÁCTICA**

El primer científico que estudio el fenómeno de la dispersión de la luz lo realizó de forma experimental dando paso para que otros científicos generaran la formalización matemática del mismo, lo que deja ver que es posible comprender y conocer un fenómeno, en primera instancia de manera experimental y luego proceder al entendimiento de los formalismos matemáticos, esto nos lleva a analizar la importancia de las actividades experimentales en el aula de clase ya que son tareas en las cuales se estimula la participación activa de los estudiantes incentivando el trabajo grupal y la reflexión, pues son algunas de las habilidades de los científicos.

El maestro, por su lado, puede optar por un enfoque de enseñanza para el cambio conceptual centrado en el estudiante, el cual tiene como intención principal generar un cambio conceptual por medio del constructivismo. A su vez el profesor pretende que la enseñanza facilite la comprensión, ve al estudiante en su individualidad y no como un todo, brinda conocimientos aplicables a la realidad, busca generar autonomía e independencia y traslada el protagonismo paulatinamente al estudiante, generando autonomía en las actividades de aprendizaje, motivándolos a participar en las investigaciones en el aula y generando que el estudiante guie su proceso de aprendizaje bajo el enfoque profundo (Biggs, 2005).

Conociendo la relación descrita anteriormente entre el marco pedagógico y el marco conceptual de esta investigación, se considera importante realizar un material que pueda ser llevado a la escuela, el cual brinde a los estudiantes un acercamiento al fenómeno, inicialmente por medio de actividades experimentales y posterior a ello tener una aproximación a la formalización de este, por esto se propone realizar una secuencia didáctica.

Una secuencia didáctica es un conjunto de actividades de aprendizaje relacionadas entre sí, que tienen como fin último generar un producto que relacione situaciones de la vida cotidiana con los conocimientos previos y los nuevos.

Elaborar una secuencia didáctica para llevar a cabo un proceso enseñanza-aprendizaje es importante ya que de esta forma es posible generar un clima de aprendizaje<sup>4</sup> satisfactorio para los estudiantes. Su principal objetivo como lo menciona Díaz Barriga (2013) es

---

<sup>4</sup> Ambiente psicológico y pedagógico que se crea en el aula

incorporar nuevos conocimientos teniendo en cuenta los saberes previos de los estudiantes los cuales se encuentran ya estructurados, el maestro por su lado busca desequilibrar esos saberes para de esta forma poderlos integrar con la nueva información y generar una nueva estructura significativa, por medio de operaciones intelectuales de orden superior, tales como: hallar relaciones con el entorno, recolección de información, elegir, abstraer, explicar, demostrar, deducir, reflexionar, verbalizar, entre otras.

Para el docente que se inclina por la realización de una secuencia didáctica es de importancia que conozca que esto no se reduce únicamente a completar un formulario, esto por el contrario demanda un amplio conocimiento de la asignatura y una gran experiencia y visión pedagógica del profesor, sin embargo, el maestro que realiza una secuencia didáctica lo hace de manera únicamente indicativa ya que cada docente puede estructurarla según su visión y propósito educativo. (Díaz Barriga, 2013)

Por lo anterior, la secuencia didáctica que se presenta en esta investigación destaca la visión y el propósito educativo del investigador que puede ser implementado en otros ámbitos educativos o puede ser modificado según las necesidades de los estudiantes.

### **3.1 Estructura de las secuencias didácticas**

En la secuencia didáctica se encuentran enlazadas las actividades de aprendizaje y las actividades evaluativas, buscando que los estudiantes realicen actividades significativas y no ejercicios rutinarios, integrando las dimensiones diagnóstica, formativa y sumativa, que para Díaz Barriga (2013) se encuentran divididas en tres fases apertura, desarrollo y cierre.

Las actividades de apertura abren el clima de aprendizaje para iniciar un proyecto o clase, las cuales no necesariamente deben ser realizadas en el aula, también pueden ser actividades de trabajo autónomo que generen motivación e interés por abordar el tema que se va a aprender, sin embargo, es de importancia que estas actividades sean socializadas en el aula de clase donde se pueda dar un diálogo amplio con los compañeros y con el maestro.

En las actividades de desarrollo se presenta la nueva información la cual va a estar en constante interacción con los conocimientos previos buscando dar sentido y significado a la nueva información, el maestro debe apoyar la discusión entre la información nueva y la previa por medio de preguntas guía y empleando la información en situaciones problema.

Las actividades de cierre buscan integrar el conjunto de tareas realizadas, generando una síntesis del proceso y del aprendizaje desarrollado, su objetivo es que el estudiante reelabore su estructura conceptual por medio de la interacción con los interrogantes nuevos, el docente debe generar un espacio de acción intelectual, comunicación y dialogo entre pares.

Para compilar el trabajo realizado a través de la secuencia didáctica se puede hacer uso de un portafolio de evidencias el cual es una compilación de materiales, trabajos y actividades que muestra las evidencias y vivencias que permiten apreciar el avance de sus conocimientos (Joyes, gray, & Hartnell-Young, 2010), y que al finalizar la implementación de la secuencia, aportará las evidencias necesarias para conocer el nivel de aprendizaje adquirido por los estudiantes.

Finalmente, la evaluación para el aprendizaje si bien se encuentra enlazada a lo largo de las actividades propuestas también es posible realizarla al finalizar el proceso, sin embargo, para que la evaluación sea significativa y no una simple acumulación de conocimiento es preciso que se encuentre articulada la información con situaciones reales, por lo que Barriga (2013) menciona que es más significativo articular estrechamente las actividades de aprendizaje con las actividades de evaluación.

A continuación, se presentara de manera sintética la secuencia didáctica que se llevará al aula de clase y los resultados que se esperan obtener al implementarla, esta secuencia cuenta con un objetivo general para el maestro el cual es: brindar las herramientas para el entendimiento del fenómeno de la dispersión de la luz y el porqué del color del cielo y un objetivo general para los estudiantes que es: entender el por qué del color del cielo, estos objetivos se buscan cumplir en tres sesiones de clases las cuales se encuentran organizadas así:

Para la primera sesión, se presentan actividades enfocadas a reconocer la trayectoria de los diferentes colores de luces, con lo que se espera que los estudiantes tengan un primer acercamiento a la trayectoria que sigue la luz del sol y cómo se comporta cada color que la compone. (Tabla 1)

**Nombre de la sesión: Conociendo la trayectoria de la luz**

<b>Objetivo de la sesión</b>	<b>Actividades</b>	<b>Resultados esperados</b>
Identificar la trayectoria de los diferentes colores de luces	Cuestionario sobre conceptos relacionados con el fenómeno de la dispersión de la luz	Describe la relación de la dispersión de la luz con los saberes previos que tienen cercanía al fenómeno.
	Experimento dirigido por la maestra para comprender la trayectoria de la luz	Comprender que no todos los colores de luces tienen la misma trayectoria por lo que al estar compuestos en la luz blanca cada color tiene un comportamiento diferente
	Realizar las respectivas reflexiones y conclusiones frente a lo que se pudo apreciar en el experimento	El estudiante es capaz de explicar, analizar y reflexionar frente a lo sucedido en el experimento

*Tabla 1: Síntesis de la primera sesión de la secuencia didáctica*

En la segunda sesión, se presentan actividades enfocadas a reconocer la relación que se da entre los experimentos realizados y el color del cielo, con lo que se espera que los estudiantes puedan relacionar lo que sucede en el cielo con lo que observan en los experimentos. (Tabla 2)

<b>Nombre de la sesión: Viendo los colores del cielo</b>		
<b>Objetivo de la sesión</b>	<b>Actividades</b>	<b>Resultados esperados</b>
Establecer la relación entre los experimentos realizados y el color del cielo	Observación de imágenes que permiten ser conscientes de los colores que pueden apreciarse en el cielo	Hacer conscientes a los estudiantes de los colores que pueden apreciarse en el cielo
	Experimento libre en el que los estudiantes pueden generar sus propias variables y la maestra les proporciona preguntas que les ayuda a guiar sus observaciones	Los estudiantes son capaces de proponer sus variables en el experimento y generar conclusiones a partir del mismo
	Discusión de las observaciones realizadas y la posible relación entre el experimento de la sesión 1 y el de la sesión 2 con el color del cielo	El estudiante es capaz de explicar, analizar y reflexionar frente a la relación que tiene los experimentos con el color del cielo

*Tabla 2: Síntesis de la segunda sesión de la secuencia didáctica*

Por último, la tercera sesión, presenta actividades enfocadas a encontrar la relación que tiene los experimentos con una teoría ya fundamentada, se espera que los estudiantes puedan relacionar lo apreciado en los experimentos con la explicación teórica brindada por la maestra. (Tabla 3)

<b>Nombre de la sesión: ¿Y ahora comprendes el por qué del color del cielo?</b>		
<b>Objetivo de la sesión</b>	<b>Actividades</b>	<b>Resultados esperados</b>
Relacionar los experimentos realizados con la teoría	Socialización de las posibles relaciones encontradas entre los experimentos y el color del cielo	El estudiante es capaz de establecer la relación entre los experimentos y el color del cielo
	Explicación por parte de la maestra de la formalización teórica del fenómeno de la dispersión de la luz y como se relaciona con los experimentos realizados	El estudiante es capaz de evidenciar la relación entre los experimentos y el fenómeno
	Cuestionario final para corroborar la comprensión del fenómeno enseñado en las tres sesiones de la secuencia didáctica	Responde el cuestionario para evidenciar la adquisición de un nuevo conocimiento

*Tabla 3: Síntesis de la tercera sesión de la secuencia didáctica*

Por último, habiendo cumplido con el objetivo de cada sesión, se puede cumplir con los dos objetivos generales de la secuencia tanto para el maestro como para los estudiante ya que al culminar la secuencia didáctica el estudiante debe tener un acercamiento al entendimiento del por qué del color del cielo, lo que de igual forma lleva al cumplimiento del objetivo del maestro puesto que la secuencia didáctica brindo las herramientas necesarias para el entendimiento del fenómeno, esto se evidenciara a continuación ya que se presentan los resultados y el análisis que se realizó de los mismo, lo que dejara en evidencia si es o no una secuencia didáctica pertinente para la enseñanza de la dispersión de la luz.

## CAPÍTULO 4 –RESULTADOS Y ANÁLISIS

La implementación de la secuencia didáctica anteriormente mencionada fue realizada en la institución educativa distrital Bosa Nova, ubicada en la localidad de bosa y donde se forman niños, niñas y jóvenes con un enfoque bilingüe. Se eligió a treinta y seis estudiantes de grado decimo para realizar la implementación, esto debido a que los lineamientos curriculares de la institución educativa indican que en cursos anteriores ya han tenido un acercamiento a temas relacionados con fenómenos de la luz y a características de las ondas.

Como ya se ha presentado, la secuencia didáctica cuenta con tres sesiones las cuales van a tener una duración de dos horas cada una, con un objetivo general y tres específicos que se buscan cumplir uno en cada sesión.

### **Primera sesión: Conociendo la trayectoria de la luz**

La primera sesión lleva como objetivo identificar la trayectoria de los diferentes colores de luces, para cumplir con este objetivo se inicia con una actividad en la cual se les suministro a los estudiantes un formulario (Figura12) en donde se solicitaba indicar si de los temas que allí se presentan

- Lo saben y pueden explicarlo
- Lo comprenden, pero no pueden explicarlo
- Lo conocen un poco
- No lo saben y no lo comprenden

Esto con el fin de conocer y evidenciar los conocimientos previos de los estudiantes respecto a temas que ayudan a la comprensión de la dispersión de la luz.

Para responder las preguntas tenga en cuenta las siguientes categorías:

1. Lo sé y puedo explicarlo
2. Lo comprendo, pero no puedo explicarlo
3. Lo conozco un poco
4. No lo sé y no lo comprendo

Planteamientos				
	1	2	3	4
Sabe ¿qué es el cielo?		X		
Para usted ¿las nubes están en el cielo?		X		
Sabe si en la atmosfera se encuentran pequeñas partículas			X	
La luz blanca de un bombillo está compuesta por los colores del arco iris				X
La luz del sol está compuesta por todos los colores del arco iris				X
Conoce acerca de las longitudes de onda de la luz				X

Planteamientos				
	1	2	3	4
Sabe ¿qué es el cielo?	X			
Para usted ¿las nubes están en el cielo?	X			
Sabe si en la atmosfera se encuentran pequeñas partículas	X			
La luz blanca de un bombillo está compuesta por los colores del arco iris		X		
La luz del sol está compuesta por todos los colores del arco iris			X	
Conoce acerca de las longitudes de onda de la luz	X			

Planteamientos				
	1	2	3	4
Sabe ¿qué es el cielo?			✓	
Para usted ¿las nubes están en el cielo?			✓	
Sabe si en la atmosfera se encuentran pequeñas partículas			✓	
La luz blanca de un bombillo está compuesta por los colores del arco iris			✓	
La luz del sol está compuesta por todos los colores del arco iris			✓	
Conoce acerca de las longitudes de onda de la luz			✓	

Planteamientos				
	1	2	3	4
Sabe ¿qué es el cielo?				X
Para usted ¿las nubes están en el cielo?				X
Sabe si en la atmosfera se encuentran pequeñas partículas			X	
La luz blanca de un bombillo está compuesta por los colores del arco iris				X
La luz del sol está compuesta por todos los colores del arco iris				X
Conoce acerca de las longitudes de onda de la luz			X	

Figura 12: Formulario secuencia didáctica

Al recibir los resultados de los formularios fue preciso apreciar que de las preguntas uno y dos la mayoría de las respuestas eran que “lo sabían” y al solicitar su justificación los estudiantes respondían desde su subjetividad, recibiendo argumentos como:

- El cielo es donde están las nubes y pasan los aviones. (Estudiantes 1)
- El cielo es a donde vamos cuando nos morimos, como dice la biblia. (Estudiante 2)

Respuesta que ponen en evidencia la experiencia con el entorno de cada estudiante. Para las preguntas restantes que hacían referencia a situaciones menos evidentes la respuesta que más prevaleció fue “no lo sé y no lo comprende”, al solicitar una justificación a los estudiantes algunos de ellos afirmaron:

- La atmosfera no sé qué es, pero sé que tiene mucha contaminación por lo que me imagino tiene algunas partículas de polvo. (Estudiante 3)
- No es posible que un bombillo blanco tenga más colores. (Estudiante 4)
- Es posible que si, por que es una luz natural y puede que la combinación de todos los colores le dé el color a la luz del sol. (Estudiante 5)

Al escuchar las justificaciones dadas por los estudiantes, la maestra decide hacer algunas apreciaciones para brindar a los estudiantes la posibilidad de relacionar temas vistos anteriormente con las preguntas que se estaban haciendo, esto permitió percibir que los

jóvenes si habían tenido la oportunidad de estudiar temas relacionados con el fenómeno de la dispersión de la luz, pero se les dificultaba generar relaciones con situaciones de su diario vivir.

Para continuar, se solicita a los estudiantes formar grupos de tres o cuatro personas para realizar las actividades que se propondrán, con el objetivo de potenciar el trabajo grupal en los estudiantes característico de la actividad experimental, una vez conformados los grupos se hace entrega de un cuadernito que va a funcionar como portafolio de evidencias, con el objetivo de registrar en este las observaciones, reflexiones y conclusiones realizadas en cada grupo.



*Figura 13: Portada portafolio de evidencias*

Con el acercamiento a los conocimientos previos de los estudiantes, se procede a realizar la actividad de desarrollo para esta sesión, esta cuenta con un experimento guiado el cual solicita a los estudiantes llenar tres cuartos de un vaso de vidrio transparente con agua y agregar unas gotas de leche descremada, posterior a ello, se les pide ubicar el láser rojo en la parte exterior del vaso y observar su trayectoria, este procedimiento se debe repetir para los diferentes colores de luces y analizar su recorrido.

Este experimento tiene como fin que los jóvenes puedan observar y reflexionar frente a la trayectoria de los diferentes colores de luces, luego que cada equipo realice las observaciones pertinentes se proporcionan algunas preguntas para guiar la observación y de esta forma cada grupo generara sus conclusiones.

Esta actividad también cuenta con un propósito en cuanto al enfoque de enseñanza por el cual opta el maestro, el cual busca presentar a los estudiantes una nueva forma de abordar el aprendizaje de las ciencias, donde no se da inicio desde lo teórico, ecuaciones, textos, entre otras, si no que se da cabida a poder manipular instrumentos y tener un acercamiento al fenómeno natural que se busca estudiar, generando una motivación intrínseca en el estudiante que será de importancia en sesiones posteriores.

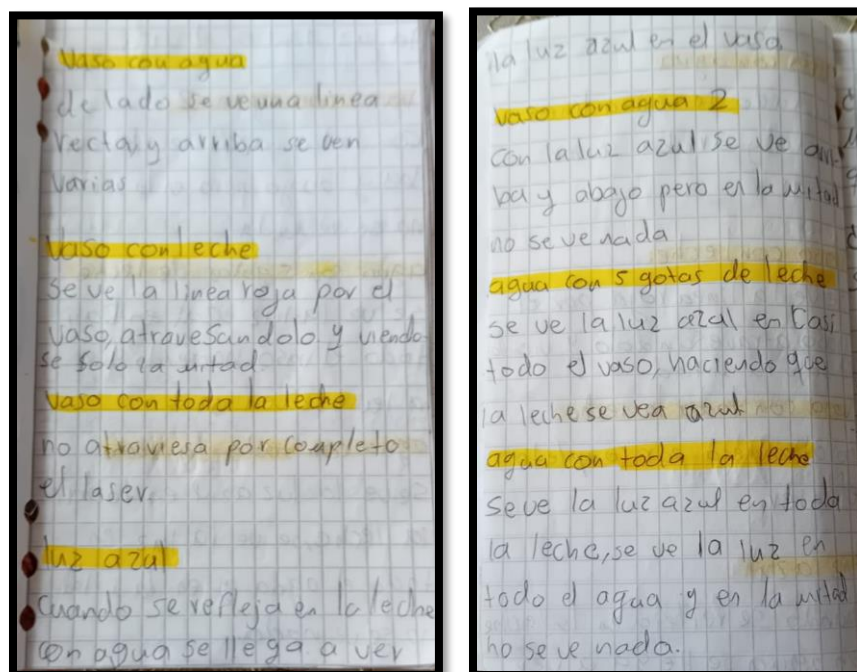


Figura 14: Observaciones primer experimento

Algunas observaciones realizadas por los estudiantes, guiadas por medio de preguntas fueron: (Figura 14)

- ❖ Agua sola: Al poner el láser de lado y de arriba se muestra una línea curva  
 Agua con luz azul: se nota al inicio y al final, pero no en el medio  
 Agua con cinco gotas de leche: El agua se ve un poco azul y no se refleja al final  
 (Grupo 1)
- ❖ Vaso con agua: De lado se ve una línea recta roja y de arriba se ven varias. Con la luz azul se ve arriba y abajo pero no en el medio  
 Vaso con leche: Se ve la línea roja atravesando el vaso. Se ve la luz azul en casi todo el vaso, haciendo que la leche se vea azul.

Vaso con mucha leche: No atraviesa por completo el láser rojo. Se ve la luz azul en la primera parte del vaso, de la mitad para abajo no se ve nada. (Grupo 2)

Al conocer las observaciones de los estudiantes es posible evidenciar que se está guiando el aprendizaje por un enfoque apropiado ya que les fue posible interpretar lo que vieron en los experimentos con el propósito de cumplir con el objetivo que se planteó desde el inicio de la sesión.

Para el cierre de esta primera sesión, se realizó una actividad en la que los estudiantes generaron una conclusión teniendo en cuenta el experimento y el objetivo planteado. Para realizar el respectivo análisis se escogieron aleatoriamente algunas conclusiones realizadas por los estudiantes las cuales fueron:

- El experimento nos dejó ver que la trayectoria de las luces es diferente según su color, la del color azul no llega muy lejos en el vaso, pero en la parte que se ve no se ve como una línea recta. (Grupo 3)
- La trayectoria de la luz roja se ve recta en el experimento, pero la de la luz azul no, con eso pudimos comprender que cada color tiene una trayectoria diferente (Grupo 6)
- Aunque el experimento sea el mismo las trayectorias son diferentes para cada color de luz, unas se ven rectas, otras se ven en el inicio y en el final, pero no en el medio, si este experimento lo realizamos solo con agua no se puede ver la trayectoria de todos los colores. (Grupo 1)

Por medio de las conclusiones dadas por los estudiantes fue posible evidenciar que a lo largo de esta sesión los estudiantes estuvieron empleando constantemente las operaciones cognitivas de orden superior, esto debido a que fueron capaces de explicar y analizar lo que sucedió durante la realización del experimento, lo cual se puede apreciar en lo descrito en el portafolio de evidencias del grupo 2 que es:

Vaso con agua: De lado se ve una línea recta roja y de arriba se ven varias, con la luz azul se ve arriba y abajo pero no en el medio.

Vaso con leche: Se ve la línea roja atravesando el vaso. Se ve la luz azul en casi todo el vaso, haciendo que la leche se vea azul.

Vaso con mucha leche: No atraviesa por completo el láser rojo. Se ve la luz azul en la primera parte del vaso, de la mitad para abajo no se ve nada.

De igual manera los llevo a reflexionar frente al porque la trayectoria de las luces no se comporta de la misma forma en todos los colores, lo cual se pudo evidenciar en las conclusiones de los grupos, como ejemplo se muestra la conclusión del grupo 1

Aunque el experimento sea el mismo las trayectorias son diferentes para cada color de luz, unas se ven rectas, otras se ven en el inicio y en el final, pero no en el medio, si este experimento lo realizamos solo con agua no se puede ver la trayectoria de todos los colores. (Grupo 1)

generando en ellos preguntas como ¿Qué hace que no sigan el mismo recorrido todos los colores?

Con estas evidencias es posible afirmar que se logró el objetivo de la sesión programada, ya que los estudiantes fueron capaces de generar conclusiones de sus observaciones comprendiendo como se da la trayectoria de la luz dependiendo del color de la misma y con las cuales en las actividades posteriores podrán generar relaciones para llegar a tener un primer acercamiento al por qué del color del cielo.

### **Segunda sesión: Viendo los colores del cielo**

Para la segunda sesión de clase, se busca cumplir con el objetivo de establecer la relación entre los experimentos realizados y el color del cielo, proponiendo así una actividad de apertura, donde el estudiante debe observar una serie de imágenes que dejan en evidencia los distintos colores que puede tener el cielo (anexo 4), esto con el fin de generar una conciencia de lo que se aprecia del cielo ya que es tan normal verlo que muchas veces no se aprecia la belleza producida por un fenómeno natural.

Esta fue una actividad que generó un impacto positivo en los estudiantes, ya que estos manifestaban: “nunca habían visto el cielo de color morado”, “como es posible que el cielo pueda tener tantos colores, de donde salen”, esto incrementó la motivación en los estudiantes lo que permitió que la actividad de desarrollo fuera realizada con una buena actitud.

Continuando con la actividad de desarrollo, se propone un experimento “libre” el cual se caracteriza por dar el protagonismo a los estudiantes donde el docente únicamente le proporciona los materiales a cada grupo y ellos proponen las variables que consideran pertinentes para llevar a cabo las observaciones necesarias, esto estará acompañado de unas preguntas guía propuestas por la maestra las cuales les ayudara a los jóvenes a orientar sus observaciones sin perder el objetivo que se tiene en la sesión (Figura 15).

Es decir, se brindan las primeras indicaciones y los materiales que van a emplear, pero se da la posibilidad que los estudiantes generen sus variables para que de esta forma realicen observaciones y reflexiones diferentes cada grupo.

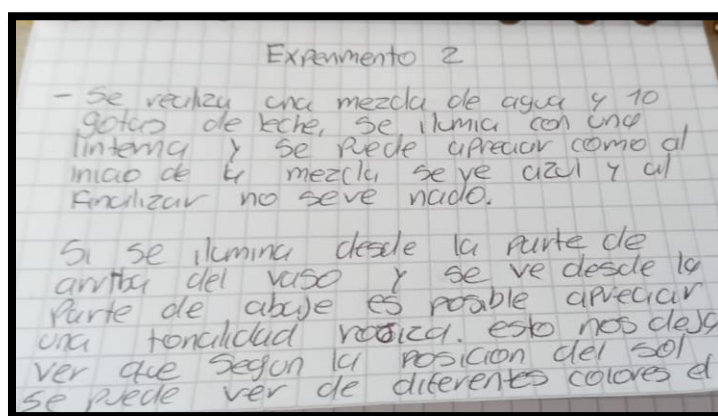


*Figura 15: Experimento “libre”*

Con esta actividad el maestro pretende generar autonomía en los estudiantes haciéndolos protagonistas de la generación de nuevos conocimientos, algunas de las reflexiones realizadas por los estudiantes fueron: (Figura 16)

- Se realiza una mezcla de agua y diez gotas de leche, se ilumina con una linterna y se puede apreciar como al inicio de la mezcla se ve azul y al final no se ve nada. Si se ilumina desde la parte de arriba del vaso y se ve desde la parte de abajo es posible apreciar una tonalidad rojiza, esto nos deja ver que según la posición del sol se puede ver de diferentes colores el cielo. (Grupo 1)

- Al principio le agregamos demasiada leche y no fue posible ver nada, con menos leche se pudo ver una parte del vaso azul. (grupo 4)
- En el vaso se aprecia un poco el color azul, pero si se hace en otro recipiente más grande se ve más el efecto, cuando se ilumina por encima del vaso es diferente a que si se ilumina por el lado del vaso. (Grupo 7)



*Figura 16: Análisis de estudiantes*

Al realizar la revisión de las observaciones y los análisis realizados por los estudiantes a partir del experimento, es posible evidenciar que los jóvenes generaron variables acertadas para la comprensión de lo sucedido en la actividad experimental, lo que les ayudó a establecer relaciones entre lo que sucede en el cielo y lo que pudieron apreciar en el experimento, De igual manera, es posible apreciar que el enfoque de enseñanza por el que optó el maestro ha generado resultados favorables, produciendo que los estudiantes se inclinen por un enfoque profundo de aprendizaje, lo que deja en evidencia que lo que se pretendía en la primera sesión en cuanto a generar una motivación para actividades próximas fue exitoso.

Para el cierre de esta clase, se solicita a los estudiantes que se reúnan por equipos y realicen una conclusión teniendo en cuenta lo que pudieron observar en el experimento y el objetivo planteado, las cuales fueron socializadas por medio de una mesa redonda buscando propiciar el diálogo y la construcción conjunta, a continuación, se presentan algunas conclusiones que realizaron los equipos:

- Con este experimento nos dimos cuenta que la luz de la linterna si está compuesta por otros colores, porque el agua se podía ver azul o roja ósea que la luz del sol también debe tener otros colores. (Grupo 3)
- La posición que le demos a la linterna cambia lo que vemos, entonces si el sol cambia su posición cambia lo que nosotros vemos. (Grupo 1)

Al escuchar las conclusiones dadas por los equipos, es posible resaltar que los estudiantes generaron un conocimiento frente al fenómeno, puesto que pudieron hacer apreciaciones como:

En el vaso se aprecia un poco el color azul, pero si se hace en otro recipiente más grande se ve más el efecto, cuando se ilumina por encima del vaso es diferente a que si se ilumina por el lado del vaso.

Lo que hace posible evidenciar que las actividades experimentales están permitiendo que los estudiantes tengan un acercamiento a entender el por qué del azul del cielo, incrementando en ellos la necesidad por comprender lo que ven diariamente y aumentando el interés por conocer más sobre el tema de forma autónoma.

### **Tercera sesión: ¿Y ahora comprendes el por qué del color del cielo?**

Para la sesión final, se busca cumplir con el objetivo relacionar los experimentos realizados con la teoría, inicialmente se solicita a los grupos contemplar si es posible relacionar los experimentos realizados con lo que sucede en el cielo, algunas de las respuestas expresadas por los estudiantes fueron:

- Si tiene relación, porque la luz blanca que en el cielo sería el sol viaja con una trayectoria hasta llegar a la atmosfera que sería la mezcla agua y leche y allí se hace posible que salgan los colores del arco iris. (Grupo 7)
- Para nuestro grupo es difícil encontrar la relación entre el experimento y lo que pasa en el cielo. (Grupo 2)

Conociendo las respuestas de los grupos se percibe que no para todos los estudiantes es clara la relación entre el experimento y lo que sucede en el cielo, por ende, es preciso que el maestro realice una aclaración de cómo se relaciona lo que se vio experimentalmente con lo

que pasa en el cielo, para ello en la actividad de desarrollo el maestro brinda una explicación teórica de la dispersión de la luz y la relación que tiene esto con los experimentos realizados, si bien el objetivo de esta secuencia no es brindar un acercamiento a las ecuaciones que describen el fenómeno si se quiso dar un acercamiento a las interpretaciones de las mismas dejando en evidencia que sí se puede tomar un tema con claridad sin necesidad de hacerlo desde los formalismos matemáticos.

Finalmente, se solicita a los estudiantes contestar seis preguntas de forma individual y luego compartir las respuestas con sus compañeros y así generar una conclusión conjunta, las cuales serán expuestas por un representante de cada grupo, algunas de las conclusiones fueron: (Figura 17)

- Podemos concluir que la luz recorre según la cantidad de onda que tenga. El cielo logra obtener esos colores por la diferencia del recorrido que tiene que hacer la luz. (Grupo 5) (Anexo 5)
- Llegamos a la conclusión que el cielo es azul por las longitudes de luz del sol. Es una mezcla de longitudes de onda de luz, cada onda tiene su propio color, las ondas varían según el color siendo el violeta el color con menor longitud de onda y el rojo con mayor, por lo tanto, el cielo se puede ver de diferentes colores. (grupo 7) (Anexo 6)
- En conclusión, podemos decir que el cielo es azul por la trayectoria que tiene la luz del sol a través de las capas de la atmósfera, esto y la menor longitud de onda que tiene el color azul hace que las partículas de la primera capa reflejen dicho color, y por el lado de los atardeceres su longitud es mayor por lo cual se refleja en tiempos específicos. (Grupo 5)

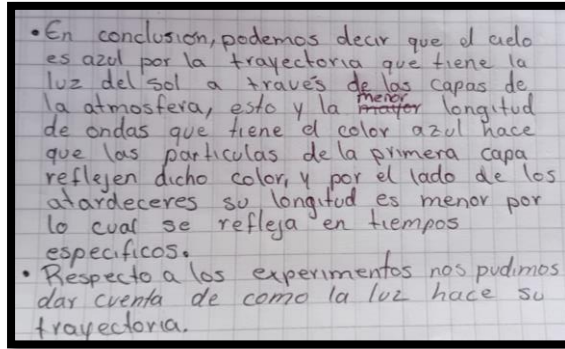


Figura 17: Conclusiones de los estudiantes

Con estas conclusiones se puede apreciar que los estudiantes tuvieron un acercamiento favorable a temas como la longitud de onda, que permiten la comprensión del fenómeno de la dispersión de la luz, ya que en sus apreciaciones son capaces de explicar grosso modo que es una longitud de onda y como es su comportamiento como se observa aquí

Llegamos a la conclusión que el cielo es azul por las longitudes de luz del sol. Es una mezcla de longitudes de onda de luz, cada onda tiene sus propio color, las ondas varían según el color siendo el violeta el color con menor longitud de onda y el rojo con mayor, por lo tanto, el cielo se puede ver de diferentes colores.

Lo anterior, deja de manifiesto que iniciar una adquisición del conocimiento por medio de actividades experimentales, genera resultados favorables y que la secuencia didáctica aquí propuesta es pertinente para abordar en una clase de física que pretenda enseñar un fenómeno óptico, de igual manera se pudo cumplir con el objetivo general de esta secuencia, el cual mencionaba que se brindaran las herramientas para el entendimiento del fenómeno de la dispersión de la luz y por qué se puede ver el cielo de color azul, se logró ya que luego de la explicación teórica los estudiantes fueron capaces de generar relaciones entre el experimento y la realidad, obteniendo así un acercamiento a entender el fenómeno de la dispersión de la luz.

Los resultados expuestos con anterioridad fueron extraídos de los portafolios de evidencias realizados por cada grupo, en los que fueron plasmados las explicaciones y los análisis consolidados al interior de cada conjunto de trabajo, esto permitió a la investigadora realizar

una comparación entre los resultados obtenidos y los resultados esperados como se muestra a continuación.

Para la primera sesión se esperaba tener un acercamiento a los saberes previos de los estudiantes relacionados con el fenómeno de dispersión de la luz, lo que se logró con éxito ya que la actividad propuesta dejó en evidencia los temas con los que los estudiantes habían tenido un acercamiento anteriormente, para la segunda actividad se pretendía que los estudiantes comprendieran que no todos los colores de luces tienen la misma trayectoria por lo que al estar compuestos en la luz blanca cada color tiene un comportamiento diferente, con el experimento guiado por la docente los estudiantes apreciaron que no todos los colores de luces cuentan con la misma trayectoria y les fue posible caracterizar la trayectoria de algunas luces de colores disponibles en el salón de clase, para finalizar, se buscaba que el estudiante fuera capaz de explicar, analizar y reflexionar frente a lo sucedido en el experimento, lo que se cumplió ya que como se muestra en el análisis de resultados de la primera sesión los estudiantes emplearon las operaciones cognitivas de orden superior para lograr de esta manera un entendimiento frente a lo sucedido en la actividad experimental.

En cuanto a la segunda sesión, se esperaba hacer conscientes a los estudiantes de los colores que pueden apreciarse en el cielo, esto se logró puesto que al mostrar las imágenes a los estudiantes era evidente el asombro por ver colores que “no habían visto en el cielo” sin embargo no los habían apreciado porque no eran conscientes que el cielo podía tomar esos colores, por esto se obtuvo un resultado favorable ya que se reflexionó con los jóvenes frente a los colores del cielo, en la segunda actividad se pretendía que los estudiantes fueran capaces de proponer sus variables en el experimento y generar conclusiones a partir del mismo, con esta actividad los jóvenes llegaron a diferentes conclusiones teniendo en cuenta las variables planteadas lo que propició un diálogo entre grupos y una ampliación en la comprensión de los estudiantes, para terminar se busca que el estudiante fuera capaz de explicar, analizar y reflexionar frente a la relación que tienen los experimentos con el color del cielo, con esta actividad los estudiantes presentaron algunas dificultades frente a lograr una relación precisa con lo apreciado en el experimento y el por qué del color del cielo.

La sesión final, esperaba que los estudiantes fueran capaces de explicar, analizar y reflexionar frente a la relación que tiene los experimentos con el color del cielo, al nuevamente socializar

las posibles relaciones con los estudiantes fue posible apreciar que las relaciones establecidas eran muy ambiguas por lo que la maestra considero pertinente dar a conocer las posibles relaciones en la actividad de desarrollo junto con la formalización del fenómeno, esta actividad esperaba hacer evidente para los estudiantes la relación entre los experimentos y el fenómeno de la dispersión de la luz, por último el estudiante debía responder un cuestionario para evidenciar la adquisición de un nuevo conocimiento, en lo que se obtuvo resultados favorables, sin embargo, un aspecto que se puede mejorar es el tiempo de ejecución de la secuencia didáctica ya que es muy corto por lo que se considera necesario extenderlo y de esta forma brindar la posibilidad a los jóvenes de tener un mayor acercamiento al fenómeno y por ende una comprensión más profunda del mismo.

## CONCLUSIONES

- ✓ Las actividades experimentales que fueron llevadas al aula de clase permitieron evidenciar el aporte que generan en el proceso enseñanza-aprendizaje, ya que motivaron al profesor a elegir un enfoque de enseñanza donde como lo menciona Biggs (2005) él es una guía para el estudiante, brinda al alumno la posibilidad de tomar el protagonismo en el aula y ser partícipe de su propio aprendizaje. Por otro lado, el estudiante al interactuar con las actividades propuestas experimenta una motivación intrínseca la cual le permite inclinarse por un enfoque de aprendizaje profundo, permitiéndole emplear las actividades cognitivas apropiadas para desarrollar una actividad o tarea, incrementando en él su sentido de pertenencia y compromiso.
  
- ✓ Es preciso aclarar que el proceso enseñanza-aprendizaje es una tarea conjunta entre estudiante y docente, ya que si el maestro emplea un enfoque de enseñanza que motive al estudiante a inclinarse por un enfoque de aprendizaje profundo, esto tendrá como producto un desempeño superior en las actividades en el aula, no obstante, este proceso también puede ser inverso, donde el maestro es motivado por los estudiantes a cambiar su enfoque de enseñanza puesto que los alumnos le exigen actividades en las que puedan emplear operaciones cognitivas de orden superior.
  
- ✓ Al caracterizar el fenómeno de la dispersión de la luz fue posible evidenciar que los trabajos realizados por Tyndall fueron de corte experimental y que posteriormente Rayleigh realizó la fundamentación matemática del fenómeno basándose en los experimentos realizados por sus antecesores, con esta caracterización fue posible apreciar que para tener un primer acercamiento a un fenómeno no es necesario iniciar por los formalismos matemáticos, sino que es posible realizar actividades experimentales que den paso a la comprensión y adquisición de la formalización teórica de un fenómeno. A partir de la fundamentación del marco conceptual de esta investigación fue posible apreciar que era viable replicar de forma experimental lo

que sucede en el cielo para tener un acercamiento más tangible al fenómeno y luego dar un acercamiento teórico del mismo.

- ✓ Crear una secuencia didáctica que tuviera como enfoque principal las actividades experimentales fue un gran reto, ya que como maestra me centre en un enfoque de enseñanza para el cambio conceptual centrado en el estudiante, buscando como fin último que los estudiantes pudieran apropiarse un conocimiento desde su participación en el aula y suscitar en ellos una motivación por seguir guiando sus estudios con un enfoque profundo de aprendizaje
- ✓ Implementar dicha secuencia con estudiantes que no han tenido un acercamiento a un proceso de enseñanza-aprendizaje distinto del tradicional en la clase de física produjo obstáculos que pudieron superarse gracias a un buen manejo del proceso enseñanza-aprendizaje, logrando de esta forma obtener resultados favorables y lo más importante dejar un precedente que las clases de ciencias, para este caso de física, no deben ser una tortura, por el contrario pueden ser agradables y amenas creando en los estudiantes el deseo de conocerlas y estudiarlas.
- ✓ Por medio del portafolio de evidencias diligenciado por los estudiantes, se realizó el análisis de las reflexiones acerca de la dispersión de la luz, donde se encontró que los estudiantes adquirieron de forma favorable un nuevo conocimiento, dejando en evidencia que las actividades experimentales pueden ser llevadas al aula de clase y generar un aporte significativo en el proceso enseñan-aprendizaje.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Arce Urbina, M. E. (2002). El valor de la experimentación en la enseñanza de las ciencias naturales. El taller de ciencias para los niños de la sede del atlántico de la universidad de costa rica: una experiencia para compartir. *Revista educación*, 147-154.
- Biggs, J. (2005). *Calidad del aprendizaje universitario*. Madrid: Narcea, S.A. De ediciones.
- Bueno, G. (1995). *Filosofía en español*. Obtenido de <https://filosofia.org/aut/gbm/1995qc.htm>
- Carrascosa, J., Gil Pérez, D., Vilches, A., & Valdés, P. (2006). Papel de la actividad experimental en la educación científica . *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 157-182.
- Díaz Barriga, Á. (2013). *Guía para la elaboración de una secuencia didáctica*. México: Universidad Nacional Autónoma De México.
- Entwistle, N. (1987). *La comprensión del aprendizaje en el aula*. Paidós.
- Feixas, M. (2006). Cuestionario para el análisis de la orientación docente del profesor universitario. *Revista de investigación educativa*, 97-118.
- Ferreirós, J., & Ordóñez, J. (diciembre de 2002). Hacia una filosofía de la experimentación. *Revista Hispanoamericana de filosofía*, xxxiv(102), 47-86.
- Franklin, A. (1999). The roles of experiment. *Physics in perspective*, 35-53.
- Gómez Delgado, Y., & Villalobos Galvis, F. H. (2014). Planeación de la propuesta investigativa. En Y. A. Gómez Delgado, & F. H. Villalobos Galvis, *Competencias para la formulación de un proyecto de investigación. Guía metodológica para docentes investigadores* (págs. 58-95). Pasto: Universidad de Nariño.
- Hacking, I. (1983). *Representar e intervenir*. México: Paidós mexicana, S.A.
- Hernández Moreno, E. M. (2010). *Universidad de granada*. Obtenido de <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/4971/18709576.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Hernández, E. A. (julio-diciembre de 2017). *UAEH*. Obtenido de [https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P\\_Presentaciones/b\\_huejutla/2017/Optica.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/b_huejutla/2017/Optica.pdf)
- Kerker, M. (1968). Light Scattering, Characterization of the scatterer from a knowledge of the scattered light leads to techniques for studying interfacial phenomena. *THE INTERFACE SYMPOSIUM*, 31- 46.
- Koponen, I., & Mantyla, T. (2006). Generative role of experiments in physics and in teaching physics: A suggestion for epistemological reconstruction. *Science & education*, 31 - 54.
- Malagón Sánchez, J. F., Ayala Manrique, M. M., & Sandoval Osorio, S. (2013). *Construcción de fenomenologías y procesos de formalización: un sentido para la enseñanza de las ciencias*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Malagón Sánchez, J. F., Ayala Manrique, M. M., & Sandoval Osorio, S. (2013). La actividad experimental: construcción de fenomenologías y procesos de formalización. En J. F. Malagón Sánchez, M. M. Ayala Manrique, & S. Sandoval Osorio, *Construcción de fenomenologías y procesos de formalización: un sentido para la enseñanza de las ciencias* (págs. 85-102). Bogotá : universidad Pedagógica Nacional.
- Medina, M. B. (marzo-agosto de 2015). Influencia de la interacción alumno-docente en el proceso enseñanza-aprendizaje. *PAAKAT: revista de tecnología y sociedad* (8 ).
- MEN, M. (2004). *Formar en ciencias: el desafío*. Bogotá: Espantapájaros taller.
- MEN, M. (2006). *Estándares básicos de competencias*. Colombiana: Ministerio de Educación Nacional.
- Mora Vargas, A. I. (2005). Guía para elaborar una propuesta de investigación. *Revista Educación*, 67-97.
- Pérez Mogollón, j. F. (2006). Una visión histórica de la óptica. *Revista ciencia y tecnología para la salud visual y ocular*, 91-105.

- Pérez, C. M. (abril de 2020). *SABER UCV*. Obtenido de <http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/21443/1/El%20Enfoque%20Constructivista%20en%20educaci%C3%B3n%20-%20Prof.%20Camilo%20Malav%C3%A9.pdf>
- Prosser, M., & Trigwell, K. (2006). Conformatory factor analysis of the approaches to teaching. *British Journal of educational Psychology*, 405-419.
- Restrepo, M. C. (2006). Contexto, interacción y conocimiento en el aula. *Pensamiento psicológico*, 133-148.
- Ruster Guillen, D. E. (2019). Qualitative research: hermeneutical phenomenological method. *revista propósitos y representaciones*, 201-229.
- Sánchez Silva, M. (2005). La metodología en la investigación cualitativa. *Mundo siglo XXI- revista del centro de investigación económicas*, 115-118.
- Soler, M. G., Cárdenas, F. A., & Hernández Pina, F. (2018). Enfoques de enseñanza y enfoques de aprendizaje: perspectivas teóricas promisorias para el desarrollo de investigaciones en educación en ciencias. *Ciencia. educación, Bauro*, 993-1018.
- Toro Baquero, J., Reyes Blandón, C., Martínez, R., Castelblanco, Y., Cárdenas, F., Granés, J., & Hernández, C. A. (mayo de 2007). Obtenido de [http://paidagogos.co/pdf/fundamentacion\\_ciencias.pdf](http://paidagogos.co/pdf/fundamentacion_ciencias.pdf)
- Tyndall, J. (1868). *On the Blue Colour of the Sky, the Polarization of Skylight, and on the polarization of light by Cloudy matter generally*. London.

## ANEXOS

### Anexo 1

Asignatura	Física
Tema general	Dispersión de la luz
Contenidos	Longitud de onda, dispersión en el cielo y conceptualización
Duración de la secuencia didáctica	6 horas
Número de sesiones previstas	3 sesiones
Nombre del profesor que elaboro la secuencia	Adriana Pineda
Objetivo profesor: Brindar herramientas para el entendimiento del fenómeno de la dispersión de la luz y el porqué del color del cielo.	
Objetivo estudiantes: Entender por qué del color del cielo	
Orientaciones para la evaluación: La evaluación se llevará a cabo por medio de un portafolio de evidencias en grupo, en donde se debe registrar lo aprendido o comprendido en cada sesión y explicar cómo esto lo puede relacionar con el color del cielo. Al finalizar la secuencia didáctica cada grupo expondrá sus aprendizajes.	
<b>Secuencia didáctica “¿Por qué el cielo es azul?”</b>	

Para llevar a cabo esta secuencia didáctica es necesario contar con: un salón oscuro, dos vasos de vidrio, un láser, leche descremada, luz blanca y jeringa. Algunos de estos materiales serán proporcionados por el docente y otros los deberá llevar el estudiante.

Las actividades que realizare con ustedes tienen como fin ayudarme a culminar mis estudios profesionales, pero también tienen un fin mayor el cual es proporcionar un entendimiento de algo que apreciamos todos los días como lo es el cielo pero que muy pocos conocemos lo que pasa en él; para esta ocasión se pretende brindar las herramientas que permitan comprender el fenómeno de la dispersión de la luz, pero también como este se manifiesta en el color del cielo.

### SESIÓN 1: CONOCIENDO LA TRAYECTORIA DE LA LUZ

**OBJETIVO:** Identificar la trayectoria de los diferentes colores de luces

**Actividad de apertura: (20 min)**

Antes de iniciar la actividad, se aplicará a cada estudiante un cuestionario sobre conceptos relacionados con el fenómeno de dispersión de la luz para conocer los conocimientos previos del estudiantado

### ¿Y TÚ CONOCES EL CIELO?

Nombre: \_\_\_\_\_

Para responder las preguntas tenga en cuenta las siguientes categorías:

1. Lo sé y puedo explicarlo
2. Lo comprendo parcialmente pero no puedo explicarlo
3. Lo conozco un poco
4. No lo sé y no lo comprendo

Planteamientos	1	2	3	4
Sabe ¿qué es el cielo?				
Para usted ¿las nubes están en el cielo?				
Sabe si en la atmosfera se encuentran pequeñas partículas				
La luz blanca de un bombillo está compuesta por los colores del arco iris				
La luz del sol está compuesta por todos los colores del arco iris				
Conoce acerca de las longitudes de onda de la luz				

Luego de responder el pequeño cuestionario, se pedirá a los estudiantes organizarse en mesa redonda y se solicitará a algunos de ellos que respondan una de las preguntas del cuestionario, esto con el fin de conocer los conocimientos previos de los estudiantes sobre el tema.

#### Actividad de desarrollo: (50 min)

La actividad tiene como objetivo identificar porque algunas luces de colores se desvían y otras siguen su curso.

Inicialmente, por grupos de 3 personas. Se hace una disposición en el vaso de vidrio transparente lleno de agua unos tres cuartos y se le agregan unas gotas de leche descremada, posterior a ello, se ubica el láser rojo en la parte exterior del vaso como se ve en la imagen.



Para orientar las observaciones se realizarán las siguientes preguntas mientras los estudiantes analizan e interpretan que pasa en el experimento:

- ¿Cree que con este experimento usted puede comenzar a entender por qué vemos el cielo azul?
- ¿Qué cree que pasaría si se tuviera un láser de luz azul o de otro color?
- ¿Qué pasaría si aumenta la cantidad de leche?
- Si se hace el experimento solo con agua ¿pasara lo mismo? ¿por qué?

Estas cuestiones los estudiantes en grupo las discutirán o las realizarán con los materiales dispuestos y posteriormente se discutirán.

### **Actividad de cierre: (20 min)**

Las reflexiones que los estudiantes puedan realizar a partir del experimento se discutirán al final de la clase y registrarán sus análisis en el portafolio de evidencias como tarea grupal.

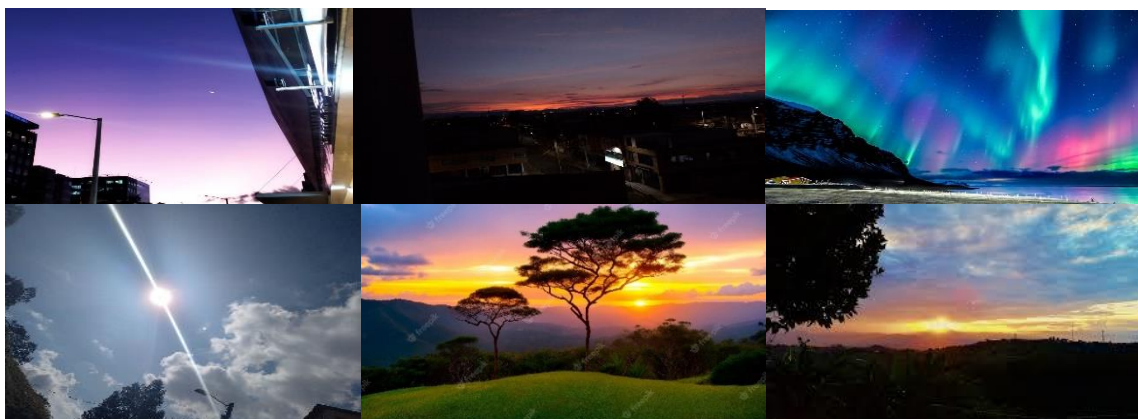
## **Anexo 2**

### **SESIÓN 2: VIENDO LOS COLORES DEL CIELO**

**OBJETIVO:** Establecer la relación entre los experimentos realizados y el color del cielo

### **Actividad de apertura: (20 min)**

Para iniciar esta sesión se mostrarán varias imágenes del cielo a los estudiantes



Luego de ver las imágenes, se preguntará a los estudiantes:

- ¿De qué color se ve el cielo en las imágenes?

- ¿Por qué se ve de diferentes colores?

Los estudiantes pensarán en una posible respuesta y las tendrá en cuenta para la actividad posterior.

### **Actividad de desarrollo: (50 min)**

Para la actividad experimental, se procede a proporcionar a los estudiantes un vaso transparente, agua, una linterna, una jeringa y leche descremada. Con estos materiales proporcionados a cada grupo de estudiantes se les solicita que realicen un montaje experimental en el que se pueda observar el recorrido de la luz blanca.



Por medio de su montaje experimental ¿Se puede observar el recorrido de la luz blanca? ¿por qué?

Posterior a ello, se van a realizar modificaciones al montaje que cada grupo, por ejemplo, en primer lugar, al agua se le deben agregar pocas gotas de leche ya que con esto estamos simulando agregarle pequeñas partículas al agua, tal como sucede en la atmósfera la cual tiene pequeñas partículas de nitrógeno y otros elementos, y al iluminarlo con la linterna será posible ver el agua de un color azulado, esto debido a que se está dispersando el color que posee menos longitud de onda.

Otra modificación que es posible realizar, es la forma en la que se observa, si se observa desde el lugar opuesto al que está el foco de luz se podrá apreciar un color rojizo esto debido a que la luz del sol (linterna) debe recorrer mayor atmósfera para llegar a nuestros ojos.

- ¿Por qué se ve de diferentes colores si la luz del sol (linterna) es blanca?
- ¿Por qué el cielo no se ve rojo o naranja, pero en los atardeceres sí se puede ver de estos colores?

Los montajes experimentales y las reformas que se pueden realizar van a permitirle a los estudiantes poder volver a responder las preguntas realizadas al inicio de la sesión y las socializaran en grupo.

### **Actividad de cierre: (20 min)**

Al finalizar la sesión, se realizará una mesa redonda en la que se pondrá en discusión lo que se aprendió en la sesión y si de alguna forma se puede relacionar con lo que se aprendió en la sesión anterior, las reflexiones de cada grupo deben ser registradas en su portafolio de evidencias con sus respectivas conclusiones.

## **Anexo 3**

### **SESIÓN 3: ¿Y AHORA COMPRENDES EL POR QUÉ DEL COLOR DEL CIELO?**

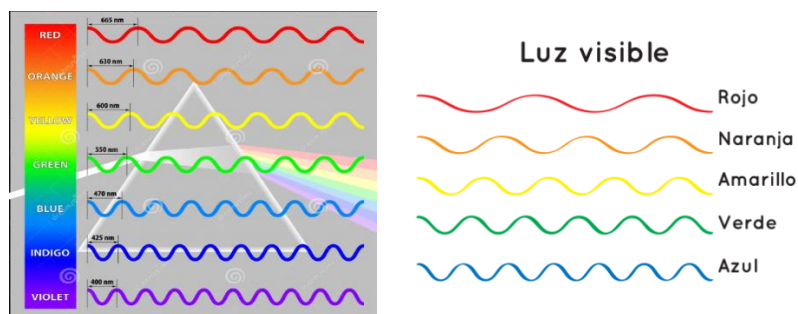
**OBJETIVO:** Relacionar los experimentos realizados con la teoría

### **Actividad de apertura: (10 min)**

Se organiza el salón en media luna y se preguntara a los estudiantes si con las actividades experimentales anteriormente realizadas fue posible tener un acercamiento a lo que sucede en el cielo para poderlo ver lo de color azul.

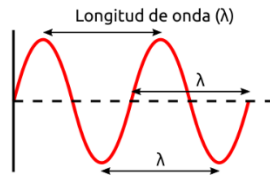
### **Actividad de desarrollo: (60 min)**

Para relacionar lo apreciado de forma experimental con la teoría, en esta parte de la sesión se dará un acercamiento teórico sobre longitudes de onda y dispersión de la luz en el cielo.



La luz del Sol se ve blanca, pero en realidad está compuesta por todos los colores del arcoíris. Cuando la luz blanca pasa por un prisma, queda separada en todos sus colores, cada color que se ha separado tiene una longitud de onda específica.

Cuando se habla de longitud de onda para una onda periódica (conjunto de pulsos que son emitidos a intervalos iguales de tiempo) es la distancia física entre dos puntos a partir de los cuales la onda se repite



Esta se mide en unidades de longitud y se representa mediante la letra griega lambda ( $\lambda$ ). Es por esto, por lo que al realizar la actividad experimental número uno, se puede apreciar que la luz roja viaja en línea recta ya que al chocar con las partículas de leche introducidas en el agua esta no es desviada puesto que su longitud de onda es mayor y no es posible que se desvíe, mientras que si se realiza ese mismo experimento con luz azul esta al interactuar con las partículas del fluido se dispersará por toda la zona y no se podrá apreciar la trayectoria en línea recta de la luz.

Igual que en el caso de la energía que circula en las ondas oceánicas, la luz también viaja en ondas. Parte de la luz viaja en ondas breves y cortas, y otra parte lo hace en ondas largas y de larga duración. Las ondas azules son más cortas que las rojas.

Toda la luz viaja en línea recta, a menos que encuentre un objeto a su paso y experimente alguno de los siguientes cambios:

- Reflejarse, como sucede con los espejos
- Doblarse, como con los prismas
- Dispersarse, como con las moléculas de los gases de la atmósfera

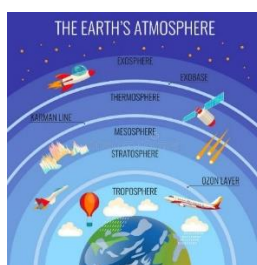
La luz del Sol llega a la atmósfera terrestre y se dispersa en todas direcciones al encontrarse con los gases y las partículas del aire. La luz azul se esparce en todas direcciones porque se topa con las diminutas moléculas presentes en la atmósfera terrestre. Además, la luz azul se dispersa más fácilmente que otros colores porque está compuesta de ondas cortas y más pequeñas. Este es el motivo por el que vemos el cielo azul la mayoría del tiempo.

Cerca del horizonte, el cielo se vuelve de un color azul pálido o blanco. La luz del Sol que llega desde la parte más baja del cielo ha pasado por más aire que la luz que nos llega por arriba. Cuando la luz del Sol pasa a través de tanto aire, las moléculas del aire dispersan y redispersan la luz azul varias veces y en muchas direcciones.

También la superficie de la Tierra ha reflejado y dispersado la luz. Todo esto mezcla los colores otra vez, y por eso vemos más blanco y menos azul.

### ¿Qué hace que la puesta del Sol sea roja?

A medida que el Sol va bajando en el cielo, su luz pasa por más partes de la atmósfera hasta alcanzarnos. Así, más parte de la luz azul queda dispersada, lo que hace que la luz roja y amarilla pase directamente y podamos captarla con los ojos.



### Actividad de cierre: (20 min)

Para concluir la secuencia didáctica se les solicita a los estudiantes que de forma individual respondan el siguiente cuestionario

1. ¿La luz del sol está compuesta por todos los colores del arco iris?
2. ¿Conoce acerca de las longitudes de onda de la luz?
3. ¿En la atmosfera se encuentran pequeñas partículas?
4. ¿La luz blanca de un bombillo está compuesta por los colores del arco iris?
5. ¿Por qué podemos ver el cielo de color azul?
6. ¿Qué hace posible ver los atardeceres?

Y por grupos presenten sus evidencias del portafolio y los saberes adquiridos.

## Anexo 4



## Anexo 5

Conclusión

Podemos concluir que la luz recorre según la cantidad de ondas que tenga.

El cielo logra obtener esos colores por la diferencia del recorrido que tiene que hacer la luz

## Anexo 6

llegamos a la conclusión que el cielo es azul por las longitudes de luz del sol. Es una mezcla de longitudes de onda de luz, cada onda tiene su propio color, las ondas varían sus colores, siendo violeta el color más corto y rojo el color con ondas más largas. Por lo tanto el cielo se puede ver de diferentes colores en el atardecer y amanecer.