



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

# **EL APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DE COLOR MEDIANTE EL ANÁLISIS DEL FENÓMENO DE REFLEXIÓN DE LA LUZ APOYADO EN EL USO DE SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS**

*Learning of the color concept through the analysis of phenomenon of light reflection supported in the use of data acquisition systems*

**Autor(es)**

LAURA MELISSA BETANCUR RAMÍREZ  
MARÍA ALEJANDRA PULGARÍN NARANJO  
MARIA FERNANDA VELÁSQUEZ FLÓREZ

Universidad de Antioquia

Facultad de Educación

Medellín, Colombia

2018



**EL APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DE COLOR MEDIANTE EL ANÁLISIS DEL  
FENÓMENO DE REFLEXIÓN DE LA LUZ APOYADO EN EL USO DE SISTEMAS DE  
ADQUISICIÓN DE DATOS**

*Learning of the color concept through the analysis of phenomenon of light reflection supported in the use of  
data acquisition systems*

LAURA MELISSA BETANCUR RAMÍREZ  
MARÍA ALEJANDRA PULGARÍN NARANJO  
MARIA FERNANDA VELÁSQUEZ FLÓREZ

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:  
**Licenciadas en Matemáticas y Física**

Asesores (a):

Mónica Eliana Cardona Zapata, Magister en Educación en Ciencias Naturales

Sonia Yaneth López Ríos, Doctora en Enseñanza de las Ciencias

Línea de Investigación:

Tecnologías de la Información y la Comunicación para la enseñanza de las ciencias y las  
matemáticas

Universidad de Antioquia

Facultad de Educación

Medellín, Colombia

2018

## AGRADECIMIENTOS

Damos gracias a todas las personas que aportaron un granito de arena para dar feliz término al presente trabajo.

Agradecemos a nuestros familiares por su paciencia infinita y por el apoyo recibido en los momentos de cansancio, quienes estaban dispuestos siempre a colaborar en lo que necesitáramos para poder continuar con nuestra ardua labor.

A nuestras asesoras Sonia López Ríos, Doctora en Enseñanza de las Ciencias, y Mónica Eliana Cardona Zapata, Magister en Educación en Ciencias naturales; quienes orientaron incansablemente nuestro trabajo buscando la excelencia del mismo, estando siempre dispuestas a resolver nuestras dudas y dar su apoyo en los momentos que necesitamos.

A Luis Felipe Ramírez, Magister en Física, quien, con amabilidad y disposición, nos ayudó a elaborar los montajes que se llevaron al aula de clase, tolerando así las interrupciones de sus quehaceres.

A la Institución Educativa Presbítero Antonio José Bernal Londoño S.J, por permitirnos el espacio para realizar nuestra práctica e implementar la propuesta pedagógico-didáctica. Así como a las docentes cooperadoras Milena Rentería y Angélica Molano, quienes cedieron espacios de su clase para que nosotras pudiésemos aprender de los estudiantes y realizar nuestra investigación.

Así mismo, a los estudiantes del grado 11<sup>º</sup>A, que estuvieron siempre dispuestos a realizar con disposición y entusiasmo las actividades que teníamos propuestas para ellos. Nunca los olvidaremos.

A nuestra amada Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia, por ser el lugar que nos ha formado como docentes. Esperamos que esta investigación pueda enriquecer más espacios de esta comunidad. Mil gracias a todos...

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	5
INTRODUCCIÓN .....	5
CAPÍTULO 1 .....	9
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
Objetivos .....	13
General: .....	13
Específicos: .....	13
CAPÍTULO 2 .....	14
REVISIÓN DE LITERATURA.....	14
Eje temático 1: Reflexiones en torno al uso de TIC en la enseñanza de las ciencias.....	16
Eje temático 2: Enseñanza del concepto de color en el ámbito educativo .....	18
Eje temático 3: Uso de SAD para la enseñanza de la física de la luz.....	20
CAPÍTULO 3 .....	22
MARCO TEÓRICO .....	22
Las TIC para la enseñanza de la física .....	22
Los SAD en la enseñanza de la física.....	24
El concepto de color desde Thomas Young .....	25
Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico .....	28
Aprendizaje colaborativo .....	32
CAPÍTULO 4 .....	36
FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA .....	36
Enfoque de la investigación .....	36
Metodología de enseñanza .....	37
Contexto de la investigación .....	37
Instrumentos y técnicas de recolección de información:.....	37
Propuesta pedagógico - didáctica.....	40
Instrumentos y procedimientos para el análisis de la información.....	55
CAPÍTULO 5 .....	59
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	59
CAPÍTULO 6 .....	81
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	81
REFERENCIAS .....	84
ANEXOS.....	92

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Formato diario de campo. ....	92
Anexo 2: Indagación de conocimientos obtenidos. ....	93
Anexo 3: Folio. ....	95
Anexo 4: Links de videos. ....	97
Anexo 5: Preguntas del juego. ....	98

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Revistas para la revisión de Literatura. ....	14
Tabla 2: Ejes temáticos para la revisión de literatura. ....	15
Tabla 3: Fases y actividades de la propuesta metodológica. ....	42
Tabla 4: Categorías apriorísticas. ....	57
Tabla 5: Respuestas que dan cuenta de subsumidores irrelevantes. ....	60
Tabla 6: Preguntas fase diagnóstica. ....	62
Tabla 7: Respuestas que dan cuenta de subsumidores relevantes. ....	64
Tabla 8: Respuestas de los estudiantes ante la importancia de los SAD. ....	67
Tabla 9: Criterios para análisis de preguntas. ....	70
Tabla 10: Preguntas que asocian conceptos con objetos o acontecimientos. ....	71
Tabla 11: Preguntas que indagan por el carácter explicativo de los sucesos. ....	72
Tabla 12: Preguntas que modifican la estructura inicial de algún acontecimiento donde se establecen relaciones entre conceptos. ....	73
Tabla 13: Respuestas iniciales y finales de los estudiantes para subcategoría 4.1. ....	76
Tabla 14: Respuestas iniciales y finales de los estudiantes para subcategoría 4.2. ....	78

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Reflexión difusa y especular (Serway y Jewett, 2009) .....	27
Figura 2: Esquema sobre los principios de la teoría del Aprendizaje Significativo Crítico implementados.....	31
Figura 3: Arduino Mega con bluetooth. ....	46
Figura 4: Rueda giratoria teoría de Young. ....	46
Figura 5: Tablero de juego.....	47
Figura 6: Actividad en el aula. ....	47
Figura 7: Reflexión de la luz. ....	48
Figura 8: Espectroscopio. ....	50
Figura 9: Síntesis aditivo de luces (Lozupone A y Sorzio C, 2010). ....	51
Figura 10: Visión del color.....	52
Figura 11: Visión de los colores a partir de las tres componentes básicas de la luz blanca, que son absorbidas o reflejadas por las superficies (Lozupone A y Sorzio C, 2010). ....	53

## RESUMEN

En el presente texto se expone una investigación enmarcada en un enfoque cualitativo sobre el aprendizaje del concepto de color, mediante el análisis del fenómeno de reflexión de la luz apoyado en el uso de Sistemas de Adquisición de Datos (SAD). Esta propuesta se fundamenta la dificultad de los estudiantes al percibir el color como un fenómeno con carácter científico. Para ello se realizó un estudio de caso instrumental donde fueron seleccionados según determinados criterios seis estudiantes de una institución educativa del municipio de Medellín de carácter público.

Dicha investigación se implementó en concordancia con la estrategia de Aprendizaje Colaborativo que busca fomentar la comprensión entre pares, y estuvo apoyada en técnicas e instrumentos de recolección de datos característicos del enfoque cualitativo, para luego ser analizados según los criterios establecidos por las investigadoras. Todo esto pretendiendo encontrar solución a la pregunta problematizadora y dar cuenta de los objetivos planteados al inicio de la investigación que buscan describir la contribución de una propuesta pedagógico-didáctica apoyada en los SAD al Aprendizaje Significativo Crítico del concepto de color, los cuales se establecieron en concordancia con cuatro principios facilitadores de la teoría de aprendizaje propuesta en este estudio: el principio de interacción social y cuestionamiento, el principio del conocimiento previo, el principio del desaprendizaje y el principio de la no utilización de la pizarra. De este modo, se evidencia una mejora en los aprendizajes de los estudiantes en la medida que relacionan el fenómeno de la visión del color con eventos y explicaciones científicas.

**Palabras claves:** Sistema de Adquisición de Datos, Concepto de color, Reflexión de la Luz, Aprendizaje Significativo Critico, Aprendizaje Colaborativo.

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo emerge de la necesidad de considerar el color como un fenómeno en estrecha relación con la ciencia, específicamente la física, debido a que muchos estudiantes remiten su explicación simplemente a propiedades de los objetos o de la materia, o solamente porque el ser humano posee aparato visual óptimo. En ese sentido, es necesario hacer una vinculación entre esos conocimientos intuitivos que tienen los estudiantes con el conocimiento científico, ya que este último los dota de herramientas importantes para ver y explicar los fenómenos del mundo desde una perspectiva que va más allá de su abstracción individual.

En vista de esta problemática, se empiezan a buscar maneras de orientar el conocimiento de los estudiantes para que establezcan relaciones entre el fenómeno de la visión del color y la física, por lo tanto, se plantea en el desarrollo de la propuesta pedagógico-didáctica el uso de la experimentación como posibilitador de un aprendizaje más activo, en donde los estudiantes interactúen con el fenómeno y empiecen a reorientar o complementar sus concepciones previas. De este modo, se busca que los alumnos logren un aprendizaje significativo crítico del concepto de color mediante el análisis del fenómeno de reflexión de la luz y otras temáticas como la teoría tricromática de Young, la absorción de la luz y el espectro visible; todo ello apoyado no solo en la teoría correspondiente sino también en el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, como lo son los Sistemas de Adquisición de Datos.

Para lograr lo anterior, se tuvieron en consideración diferentes referentes teóricos, entre ellos la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico de Moreira (2010), la cual expresa que el estudiante solo aprende críticamente a partir de los conocimientos que ya posee, en relación con asumir una postura que le permita lidiar de forma constructiva con el cambio, manejando la información que le es suministrada sin sentirse vulnerable. En este sentido la implementación de la propuesta se enfocó en propiciar el aprendizaje significativo crítico del concepto del color intentando dar cuenta de tres



de los once principios facilitadores de esta teoría, los cuales son Principio del conocimiento previo, Principio del desaprendizaje, Principio de la no utilización de la pizarra, y Principio de la interacción social y del cuestionamiento.

Para dar cuenta de este último principio, donde los estudiantes puedan compartir significados, se implementó la estrategia de aprendizaje colaborativo de Johnson, Johnson & Holubec (1999), la cual procura que los alumnos tengan como competencia el trabajo en equipo, no sólo buscando resolver una tarea o actividad en específico, sino intentando impulsar su propio aprendizaje y el de sus compañeros.

El desarrollo de este trabajo se enfoca dentro del marco cualitativo, específicamente en el estudio de caso de tipo instrumental propuesto por Stake (2010), el cual se centra en la comprensión del fenómeno de estudio -en este caso el aprendizaje del concepto de color- a través de la selección de unos casos específicos.

La presente investigación se encuentra dispuesta en seis capítulos, los cuales están estructurados para desarrollar ordenadamente el presente trabajo. En el primer capítulo se describe el planteamiento del problema donde se expone el asunto o cuestión que se tiene como finalidad aclarar, así mismo la pregunta y objetivos que de él se desprenden. En el segundo capítulo se realiza una revisión de literatura, la cual se divide en tres ejes temáticos que abarcan el uso de las TIC en la enseñanza de las ciencias, la enseñanza del concepto de color y el uso de los SAD para la enseñanza de la física de la luz, para conocer el estudio del conocimiento acumulado en estas áreas.

En el tercer capítulo se encuentran consignados todos los fundamentos teóricos que apoyan el desarrollo de este trabajo, en estos se abordan las TIC para la enseñanza de la física haciendo énfasis en los SAD, el concepto del color desde la perspectiva de Thomas Young, la Teoría de Aprendizaje Significativo Crítico y el Aprendizaje Colaborativo. En el siguiente y cuarto capítulo se aborda la fundamentación metodológica, en esta se hace alusión al desarrollo de la propuesta

pedagógico-didáctica, el contexto, los instrumentos y técnicas de recolección de información. En el quinto capítulo se realiza el análisis y discusión de los resultados de la investigación en concordancia con los objetivos y el marco teórico propuestos en el trabajo. En el sexto capítulo se encuentran las conclusiones con relación a los hallazgos de la investigación y algunas recomendaciones para el desarrollo de otros posibles trabajos que tengan interés en la propuesta implementada. Para finalizar se encuentran las referencias que dan sustento a esta investigación y los anexos correspondientes a la misma.

## CAPÍTULO 1

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el contexto educativo se evidencia la concepción del color como una propiedad de la materia, debido a que usualmente se considera necesario solo abrir los ojos para ver un objeto (Viennot, 2002). Dicha concepción arraigada en un número importante de estudiantes, manifiesta la existencia de un conocimiento intuitivo desligado de una explicación física, de forma que propone una manera sustancialmente diferente de “ver” e interpretar el mundo en relación con el conocimiento científico (Bravo y Rocha, 2008); en tanto que la ciencia a diferencia de lo intuitivo (basado en los sentidos), pretende dar explicación clara y coherente a los fenómenos del mundo. Por lo que se hace necesario que los estudiantes superen las limitaciones de su abstracción individual, entendiendo que “las representaciones no son la realidad misma, sino también que existen maneras alternativas de interpretar y explicar los fenómenos que suceden” (Bravo y Pesa, 2005, p. 338).

Estas formas alternativas orientadas a la explicación física de los fenómenos, son aquellas a las que los docentes le apuntan debido a su rigor científico, y es por ello que se debe tener en cuenta para guiar el proceso de formación que “las ideas que presentan los alumnos previas a la instrucción, es uno de los factores que influyen directamente en el aprendizaje de concepciones científicas” (Bravo y Pesa, 2005, p. 337); por lo tanto resulta coherente que en la enseñanza formal se trabaje mediante la relación de ambos aspectos (científico e intuitivo), de manera que gradualmente se produzcan avances en la interpretación y concepción de los fenómenos físicos como la visión del color.

La interacción de la ciencia y la comprensión de los conceptos se fundamenta en gran medida en el trabajo de Bravo y Rocha (2008), debido a que estas autoras manifiestan un cambio sustancial en los conocimientos de los estudiantes, logrado por el acompañamiento y seguimiento continuo de la formación en los grados de primaria y secundaria. Así, los estudiantes pasaron de explicar la visión

como un proceso que se da por el hecho de que tenemos ojos, a expresar que “vemos porque la luz reflejada por los objetos incide en el ojo del observador” (Bravo y Pesa, 2005); evidenciando un acercamiento a la explicación científica, la cual aborda la interacción de la luz con los objetos según procesos de absorción y reflexión, que al incidir en el ojo del espectador permiten un reconocimiento del color (Bravo y Rocha, 2008). De acuerdo con esto, se desea que los estudiantes que participan de esta investigación establezcan relaciones entre la explicación científica (física) con su cotidianidad para la comprensión del color, por medio del análisis del fenómeno de la reflexión de la luz, y es en ese sentido que se propone la experimentación como un espacio que permita vincular nociones propias del saber cotidiano de los estudiantes con la física, de modo que se genere esa relación entre la percepción del estudiante con la teoría científica.

Considerar lo anterior implica tomar como supuesto que “el aprendizaje es un proceso activo en el que los estudiantes construyen y reconstruyen su propio entendimiento a la luz de sus experiencias” (Hodson, 1994, p. 305); y por tanto es necesario adoptar una postura en la que los estudiantes exploren, desarrollen y modifiquen sus ideas previas, en lugar de reemplazar las mismas de forma abrupta (Hodson, 1994).

Tomar dicha postura de la mano de la experimentación ayudará a que el estudiante deje de concebir la física simplemente como la habilidad de interpretar, manipular y usar expresiones matemáticas (Ayala, 2006), e inicie un proceso de comprensión entre la relación existente de algunos aspectos cotidianos con los fenómenos físicos. Por lo tanto, es adecuado considerar una práctica que deje de ser estandarizada, contingente, circunstancial o improvisada en las clases de física (Medina y Tarazona, 2011), y se abra paso a un proceso donde se asimilen y dinamicen las experiencias en el aula, logrando así que los estudiantes organicen e interioricen los conocimientos nuevos que han adquirido en el proceso de aprendizaje, de tal manera que les facilite la interpretación del formalismo físico con la cotidianidad, para identificar el comportamiento del color y su vínculo directo con la física.

Este proceso de asimilación y dinamización se puede favorecer mediante la incorporación de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en el aula de clase, debido a que estas “han sido reconocidas como recursos innovadores que permiten diseñar un conjunto de estrategias en las prácticas docentes, capaces de producir una verdadera revolución educativa en general” (Capuano, 2011, p. 79). Así, el docente puede tomarlas como herramientas en su práctica y hacer uso de estas como forma de comunicación y acceso al conocimiento por parte de los estudiantes, generando estrategias que faciliten sus procesos de aprendizaje.

En relación con lo anterior, se presentan los Sistemas de Adquisición de Datos como parte de las TIC. Estos se conforman específicamente por el conjunto: sensor, microcontrolador y computador, que relacionados entre sí permiten la toma de datos y el procesamiento de los mismos. El proceso de la adquisición de datos se conforma por tres fases, la primera es la transductora, la segunda es la de acondicionamiento de la señal y la tercera fase es la de visualización de los datos; estos SAD tienen múltiples ventajas como la posibilidad de observación de una gran variedad de fenómenos, proporcionando mayor precisión en los datos recolectados, constituyéndose un recurso innovador que puede promover el interés en el aula, entre otras (Cardona y López, 2017).

En ese sentido, es posible ver el Arduino como parte integradora de los SAD, al ser una plataforma que está basada en un *hardware* y un *software* de código abierto y de fácil manejo, con circuitos electrónicos que incluyen entradas y salidas, análogas y digitales, para enlazar el ámbito real con el mundo virtual. Arduino diseña y manufactura placas de desarrollo de *hardware*, compuestas por microcontroladores, que son un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Entre las ventajas de esta plataforma se encuentra que es económica, su entorno de programación es sencillo y claro, y su *hardware* y *software* son de código abierto y extensible; es decir, las personas pueden crear su propia versión del módulo, ampliarlo y mejorarlo. Es una herramienta muy útil para el ámbito educativo porque permite desarrollar tanto conocimientos científicos como tecnológicos; y por ser de fácil manejo es posible llevarlo al aula,

desarrollando en el estudiante la creatividad, el pensamiento lógico, el aprendizaje basado en proyectos, entre otros (Arduino, 2017).

En concordancia con lo anterior se propone el uso de SAD como herramienta posibilitadora de la experimentación en el aula, con la intencionalidad de esclarecer el por qué podemos ver los colores y cómo suceden los fenómenos en la física que se relacionan con dicha temática. De este modo se busca implementar los SAD en estudiantes de grado once con edades que oscilan entre los 16 y 19 años, pertenecientes a la Institución Educativa Presbítero Antonio José Bernal Londoño S.J de carácter público. Esta institución se encuentra ubicada al lado de la estación Acevedo del metro, entre los barrios Héctor Abad Gómez y Plaza Colón del municipio de Medellín.

En virtud de lo anterior, el presente trabajo se orienta a dar respuesta a la pregunta de investigación: *¿De qué manera una propuesta pedagógico-didáctica apoyada en los sistemas de adquisición de datos contribuye al aprendizaje significativo crítico del concepto de color?*

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 General:**

Describir la contribución de una propuesta pedagógico-didáctica apoyada en los sistemas de adquisición de datos al aprendizaje significativo crítico del concepto de color.

### **1.1.2 Específicos:**

- Conocer la influencia de las concepciones previas que tienen los estudiantes para aprender de manera significativa y crítica el concepto del color.
- Identificar indicios de desaprendizaje por parte de los estudiantes en relación con el concepto de color.
- Describir las características de los cuestionamientos planteados por los estudiantes en el aula como evidencia del aprendizaje significativo crítico.
- Identificar el aporte de los SAD para el aprendizaje significativo crítico en los estudiantes en relación con el concepto de color.

## CAPÍTULO 2 REVISIÓN DE LITERATURA

Con el fin de desarrollar la presente investigación se consultaron revistas nacionales e internacionales de diferentes ámbitos como: educación, enseñanza de las ciencias, enseñanza de la física, y educación en ciencia y tecnología. Esta exploración se encuentra consignada en la Tabla 1, donde se muestra un total de 91 artículos hallados con posibilidad de ser usados para la presente revisión de literatura, de los cuales, después de ser examinados, fueron utilizados en el desarrollo de este capítulo un total de 36 artículos.

Tabla 1: *Revistas para la revisión de Literatura.*

Ámbito de revista	Nombre de la revista	País	Número de artículos encontrados	Número de artículos analizados
<b>Educación</b>	Revista Internacional de Investigación en Educación	Colombia	7	4
	Educação e Pesquisa	Brasil	6	4
	Revista Brasileira de Educação	Brasil	6	4
<b>Enseñanza de las ciencias</b>	International Journal of Science Education	Reino Unido	6	2
	Journal of Research in Science Teaching	Estados Unidos	6	1
	Revista Ciência e Educação	Brasil	10	1
	Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias	España	2	2
	Investigações em Ensino de Ciências	Brasil	1	1
<b>Educación en ciencia y tecnología</b>	Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología	Argentina	15	4
<b>Enseñanza de la física</b>	Caderno Brasileiro de Ensino de Física	Brasil	13	1
	Revista Brasileira de Ensino de Física	Brasil	14	9
	Latin-American Journal of Physics Education	México	1	1
	Física na Escola	Brasil	4	2
<b>Total</b>			<b>91</b>	<b>36</b>



La información obtenida en la investigación se enfoca en temáticas como: las TIC, la enseñanza en ciencias y el concepto de color; esto con la finalidad de enmarcarlos dentro de tres ejes temáticos propios de nuestro trabajo, los cuales son: Reflexiones en torno al uso de TIC en la enseñanza de las ciencias, Enseñanza del concepto de color en el ámbito educativo y Uso de SAD para la enseñanza de la física de la luz. Estos ejes de investigación comprenden diversos autores que han hecho aportes a la temática, tal como se evidencia en la Tabla 2.

Los documentos encontrados en las revistas exploradas pertenecen a un periodo de revisión 2010-2017, pero se rescatan también algunos trabajos como el de Viennot (2002); Bravo y Pesa (2005); Bravo y Rocha (2008); Grisolí (2009) que, si bien no pertenecen al periodo anteriormente presentado, sus aportes son considerados útiles para el desarrollo del trabajo.

Tabla 2: *Ejes temáticos para la revisión de literatura.*

Eje temático	Autores
Reflexiones en torno al uso de TIC en la enseñanza de las ciencias	Grisolí, 2009; Borello, 2010; García, 2010; Guerrero y Kalman, 2010; Soong y Mercer, 2011; Valdés, Arreola, Angulo, Carlos y García, 2011; Giacosa, Concari y Giorgi, 2012; Soares y Nascimento, 2012; Bell, Maeng y Binns, 2013; Marcelo, 2013; Pereira y Ribeiro, 2013; Román y Murillo, 2014; Pereira y Ribeiro, 2015; Ricoy y Couto, 2014; Bermúdez, 2015; Brijaldo y Sabogal, 2015; Prazeres, 2015; Vivanco, 2015; García, Deco, Bender y Collazos, 2017; Schuhmacher, Alves Filho y Schuhmacher, 2017.
Enseñanza del concepto de color en el ámbito educativo.	Viennot, 2002; Bravo y Pesa, 2005; Bravo y Rocha, 2008; Bravo, Pesa y Pozo, 2010; Rocha, Fujimoto, Azevedo y Muramatsu, 2010; Martínez, Pérez, Suero y Pardo, 2013; Albuquerque, Sena y Ferreira, 2015; Silveira y Barthem, 2016; Campos, Batista y Souza, 2017.
Uso de SAD para la enseñanza de la Física de la luz	Lüdke, 2010; Micha, Penello, Kawabata y Camarotti, 2011; Souza, Paixão, Uzêda, Días, Duarte y Amorim, 2011; Cardona y López, 2017; Cavalcante, Tavolaro y Molisani, 2011; Cavalcante, de Castro y Balaton, 2016; Kelly, Rocha y Germano, 2017.

Con respecto a los hallazgos generales de esta revisión se encuentra que el uso de las TIC en la educación es un tema de gran interés en la actualidad para la enseñanza en los diversos niveles de educación media y de educación superior; no obstante, a la hora de delimitar la búsqueda y centrarse en el uso de los SAD para la enseñanza de la física, se encuentran pocos artículos que aborden este ámbito. Por otra parte, se rescata una visión del concepto de color desligada del carácter científico, lo cual ha conllevado a la realización de diversas intervenciones para la mejora de su comprensión; algunas de estas se enfocan en el análisis del concepto desde una forma más contextual; sin embargo, no se logra evidenciar en gran magnitud la incorporación y relación de este con los SAD. A continuación se describen los principales hallazgos sobre los ejes anteriormente propuestos.

### **2.1 Eje temático 1: Reflexiones en torno al uso de TIC en la enseñanza de las ciencias**

En este primer eje temático se encontraron artículos donde se implementan o proponen el uso de tecnologías para la enseñanza de las ciencias; sin embargo, aún no se especifica la relación de la enseñanza del color con estas en el aula de clase, y mucho menos la incorporación de Sistemas de Adquisición de Datos enfocados al aprendizaje del color. En la revisión de los trabajos se ha identificado que se exponen las consideraciones y desafíos de una enseñanza con el uso de TIC en educación media (García, 2010), y se resalta que esta puede servir incluso para modificar las prácticas escolares (Guerrero y Kalman, 2010). Aun así, se consideran las TIC como herramientas que influyen en el aprendizaje de los estudiantes (Román y Murillo, 2014) y además, en su motivación y comprensión de contenidos conceptuales en física (Grisolía, 2009).

Ahora bien, se resalta la necesaria apropiación de las TIC por parte del docente (Brijaldo y Sabogal, 2015) y se muestran las diversas actitudes de estos hacia las mismas (Valdés *et al.*, 2011); pues se puede advertir en ocasiones, que los profesores se interesan en incorporar las TIC en su práctica pero no cuentan con el conocimiento para ello, lo que implica una barrera u obstáculo en su

desarrollo profesional (Schuhmacher *et al.*, 2017). Al tener en consideración esto, se muestra cada vez más curiosidad tecnológica por parte de los profesores, algo que puede ser positivo en este caso, ya que incluir las TIC requiere de docentes innovadores (Marcelo, 2013); por lo cual es necesario que accedan a una adecuada formación en TIC (Soares y Nascimento, 2012; Pereira y Ribeiro, 2013; Bell *et al.*, 2013; Prazeres, 2015; Pereira y Ribeiro, 2015).

Además de ello se requiere de un cambio en los diseños curriculares para la integración de las TIC en la enseñanza escolar de todas las áreas del conocimiento, por lo cual en varios documentos argumentan la necesidad de docentes que deseen incorporar dichos cambios y que sepan cómo realizar estas modificaciones (Borello, 2010; Giacosa *et al.*, 2012) con miras a integrar las TIC mediante modelos participativos, colaborativos y comunitarios (Bermúdez, 2015). Estos aspectos pueden abrir la mente del estudiante para enfrentar los futuros retos (García *et al.*, 2017), y, es por ello que es necesario tener siempre presente que no son una tabula rasa, siendo conveniente trabajar con base en sus concepciones previas y usar las TIC para la orientación de las mismas con carácter científico (Soong y Mercer, 2011).

Por otra parte, varios trabajos exponen los beneficios y las dificultades que pueden traer las prácticas con TIC; entre los beneficios se encuentran la diversidad de recursos, el ahorro de tiempo, las facilidades para la utilización, el bajo costo económico de algunos dispositivos y aplicaciones, las mejoras propiciadas en el aprendizaje, la edición y difusión de contenidos en diferentes formatos y la posibilidad de compartir recursos; entre las dificultades se asocia la necesidad de formación en el instrumento que se vaya a utilizar, así como la pérdida de tiempo en este proceso, la distracción que se puede generar al estar en internet, la pérdida de privacidad, el deterioro del contacto presencial y personal, los peligros de la red y el elevado costo de algunos dispositivos (Ricoy y Couto, 2014; Vivanco, 2015).

## 2.2 Eje temático 2: Enseñanza del concepto de color en el ámbito educativo

En esta categoría se aborda principalmente la conceptualización de los sujetos en relación con la temática del color, y por tanto, la importancia de una enseñanza que oriente dichas nociones a un carácter más riguroso. De este modo, se resalta en investigaciones como las de Martínez *et al.* (2013), Campos *et al.* (2017), Bravo y Pesa (2005), Bravo y Rocha (2008) y Viennot (2002), que generalmente las ideas de las personas surgen ligadas a sus experiencias e interacciones con el mundo y no tanto desde una visión científica; en concordancia con ello se hace conveniente un acercamiento académico al concepto de color desde una postura científica, para así ir orientando y mejorando las ideas intuitivas del mismo (Bravo *et al.*, 2010).

Dicho acercamiento visto desde una postura de países europeos se evidencia con Martínez *et al.* (2013) en la realización de dos propuestas de enseñanza para combatir ideas erróneas de los estudiantes y acercar estas a un carácter más científico: la enseñanza tradicional y la creación de mapas conceptuales; estableciendo así que los últimos son una herramienta que promueve un cambio conceptual mediante un aprendizaje significativo. Por su parte, autores latinoamericanos como Campos *et al.* (2017), realizan una propuesta de enseñanza por investigación con personas que frecuentan la red pública de enseñanza en la modalidad de jóvenes o adultos, conformada por tres etapas que incluyen la distribución de material, resolución de problemas por parte de los alumnos y sistematización de luz, color y visión a partir de hipótesis planteadas por ellos mismos. Estas tres etapas ayudan a que los alumnos tomen conciencia de que el color no es propiedad intrínseca del objeto y que la luz juega un papel importante en ello.

En ese mismo sentido otros tres trabajos de origen latinoamericano, específicamente de Argentina, como los de Bravo y Pesa (2005), Bravo y Rocha (2008) y Bravo *et al.* (2010), brindan algunas soluciones a la misma preocupación con relación a que los estudiantes conciben el color como propiedad del objeto y no como un fenómeno con carácter físico. Ante esto dichos autores

plantean la implementación de propuestas didácticas diseñadas para favorecer el cambio ontológico, epistemológico y conceptual en el modo de conocer de los alumnos; en ese sentido éstos guiaron la construcción de un modelo científico que se fue complejizando a medida en que los alumnos avanzaban en su educación formal; es decir, se implementó un aprendizaje gradual con uso de trabajos individuales, grupales, actividades de lápiz y papel y experimentos que permitieron el paso de las ideas intuitivas a otras coherentes con las ciencias, logrando así cambiar el modo de conocer de los estudiantes.

Por otra parte, los autores latinoamericanos Albuquerque *et al.* (2015) proponen un acercamiento al concepto de color por medio de una contextualización del mismo. Su propuesta radica en la metodología desarrollada por Demetrio Delizoicov y José André Peres Angotti utilizando las ideas de Paulo Freire sobre investigación temática. Dicha propuesta que consistía en permitir por medio de un proceso dialógico entre docente y alumno la adquisición de comprensión de conocimientos y prácticas involucradas en el tema propuesto, fue implementada en la Universidad Federal de Santa Catarina con cuatro grupos de enseñanza media y dio buenos resultados en el aprendizaje del concepto.

Además, es pertinente como se observa en los hallazgos de los trabajos encontrados, recurrir al desarrollo experimental, utilizando por ejemplo montajes que ayuden a los estudiantes a la comprensión del tema a abordar. En ese sentido, se establecen dos propuestas de investigación Brasileñas que no son llevadas a la práctica como lo son las de Rocha *et al.* (2010) y Silveira y Barthen (2016); estos proponen la creación de montajes experimentales con materiales de costo relativamente bajo, que permiten explicar a los estudiantes temáticas con relación al concepto de color de modo que se haga una relación con la cotidianidad y los objetos que vemos -por ejemplo el cielo-, o haciendo uso de Tecnologías para explicar la síntesis aditiva de los colores de la teoría tricromática de Young-Helmholtz.

En conclusión, después de revisar los trabajos aquí presentados, no sólo se hace necesario un acercamiento al concepto del color por medio del desarrollo teórico sino que también es conveniente relacionar este con la experimentación, ya que dicha temática se encuentra en constante interacción con el sujeto y por ende hay que orientarlo para superar los errores de su abstracción individual.

### **2.3 Eje temático 3: Uso de SAD para la enseñanza de la física de la luz**

Se evidencia que el uso de sistemas de adquisición de datos para la enseñanza de la física es un tema poco explorado; sin embargo, se presentan en algunos trabajos ventajas de los mismos para su uso en el aula de clase. De esta forma, se describe la plataforma Arduino como una opción de bajo costo que permite la adquisición de datos y, en interacción con la computadora, permite almacenar información y ver gráficas de las actividades prácticas de física en tiempo real, todo esto mediante el apoyo de una serie de sensores como medidores de temperatura, presión, humedad, posición, distancia, sensores de gases y fotosensores (Cavalcante *et al.*, 2011; Souza *et al.*, 2011). Así por ejemplo, se presentan experimentos de fácil montaje para ayudar al entendimiento de los conceptos físicos ligados a la luz y a los colores con el uso del sensor de luminosidad digital BH1750FVI (Kelly *et al.*, 2017).

Además, se menciona el uso de sensores como herramienta para laboratorios de física donde se presentan limitaciones de tiempo y presupuesto (Lüdke; 2010) por ejemplo, es posible alterar una cámara web para ser usada como un sensor de luz que permita la visualización del espectro electromagnético fuera del rango visible, como el infrarrojo; lo cual es significativo debido a que de forma simple los estudiantes pueden percibir la existencia de otros tipos de radiación que se encuentran fuera de la banda espectral que vemos a través de experimentos simples y de una manera ilustrativa (Micha *et al.*, 2011).

Por otra parte, se puede decir como lo afirma Cavalcante *et al.* (2016), que sólo el uso del conocimiento científico teórico en física no es suficiente para entender el color y por ello, este autor sugiere considerar el uso de los SAD como herramientas que apoyan la enseñanza del concepto de color en el aula de física y facilitan a los estudiantes visualizar conceptos como: luz aditiva, longitud de onda, espectro electromagnético y reflexión de la luz. Para ello, propone la experimentación en el aula, con el fin de obtener datos cuantitativos y cualitativos en el estudio de composición del color. Esta es presentada a los estudiantes con el uso de Arduino en conjunto con sensores analógicos o digitales y otros dos *software* libres (*Tracker* y *Scratch*), que permiten abordar conceptos como: reflexión de la luz, espectro electromagnético y longitud de onda, de forma tal que se realizan experimentos con la descomposición de una luz proveniente de un LED RGB que incide en un CD y se capta la imagen a través de un teléfono celular con el programa de *tracker analysis*, donde se obtienen los valores correspondiente a las longitudes reflejadas en la imagen. Así, con el uso de diferentes recursos didácticos es factible la comprensión de los conceptos de la luz y el color, además de desarrollar el razonamiento lógico y el interés por la programación en estudiantes de enseñanza media (Cavalcante *et al.*, 2016).

En este sentido, los SAD también tienen la capacidad de propiciar en el estudiante la comprensión de conceptos, por ser herramientas que promueven el aprendizaje significativo crítico en la medida que ayudan a la construcción de conocimiento por medio de estrategias como la interacción social, la resolución de problemas, el cuestionamiento y el desarrollo del pensamiento teórico y procedimental; ya que permite estudiar una cosa en concreto, generando así predicciones e hipótesis, para luego hallar, procesar, estudiar y analizar datos por medio de diferentes métodos de representación de la información (Cardona y López, 2017); algo muy relevante para nuestra investigación, ya que pretendemos usar esta herramienta para propiciar en el estudiante la comprensión del concepto de color por medio del análisis de la reflexión de la luz.

## CAPÍTULO 3

### MARCO TEÓRICO

El presente apartado aborda la correspondiente fundamentación teórica que sustenta este trabajo, comenzando por plasmar el significado de las TIC en la actualidad, la importancia de los SAD y su implementación en la enseñanza de la física.; así mismo se realiza una aproximación a la teoría tricromática de Young-Helmholtz, para efectuar un acercamiento a la manera en que se entienden desde esta perspectiva temas como luz y color, además se van a retomar las definiciones de reflexión y absorción de la luz presentadas por Paul Hewitt (2007) en su libro *Física conceptual*. Además se orienta la investigación con base en la teoría de aprendizaje significativo crítico de Marco Moreira (2010) y se implementa como estrategia de enseñanza el aprendizaje colaborativo de David Johnson, Roger Johnson y Edythe Holubec (1999), las cuales fundamentan la importancia de los saberes del estudiante y su relación con el otro.

#### **3.1 Las TIC para la enseñanza de la física**

En la actualidad se puede evidenciar una inmersión social en la era digital que gira en torno a las nuevas tecnologías e internet; tal cambio se ha dado de forma gradual y ha conllevado a una transformación de los diversos ámbitos sociales (económico, educativo, industrial, etc.). De este modo, se ha vuelto imprescindible que las políticas educativas empiecen a indagar acerca de la incorporación de tecnologías en el aula de clase, debido a que estas forman parte del diario vivir de los estudiantes.

Es por ello que se vuelve indispensable la formación docente para la inserción de las TIC, en la medida en que el papel del profesor se ha transformado con la llegada de éstas a la escuela; por ende se vuelve oportuno que adopte unas mejores aptitudes para desempeñarse con solvencia en entornos de aula que sean enriquecidos por esta digitalización. Así pues, el docente -en este caso de física- puede volverse un líder de aula en esta herramienta, y potenciar el proceso de enseñanza-



aprendizaje implementando estrategias didácticas e innovadoras, que van ligadas a una planeación curricular orientada a la comprensión de los fenómenos físicos y a la participación activa del estudiante en el salón de clase.

Es pertinente entonces que el docente tenga presente los impactos de las TIC en el aula para la incorporación de las mismas; así, es conveniente que comprenda que un buen uso de éstas puede permitir una mejora en los aprendizajes de los estudiantes, así como el desarrollo de la curiosidad y la creatividad, acercando al estudiante a un mundo más informatizado con miras hacia el futuro. Además, permite una forma diferente de construir, aplicar los conocimientos y acceder de modo más fácil y rápida a los mismos, según su modo de comprensión, ya sea por medio de videos, audios, gráficos, imágenes, textos, entre otros; igualmente el manejo de estas tecnologías, permite que el sujeto desarrolle la capacidad de resolución de problemas. De este modo las TIC se convierten en un instrumento facilitador de los procesos de aprendizaje que si bien no reemplaza toda la actividad de aula, permite complementar las actividades, proporcionando nuevos recursos para fomentar la enseñanza y el aprendizaje de las diversas asignaturas (Grisolía, 2009).

Ahora bien, es pertinente enfocar el uso de las TIC para la enseñanza del color, puesto que se puede encontrar actividades que le faciliten al docente la explicación de algún concepto, dado que utilizan diversos recursos para la experimentación; por ejemplo, los LED, sensores, plataformas, programas computacionales, laboratorios virtuales, simulaciones y aplicaciones para *smartphones*, que posibilitan una visión más interactiva de la física con relación a fenómenos cotidianos. Por ello, las TIC pueden ser usadas en el aula, como apoyo para el desarrollo de habilidades experimentales y analíticas, potenciando así, el aprendizaje conceptual, el trabajo en equipo y favorece la comprensión de las bases del conocimiento en física; por lo mencionado anteriormente se considera viable la implementación de estas tecnologías en el presente trabajo.

### 3.1.1 Los SAD en la enseñanza de la física

Una de las herramientas que componen el vasto mundo de las TIC son los Sistemas de Adquisición de Datos, los cuales son una serie de instrumentos (LED, sensores, computadoras, plataformas, etc.) que vinculados entre sí permiten la recolección de información y el procesamiento de la misma. El proceso que realizan los SAD para dicha toma de datos y su posterior análisis, se conforma por tres fases, la primera es la transductora, en la cual el sensor es susceptible a una variable física que es tomada y transformada en una señal eléctrica que pasa a la segunda fase, la de acondicionamiento, donde la señal es amplificada y llevada al microcontrolador Arduino, que se encarga de transformarla de análoga a digital para ser plasmada en la tercera fase, donde esta señal es recibida por el computador y cumple un ciclo de entrada- procesamiento-salida para que luego los datos puedan ser visualizados y analizados por el estudiante (Cardona y López, 2017).

Estos SAD para la enseñanza de la física pueden favorecer la comprensión de conceptos en los estudiantes, ya que son un recurso de aprendizaje procedimental (Pontes, 2005), en cuanto les brinda la posibilidad de realizar toma de datos en tiempos reducidos, permite observar una mayor variedad de fenómenos, es un recurso innovador que puede promover el interés en el aula y da mayor exactitud en los datos recolectados; así mismo promueve el aprendizaje significativo porque los alumnos pueden generar predicciones, formular hipótesis, acumular, procesar, estudiar y entender datos por medio del análisis de gráficas, entre muchas otras aplicaciones y ventajas que se pueden encontrar a nivel educativo de la implementación de estos (Cardona y López, 2017).

En relación con el desarrollo del trabajo se implementan sistemas que permiten simular el comportamiento de la luz aditiva, constatando así que la combinación de las luces primarias -de la teoría tricromática de Young- compone el espectro visible. Así mismo se idean montajes que posibilitan el ingreso de valores (longitudes de onda) para la simulación de los colores, y que sirven

de apoyo para visualizar mejor los fenómenos físicos en sucesos cotidianos. Por lo anteriormente mencionado se considera viable el uso de los SAD como apoyo para la explicación de conceptos en el aula de clase.

### **3.2 El concepto de color desde Thomas Young**

El concepto de color ha tenido múltiples variaciones y cambios a lo largo de la historia, “las primeras teorías que se postularon proponían que para cada color hay un tipo de cono especializado. De este modo, tendría que haber miles de tipos de conos diferentes en todas las regiones de la retina, lo cual no parecía plausible” (Coria, 2015; p.9); posteriormente es Thomas Young quien sustenta que “la información del color es codificada por un número limitado de conos” (Coria, 2015; p.9), sentando así las bases para la teoría tricromática.

Al hacer una lectura acerca de las diferentes posturas que existen sobre el concepto de color, se considera apropiado sustentar el desarrollo de la investigación en la teoría propuesta por Thomas Young en 1802, que explica cómo percibe el ojo humano los colores, fundamentando que la luz es aditiva y que la combinación de las luces monocromáticas roja, verde y azul generan el espectro visible.

Esta teoría vincula el aparato visual y los fenómenos físicos para explicar el proceso de la percepción de los colores en el ojo humano. En esta se sustenta que todos los cuerpos están constituidos de ciertas propiedades, que absorben y reflejan las ondas electromagnéticas, es decir, absorben y reflejan colores; la cantidad absorbida es transformada en calor y la porción de luz que es reflejada llega al ojo humano, donde es indispensable que la persona tenga una condición de vista adecuada para un funcionamiento óptimo.

En concordancia con lo anterior “el color es una percepción que depende de la longitud de onda del estímulo luminoso” (Coria, 2015; p.9), dicho estímulo se da en el aparato visual que está

conformado por varios elementos, entre ellos la retina que posee células sensoriales llamadas conos y bastones, quienes reciben la información que es enviada al nervio óptico para luego ser interpretado por el cerebro (procesador de señales) como un color.

Los conos (que se dividen en tres tipos) pueden percibir tres longitudes de onda que a su vez son enviadas al nervio óptico para que luego sean interpretadas en el cerebro como el color rojo, verde y azul; la combinación de estos tres colores se denomina luz aditiva y en diferentes tonalidades podemos obtener el espectro visible.

Las señales que llegan al cerebro son interpretadas en un rango de aproximadamente 380 nm hasta 750 nm; el color que percibimos de un objeto es el rayo de luz que este rechaza; es decir, el rayo de luz reflejado es captado por el ojo humano como diferentes longitudes de onda. En este sentido es necesario que el estudiante relacione experiencias como la visión de un color, no únicamente con los sentidos, sino que también tenga fundamentos científicos.

Así pues, se tiene a una persona como partícipe dentro de la relación del fenómeno físico con el biológico, puesto que el sujeto percibe los colores dependiendo de la frecuencia<sup>1</sup> de luz que ve; es decir, cada uno de los colores se percibe debido a distintas frecuencias; así, se puede expresar que la frecuencia mínima que detectan los seres humanos corresponde al color rojo, y la máxima, en su generalidad se percibe como el color violeta.

Entre estas dos frecuencias hay una cantidad infinita de tonalidades de colores del espectro visible, pertenecientes al rojo, naranja, amarillo, verde, azul, índigo y violeta, que juntos dan origen al color blanco; por otra parte si un observador percibe el color negro, indica que el objeto no reflejó ninguna de las frecuencias, dando como consecuencia el origen de este color (Hewitt, 2007).

---

<sup>1</sup> Frecuencia considerada como la magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo.

De este modo, desde una perspectiva científica, se aborda el concepto del color considerando aspectos como: reflexión, refracción y absorción de la luz. Así pues, se explica el color teniendo presente que la mayoría de los objetos no emiten su propia luz; por tanto, se dice que la luz se refleja cuando regresa al medio de donde vino y se refracta cuando pasa de un medio a otro. En general hay cierto grado de reflexión, refracción y absorción cuando la luz interactúa con la materia; sin embargo, por el interés del presente trabajo, se hace énfasis en el proceso de reflexión de la luz para dar explicación al concepto de color (Hewitt, 2007).

En este sentido, es preciso mencionar que cuando un rayo de luz que viaja en un determinado medio encuentra una frontera para pasar a otro medio, parte de la luz que incide se refleja. La reflexión de la luz puede ser de dos tipos: reflexión especular o reflexión difusa según las características de la superficie reflejante; es decir, si la superficie es lisa<sup>2</sup> adopta el primer nombre y si es rugosa el segundo. La diferencia entre ambas se fundamenta en el hecho de que una reflexión especular permite una visión de los rayos reflejados donde todos son paralelos entre sí, mientras que, una reflexión difusa hace que los rayos vayan orientados en diversas direcciones (Serway y Beichner, 2002). Lo anterior se ilustra en la Figura 1.

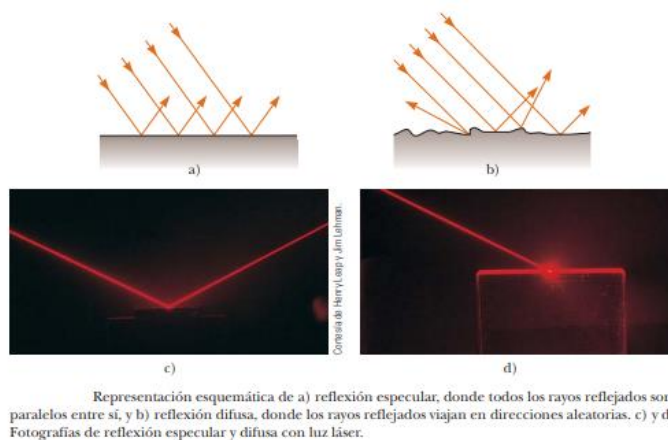


Figura 1: *Reflexión difusa y especular* (Serway y Jewett, 2009)

<sup>2</sup> Una superficie se comporta como una superficie lisa siempre que las variaciones en la misma sean más pequeñas que la longitud de onda de la luz incidente (Serway y Beichner, 2002, p.1110).

### 3.3 Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico

La teoría cognitiva de aprendizaje que orienta la presente investigación es el Aprendizaje Significativo Crítico planteada por Marco Antonio Moreira (2010), quien se fundamenta en las ideas de Postman y Weingartner (1969) presentadas en su libro *La enseñanza como una actividad subversiva*; en donde concuerdan que el aprendizaje además de ser significativo debe ser crítico y subversivo (Moreira, 2010); reconociendo que “el aprendizaje del alumno depende de la estructura cognitiva previa que se relaciona con la nueva información -"estructura cognitiva", al conjunto de conceptos, ideas que un individuo posee en un determinado campo del conocimiento, así como su organización” (Palomino, *et al.*, 2006, p. 3); dado que el estudiante trae consigo una estructura cognitiva, por lo cual la educación que se le proporcione se debe transformar con enfoque hacia una sociedad que está en constante cambio. El aprendizaje significativo crítico tiene como premisa que el estudiante aprende solamente a partir de aquello que ya conoce, y se vuelve crítico en la medida en que adopta una postura que le permite estar inmerso en su cultura y al mismo tiempo fuera de ella; es decir, que no sea subyugado por sus ritos, sus mitos y sus ideologías. El estudiante desde esta perspectiva podrá lidiar de forma constructiva con el cambio, manejando la información que se le suministre sin sentirse vulnerable frente a su gran disponibilidad.

Esta teoría está fundamentada por Moreira (2010) en once principios facilitadores del aprendizaje significativo crítico, los cuales se enuncian y describen someramente a continuación:

- *Principio del conocimiento previo:* Este principio se hace indispensable teniendo en cuenta que nos encontramos en el marco del aprendizaje significativo, el cual establece que el conocimiento previo es, aisladamente, la variable más importante a la hora de aprender un concepto.
- *Principio de la interacción social y del cuestionamiento:* Este principio toma como una de las partes fundamentales del proceso de aula, el compartir significados por medio de la interacción docente y alumno. Establece que dicha interacción es adecuada que se realice

por medio de un intercambio de preguntas, debido a que cuando el alumno formula un cuestionamiento sustancial ligado a sus conocimientos previos, da cuenta de un aprendizaje significativo crítico. Así pues, el docente se presenta como un orientador de las preguntas de los estudiantes, generando que estos se cuestionen acerca de sus planteamientos.

- *Principio de la no centralización en el libro de texto:* Aquí el autor pretende dejar de lado el libro de texto ya que este generalmente toma un significado de autoridad de donde “emana” el conocimiento, para docentes y alumnos; sin tener presente que existen otros materiales que podrían expresar de mejor manera el conocimiento, por ejemplo los artículos científicos, los cuentos, las poesías, las crónicas, los relatos, las obras de arte, entre otros.
- *Principio del aprendiz como perceptor/representador:* En este principio el alumno es considerado un perceptor/representador; es decir, percibe su entorno y lo representa. El perceptor decide cómo representar en su mente el objeto o estado de cosas del mundo y toma esa decisión basado en aquello que su experiencia previa (o sea, percepciones pasadas) le sugiere que irá a “funcionar” para él.
- *Principio del conocimiento como lenguaje:* En este principio el autor pretende dar a entender que cada lenguaje, tanto en términos de su léxico como de su estructura, representa una manera singular de percibir la realidad; es decir, que prácticamente todo lo que llamamos conocimiento es lenguaje; y una “disciplina” es una manera de ver el mundo, un modo de conocer, y todo lo que se conoce en esa “disciplina” se encuentra representado por los “símbolos” o palabras en los cuales se configura. Por lo tanto, aprender un contenido de manera significativa es aprender su lenguaje (palabras, signos, instrumentos, procedimientos, etc).
- *Principio de la conciencia semántica:* Este principio facilitador del aprendizaje significativo crítico implica varias concientizaciones. La primera hace referencia a que el

significado está en las personas, no en las palabras; es decir, los significados que tengan éstas fueron atribuidos por personas. La segunda es, que las palabras no son aquello a lo que ostensivamente se refieren, esto quiere decir que la palabra no es la cosa, es solo una representación de la misma.

- *Principio del aprendizaje por el error:* Este principio establece que es común en el ser humano errar, y no está mal, así es que se ha desarrollado el método científico; por lo tanto, buscar sistemáticamente el error es pensar críticamente, es aprender a aprender, es aprender críticamente rechazando certezas, enfrentando el error como algo natural y aprendiendo a través de su superación.
- *Principio del desaprendizaje:* Este principio pretende crear en el estudiante la capacidad de ser crítico respecto a su conocimiento previo, en la medida en que pueda elegir el conocimiento necesario para aprender uno nuevo y no tener en consideración uno que sea innecesario para su aprendizaje, es decir, aprender a desaprender.
- *Principio de incertidumbre del conocimiento:* Este principio establece que las ideas que tenemos del mundo son construidas según tres elementos que se encuentran en constante relación: las definiciones que creamos, las preguntas que formulamos y las metáforas que utilizamos.
- *Principio de la no utilización de la pizarra:* la pizarra representa la enseñanza transmisiva, en donde el docente se convierte en autoridad y el alumno en un simple receptor de contenidos. Ahora bien, este principio establece que eliminar la pizarra no resuelve el problema, aquí el objetivo es usar diferentes perspectivas y planteamientos didácticos que involucren la participación activa del estudiante y, de hecho, promuevan una enseñanza focalizada en el alumno, fundamental para facilitar un aprendizaje significativo crítico.
- *Principio del abandono de la narrativa:* este principio busca que el alumno interprete lo



que está en los libros de texto y lo que el docente le enseña para luego comunicar lo entendido a sus compañeros y al profesor, este principio implica la búsqueda de otras maneras de enseñar, en las cuales, metafóricamente, el profesor hable menos, narre menos, y el alumno hable más, participe críticamente de su aprendizaje.

De acuerdo con lo anterior, en la Figura 2 se presenta un esquema donde se recogen los cuatro principios de la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico que se abordan en este trabajo: Los principios del conocimiento previo, del desaprendizaje, de la no utilización de la pizarra y de la interacción social y cuestionamiento; rescatando de cada uno de estos los aspectos que se consideran en la investigación y la manera en que se relacionan para el desarrollo de la misma.

La investigación se fundamenta bajo la teoría cognitiva del aprendizaje significativo crítico, esta involucra como participante principal al estudiante, quien está permeado por subsumidores considerados relevantes o irrelevantes dependiendo del contexto en el que se desenvuelva. Son relevantes en la medida en que permitan la continuidad en el aprendizaje e irrelevantes al no aportar al sujeto nociones para la comprensión de un conocimiento nuevo.

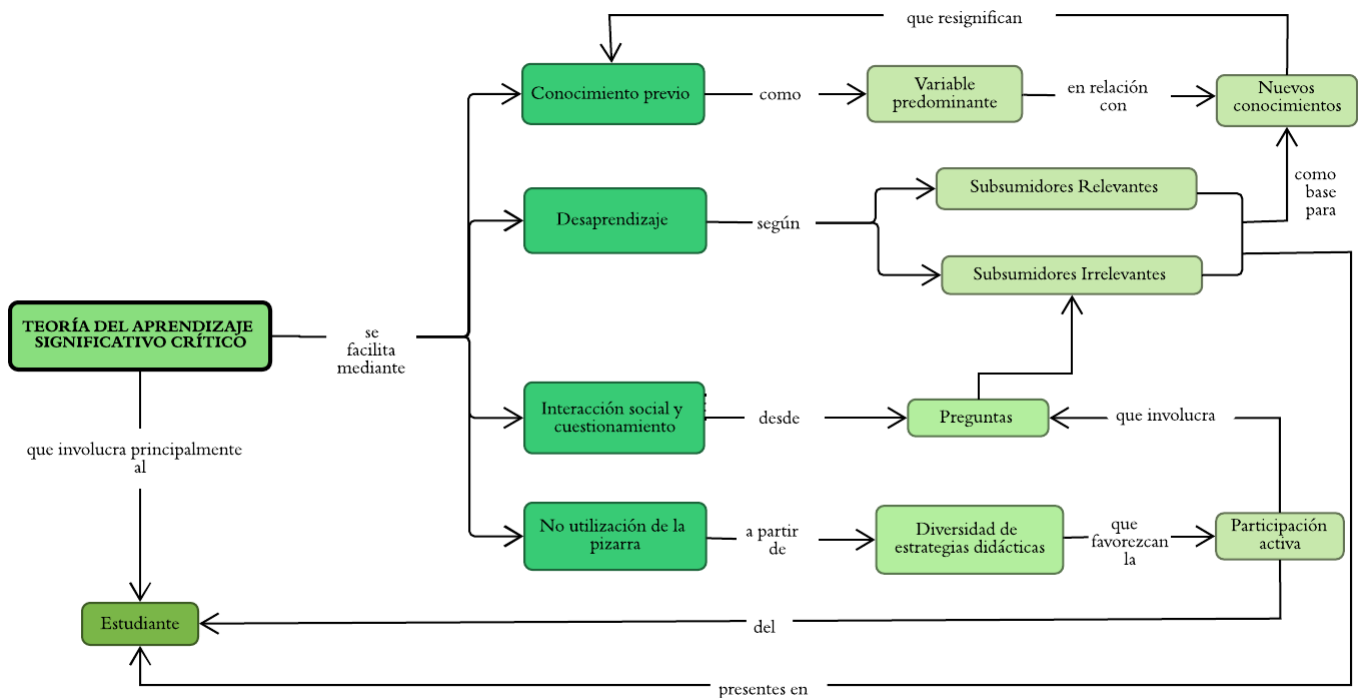


Figura 2: Esquema sobre los principios de la teoría del Aprendizaje Significativo Crítico implementados.

Con el propósito de ser consecuentes con los objetivos formulados, se desarrolla una propuesta pedagógico-didáctica en relación con cuatro principios de la teoría: el principio de conocimiento previo el cual es la variable predominante en esta teoría y está relacionado directamente con el principio de desaprendizaje, puesto que son estos saberes iniciales los que deben considerarse para la comprensión del nuevo conocimiento. Así mismo, se implementa el principio de interacción social y cuestionamiento, en la medida en que se propone la valoración del aprendizaje estableciendo unos criterios que permitan evidenciar el progreso de los estudiantes en la formulación de preguntas, que den cuenta de la superación de los subsumidores irrelevantes que tenían, y el principio de la no utilización de la pizarra debido a que se busca centrar el aprendizaje en el estudiante como miembro activo del desarrollo de la actividad, por medio de diversidad de planteamientos didácticos dejando de lado la enseñanza tradicional.

### **3.4 Aprendizaje colaborativo**

Los autores de esta estrategia, Johnson, Johnson y Holubec (1999), definen la cooperación como la capacidad de trabajar juntos para alcanzar objetivos comunes; por lo tanto, esta estrategia establece que se requiere la participación directa y activa de los estudiantes para que se dé este aprendizaje en el aula, donde los alumnos trabajen en conjunto para maximizar su propio aprendizaje y el de los demás.

Ahora bien, estos autores clasifican tres tipos de grupos de aprendizaje colaborativo según su periodo de aplicación y la forma de trabajo dentro de los mismos. El primero de estos grupos son los formales, los cuales funcionan durante un lapso de tiempo que va de una hora a varias semanas de clase. En estos grupos, los estudiantes trabajan juntos para lograr objetivos comunes, cerciorándose de que ellos mismos y sus compañeros completen la labor asignada; estos grupos de trabajo garantizan la contribución activa de los alumnos en las tareas intelectuales de ordenar el material, explicarlo, resumirlo y agregarlo a las estructuras conceptuales existentes.

El segundo de estos grupos son los informales, los cuales operan desde unos pocos minutos hasta una hora de clase. El docente puede utilizar este tipo de grupos durante una clase magistral, una demostración, una película o un vídeo; es decir, durante una actividad de enseñanza directa, para centrar la atención de los alumnos en el material en cuestión, promover un clima propicio al aprendizaje, asegurarse de que los estudiantes procesen cognitivamente el material que se les está dando, crear expectativas acerca del contenido de la clase y dar cierre a la misma.

El tercero de estos, son los grupos de base cooperativos, los cuales tienen un funcionamiento de largo plazo, aproximadamente de un año. Estos son grupos de aprendizaje heterogéneos, es decir, están compuestos por integrantes permanentes, donde su principal propósito es propiciar que sus miembros se brinden unos a otros el apoyo, la ayuda, el aliento y el respaldo que cada uno de ellos necesita para tener un buen rendimiento durante este período; este tipo de grupos permiten el sustento de relaciones estables, en las cuales se esfuerzan con determinación para el cumplimiento de sus deberes, así como motivarse unos a otros para asistir a clase, completar todas las tareas asignadas y tener un buen desenvolvimiento cognitivo y social.

Así mismo, estos autores mencionan cuatro tipos de grupos que se pueden presentar en el aula como guía para un docente, que desee saber si los equipos de trabajo que encuentra en su práctica son cooperativos o no. El primer tipo de grupo es el de pseudoaprendizaje, en el cual los estudiantes obedecen la directiva de trabajar juntos, pero no tienen ningún interés en hacerlo. El segundo tipo de grupo que se puede presentar en el aula es el de aprendizaje tradicional, donde se indica a los estudiantes que trabajen juntos y ellos se disponen a hacerlo, pero las tareas propuestas por el docente no precisan un auténtico trabajo común. El tercer tipo de grupo es el de aprendizaje cooperativo, en este los alumnos se reúnen a trabajar juntos y lo hacen, pero son conscientes de que su rendimiento depende del trabajo de todos los miembros del equipo; y por último el cuarto grupo, que es el de aprendizaje cooperativo de alto rendimiento, éste cumple a cabalidad con todos los criterios necesarios para ser un grupo de aprendizaje cooperativo, logrando alcanzar propósitos que

superen las expectativas de la actividad.

Para que la cooperación funcione bien, los autores presentan cinco elementos esenciales que el docente debe incorporar en cada clase; el primer y principal elemento del aprendizaje cooperativo es la interdependencia positiva, aquí se debe establecer una tarea explícita y un objetivo grupal para que los alumnos sepan que solo podrán tener éxito si trabajan juntos, que dependen totalmente de lo que haga su compañero, y que tienen una responsabilidad con el equipo de trabajo; el segundo elemento es la responsabilidad individual y grupal; el tercero es la interacción estimuladora, donde los alumnos deben realizar juntos una tarea en la que cada miembro impulsa el logro de los demás, colaborando, apoyando, animando y celebrando el esfuerzo que haga cada uno en aprender; el cuarto componente consiste en enseñarles a los alumnos algunas prácticas interpersonales y grupales imprescindibles, este ítem no solo podrá servirles para trabajar a nivel escolar, sino para desenvolverse en un plano social; allí los integrantes del grupo deben tener capacidades en la dirección, toma de decisiones, confianza en el otro, comunicación y manejo de conflictos. Por último, el quinto elemento fundamental del aprendizaje cooperativo es la evaluación grupal, donde cada miembro reflexiona si se han alcanzado los objetivos del trabajo.

Teniendo en cuenta lo anterior, entre las ventajas de este aprendizaje cooperativo se encuentran: la generación de mayores esfuerzos por lograr un buen desempeño, la fomentación de relaciones más positivas entre los alumnos y un aumento de la salud mental del sujeto, en la medida en que se fortalece su autoestima, su propia identidad y su capacidad de afrontar la adversidad.

El profesor que desee implementar esta estrategia de enseñanza debe tener presente que el empleo del aprendizaje cooperativo requiere una acción disciplinada por su parte; además, que esta estrategia se puede aplicar a cualquier tarea didáctica y de cualquier asignatura (Johnson *et al.*, 1999). En virtud de lo descrito a través del marco teórico, se concluye lo siguiente:

En esta investigación el concepto de color es abordado desde un aspecto físico, donde se busca explicar la naturaleza de la luz desde la postura de Thomas Young, quien brindó las bases de la teoría tricromática, exponiendo que las luces monocromáticas (roja, verde y azul) pueden mezclarse de forma aditiva para dar paso al espectro de luz visible. Para la comprensión de esta teoría se busca relacionar el fenómeno de la reflexión de la luz exponiendo que cuando ésta llega a la superficie de un objeto se descompone, de tal forma que una cantidad es absorbida y otra reflejada.

En este sentido, se desarrolla una propuesta pedagógico-didáctica en la cual se hace uso de los SAD, buscando que la experimentación en relación con la teoría existente le sirva al estudiante para lograr un aprendizaje significativo crítico; por ello es indispensable al momento de implementar las actividades planeadas tener como base los conocimientos previos que estos poseen, la no utilización de la pizarra, la interacción social y el cuestionamiento y, el desaprendizaje de saberes que no permitan el aprendizaje de algún conocimiento nuevo.

Adicionalmente, es conveniente que los estudiantes tengan claros conceptos como longitud de onda, espectro electromagnético, colores primarios (teoría tricromática), reflexión y absorción de la luz. Es por esto que en la propuesta pedagógico-didáctica se implementa la estrategia de aprendizaje colaborativo, donde son los estudiantes quienes aprenden con sus pares y el docente es mediador de las discusiones en el aula.

## CAPÍTULO 4

### FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA

Este capítulo aborda inicialmente el enfoque de la investigación y la metodología de enseñanza, donde está contenido el contexto de aplicación de la propuesta y los instrumentos y técnicas de recolección de información tales como la observación, el diario de campo, cuestionario abierto y grupos de discusión. En este capítulo también se presenta la propuesta pedagógico-didáctica con sus respectivas fases y actividades, en relación con los tres principios del aprendizaje significativo crítico de Moreira (2010) elegidos en correspondencia con los intereses del trabajo. Finalmente se abordan los instrumentos y procedimientos para el análisis de la información.

#### **4.1 Enfoque de la investigación**

La metodología empleada en la investigación tiene un enfoque cualitativo (Hernández, Fernández y Baptista, 2010), dado que esta describe un proceso flexible en el que se establece la importancia de observar los comportamientos, discusiones y conclusiones que el estudiante tenga en el desarrollo de la clase, con el fin de significar y darle un sentido a las prácticas de ambas posturas en el aula; es decir, tanto el saber pedagógico del docente como el proceso de aprendizaje del estudiante.

En este sentido, como parte del enfoque de investigación de nuestro trabajo se realizó un estudio de caso de tipo instrumental desde la perspectiva de Stake (2010), donde un caso puede ser considerado un estudiante o un grupo de alumnos que cuente con un carácter específico; en cualquier estudio que se realice, el enfoque de los investigadores debe estar enfocado en ese caso, mientras que se desarrolle, por un día, un mes o un año, y se encuentre concentrado en ese caso. En virtud de ello y en concordancia con el interés de esta investigación, se alude al estudio de caso instrumental debido a que este se centra en conseguir algo diferente a la comprensión concreta de un caso particular; es decir, busca comprender de manera general la problemática que aborda la

presente investigación mediante el estudio de un caso constituido por seis estudiantes de grado 11, en correspondencia con su desempeño.

Para ello se planteó como estrategia de enseñanza el aprendizaje colaborativo para un trabajo grupal basado en el progreso de aptitudes como la confianza y autonomía para el desarrollo del estudiante; además, porque promueve el pensamiento colectivo y el trabajo cooperativo, siendo el docente quien posibilita y orienta las actividades a realizar en clase (Johnson *et al.*, 1999).

## **4.2 Metodología de enseñanza**

### **4.2.1 Contexto de la investigación**

La propuesta pedagógico-didáctica se implementó en la Institución Educativa Presbítero Antonio José Bernal Londoño, situada en el municipio de Medellín al lado de la estación Acevedo del metro, entre los barrios Héctor Abad Gómez y Plaza Colón. Esta institución de carácter público de educación formal hace parte del programa de “colegios de calidad” para Medellín.

La propuesta fue puesta en práctica con 35 estudiantes de undécimo grado, cuyas edades oscilan entre 16 y 19 años. En correspondencia con el tipo de investigación se seleccionaron seis estudiantes con base en los siguientes criterios: asistencia a las clases de implementación de la propuesta, voluntad de participación en las sesiones de clase y entrega de talleres, cuestionarios y preguntas.

### **4.2.2 Instrumentos y técnicas de recolección de información:**

Se tuvieron en cuenta para la recolección de información diversos instrumentos y técnicas que permiten descubrir las múltiples visiones de los participantes; cada una utilizada con un fin específico pero que convergen en el problema de investigación. De acuerdo con el carácter cualitativo de la investigación se implementaron:

#### 4.2.2.1 Observación:

Este tipo de técnica de recolección de información se centra en la inmersión del investigador en la situación a analizar, teniendo presente que observar no es solo mirar y tomar notas de lo que suceda en una situación determinada, ya que este enfoque se limita a usar sólo el sentido de la vista; por el contrario la “observación investigativa” (Hernández *et al.*, 2010, p.413) requiere utilizar todos los sentidos para poder describir el ambiente del aula de clase, la comunidad a la que van dirigidas las actividades y cómo son desarrolladas las mismas en cada situación planteada, igualmente comprender cómo se dan los procesos, vínculos y situaciones entre los actores de dicha comunidad.

Generalmente en esta técnica lo que se debe observar principalmente es el ambiente físico, el ambiente social y humano, las actividades individuales y colectivas, artefactos que utilizan, hechos relevantes y retratos humanos, como lo describen Hernández *et al.* (2010). Igualmente, el papel de observador que asumieron las investigadoras fue de participación activa ya que intervinieron en la mayoría de las actividades sin mezclarse totalmente con los estudiantes, siendo ante todo unas observadoras (Hernández, *et al.*, 2010).

Además, para la continuidad del proceso de recolección de datos se hace uso de otras técnicas o estrategias como los cuestionarios de indagación de conocimientos previos y finales y los talleres para la implementación de los SAD en los cuales se identifican algunos aspectos relevantes para la investigación; en estos escenarios la participación del investigador es activa con el fin de generar empatía y empaparse del contexto en cuestión.

Los instrumentos de recolección de datos son útiles al momento de analizar los resultados y establecer un diálogo entre los objetivos, la situación problema y el marco teórico; ya que facilitan la categorización de la información de acuerdo a las características que se evidencien.



#### **4.2.2.2 El diario de campo:**

El diario de campo permite la interacción del investigador con el contexto de quien está siendo investigado. Se emplea con el propósito de registrar, hacer lecturas de los problemas y ventajas conceptuales de los estudiantes, de tal modo que dé cuenta de las concepciones que tienen los mismos y apoye las posibles interpretaciones del investigador. En ese sentido, “los registros del diario de campo deben ser ordenados, secuenciales y deben permitir establecer la relación entre los diferentes datos, o lo que es lo mismo, dejar ver la coherencia interna de los procesos vividos por quien los realiza” (Alzate y Sierra, 2000, p. 11); por lo cual se utilizó un formato (*Anexo 1*) que permitió evidenciar las percepciones de las investigadoras durante todo el proceso de implementación de la propuesta.

#### **4.2.2.3 Cuestionario abierto:**

Este tipo de cuestionario se fundamenta en preguntas abiertas que permiten mayor acceso a los conocimientos que tienen los estudiantes; para esto se debe hacer referencia a conceptos o temas a abordar por el investigador, direccionando las preguntas al cumplimiento de los objetivos de la propuesta pedagógico-didáctica; estos a su vez van acorde con el enfoque de investigación. En este sentido, el investigador está abierto a ser cuestionado por el estudiante aunque se trate de un formulario escrito y por lo tanto debe percatarse de hacer una moderación correcta en la recolección de los datos necesarios, de manera que no influya en las respuestas de los estudiantes para no perder el propósito del mismo.

En el momento de aplicar el cuestionario, se debe conocer qué información se desea obtener; en este sentido, como sugiere Lara y Cabrera (2015) es conveniente elaborar las preguntas con anticipación, las cuales deben ser planteadas de forma clara y coherente, teniendo en cuenta los participantes y su contexto educativo; por lo tanto, se hace pertinente especificar las intenciones por las cuales se desea aplicar.

El cuestionario (*Anexo 2*) da cuenta del cumplimiento de los objetivos que se plantean en la investigación y la implementación de las diferentes estrategias para responder a diversas necesidades; igualmente de las dificultades que presentaron los estudiantes para la comprensión del concepto del color mediante el fenómeno de reflexión de la luz.

#### **4.2.2.4 Grupos de discusión:**

Esta técnica “procura que todos tengan la oportunidad de expresar sus ideas y de que la fase de recolección de datos, generación de ideas y la fase de evaluación estén separadas en el proceso de solución de problema” (Campoy y Gomes, 2015, p. 281); esto se hace con el propósito de comprender el avance de los conocimientos adquiridos por los estudiantes y la posible triangulación con sus conocimientos previos y la teoría.

#### **4.2.3 Propuesta pedagógico - didáctica**

La propuesta de intervención se realizó con la pretensión de que los estudiantes del grado undécimo de la Institución Educativa Presbítero Antonio José Bernal Londoño S.J, logran un aprendizaje significativo crítico referente al concepto de color mediante el fenómeno de reflexión de la luz en la clase de física. Para ello, esta propuesta se implementó en una sesión de media hora, dos sesiones de 20 minutos cada una, y tres sesiones de 55 minutos cada una; dos sesiones por semana para una duración aproximada de un mes.

La propuesta de intervención<sup>3</sup> que se muestra en la Tabla 3, se describe mediante tres fases: Diagnóstica, Intervención y Evaluación, ligadas a cuatro de los 11 principios facilitadores de aprendizaje propuestos por Moreira (2010) en su Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico. Se debe resaltar que, si bien todos los principios elegidos se enfocan en facilitar el aprendizaje a la luz

---

<sup>3</sup> En la implementación de la propuesta se les brindó a los alumnos como herramienta de apoyo la siguiente página web <https://conceptodecolor.wixsite.com/espectrovisible> creada por las investigadoras para afianzar los conocimientos de los estudiantes.

de la teoría abordada en este trabajo, solamente van a ser profundizados en las actividades donde se consideren más relevantes; estos se retoman como importantes dentro de nuestra investigación debido a las siguientes consideraciones:

- *Principio del Conocimiento Previo:* Cuando un estudiante se enfrenta a un conocimiento nuevo lo hace entrelazando los conceptos que anteriormente ha establecido, sea a partir de sus experiencias, representaciones o conocimientos que ha adquirido. Por tanto fue fundamental para la investigación conocer los saberes previos que cada individuo tenía, dado que este es el primer contacto que tienen los estudiantes con el conocimiento nuevo.
- *Principio de la interacción social y del cuestionamiento:* Este principio, como uno de los ejes fundamentales de nuestra investigación, permitió aplicar la estrategia de aprendizaje colaborativo con relación al intercambio de saberes entre los estudiantes y logró que ellos comprendieran que también pueden aprender preguntando, dándoles el papel protagónico en el aula.
- *Principio del desaprendizaje:* Fue necesario para las investigadoras considerar las concepciones previas de los estudiantes para identificar cuáles eran los impedimentos que estos tenían en la comprensión del conocimiento nuevo, y de este modo generar una distinción apropiada entre los saberes que eran poco relevantes para la adquisición del nuevo conocimiento.
- *Principio de la no utilización de la pizarra:* El uso de este principio en el presente trabajo se fundamenta en dejar de lado la enseñanza transmisiva del conocimiento y buscar el uso de diferentes perspectivas didácticas centradas en el alumno, que lo involucren activamente en su propio aprendizaje por medio del uso de los sistemas de adquisición de datos.

Tabla 3: Fases y actividades de la propuesta metodológica.

Fase	Actividad	Duración	Objetivos	Materiales	Instrumentos para la recolección de información	Principios
<b>Diagnóstico</b>	Indagación conocimientos previos	20 minutos	Identificar los conocimientos previos de los estudiantes	Papel y lápiz	Observación, diario de campo, formato con preguntas	Principio del conocimiento previo
	Videos sobre situación en cuestión y conversatorio	55 minutos		Televisor, Computador, lápiz y papel	Observación, diario de campo, grabadora de sonido	Principio de la interacción social y del cuestionamiento
<b>Intervención</b>	Exploratoria con juego	40 minutos	Ilustrar la composición del espectro electromagnético y la teoría de Young por medio de montaje experimental	Arduinos, juego escalera, motor giratorio con luz estroboscópica	Observación, diario de campo, grabadora de sonido y registro fotográfico	Principio de la interacción social y del cuestionamiento Principio de la no utilización de la pizarra
	Formulación de pregunta	15 minutos	Valorar las evidencias de aprendizaje significativo crítico	Papel y lápiz	Observación, diario de campo	Principio de la interacción social y del cuestionamiento
	Carrusel	40 minutos	Ilustrar el proceso de reflexión de la luz, el espectro visible y la teoría de Young con relación a la percepción del color	Estructura explicativa con cuatro diferentes montajes: SAD, espejo y láser, espectroscopio y luces de la teoría de Young	Observación, diario de campo, grabadora de sonido	Principio de la no utilización de la pizarra
<b>Evaluación</b>	Formulación de pregunta final	15 minutos	Valorar las evidencias de aprendizaje significativo crítico	Papel y lápiz	Observación, diario de campo, grabadora de sonido	Principio de la interacción social y del cuestionamiento
	Indagación de conocimientos obtenidos	20 minutos		Papel y lápiz	Formato con preguntas	Principio del desaprendizaje
	Proceso autoevaluativo	20 minutos		Papel y lápiz	Observación, diario de campo	Principio del desaprendizaje

#### 4.2.3.1 Descripción de fases

##### **Fase diagnóstica:**

Esta fase se planteó como apoyo para la introducción de los nuevos conocimientos, es decir, en esta se indagó acerca de las concepciones previas que tenían los estudiantes, para posteriormente realizar la intervención y profundización en las concepciones que estaban muy arraigadas, y que están alejadas del conocimiento científico. Dicha fase se conforma por dos actividades: indagación de conocimientos previos y videos sobre situación en cuestión y conversatorio; las cuales son descritas a continuación.

##### *Indagación de conocimientos previos (20 minutos):*

Esta actividad se planteó 20 minutos antes de finalizar una sesión de clase, teniendo presente el Principio del conocimiento previo (Moreira, 2010), el cual afirma que “para ser crítico de algún conocimiento, de algún concepto, de algún enunciado, en primer lugar el sujeto tiene que aprenderlo significativamente y, para eso, su conocimiento previo es, aisladamente, la variable más importante” (p. 8). Es por ello que se valoró su conocimiento previo al desarrollo de la propuesta, por medio del planteamiento de varias preguntas que respondieron de manera individual (*Anexo 3*).

En esta actividad se identificó una primera pregunta que sirvió como apoyo para dar cuenta del principio anteriormente mencionado. La formulación de preguntas se propuso con la finalidad de identificar evidencias de aprendizaje significativo crítico; por tanto, en un proceso en que el estudiante se cuestione acerca del fenómeno, se puede reflejar su comprensión mediante la formulación de preguntas apropiadas en relación con el mismo. Así pues, la primera pregunta formulada se utilizó como base para visualizar las concepciones previas de los estudiantes y de este modo, evaluar constantemente la manera de proceder en el desarrollo de las actividades posteriores.

*Videos sobre situación en cuestión y conversatorio (55 minutos):*

Esta actividad se orientó teniendo en cuenta el principio de la interacción social y del cuestionamiento. Enseñar/aprender preguntas en lugar de respuestas propuesto por Moreira (2010) para facilitar el aprendizaje significativo crítico en los estudiantes. Por lo tanto, esta etapa se enfocó en la implementación de dicho principio considerando que “una enseñanza centrada en la interacción entre profesor y alumno enfatizando el intercambio de preguntas tiende a ser crítica y suscitar el aprendizaje significativo crítico” (Moreira, 2010; p. 9); es decir, se orientó dicha sesión con relación a la formulación de diversas preguntas por parte de los estudiantes, de forma que el docente no sea simplemente aquel que genera interrogantes de carácter conceptual, sino que sea quien se sitúe en el papel de moderador de las discusiones, permitiendo la interacción de significados y la negociación de los mismos.

De este modo, se mostró una serie de videos como introducción al concepto de color mediante el fenómeno de reflexión de la luz, con los cuales se tuvo como propósito despertar el interés de los estudiantes para que estos generaran preguntas al respecto. Es necesario aclarar que no fueron puestos en el aula todos los videos completos, sino que se seleccionó de cada uno de ellos diversos fragmentos según el interés de la investigación. En ese sentido, los videos presentados en clase con su correspondiente tiempo seleccionado se presentan en el *Anexo 4- Links de videos*.

Posterior a ello se pretendió propiciar el principio elegido para esta sesión por medio de la realización de una actividad tipo concurso, en la cual se dividió a los estudiantes en grupos de trabajo -teniendo en consideración que en cada uno de ellos estuvo presente uno o dos estudiantes que conformaban el caso de estudio elegidos previamente- y se les propuso que realizaran preguntas de forma individual, para posteriormente por medio de la negociación, elegir una que tuviera alto grado de dificultad, con la finalidad de ser presentada ante uno de los grupos rivales; de manera que sus contrincantes deben dialogar y llegar a un consenso para la solución de la misma. Dichas

preguntas fueron consignadas por cada uno de los grupos en una hoja para su respectiva entrega y posterior análisis.

### **Fase de intervención:**

Esta fase se planteó como solución a las respuestas obtenidas en la fase diagnóstica donde se pudieron identificar los conocimientos previos que tenían los estudiantes sobre el concepto de color y los temas asociados a este. Se orientó teniendo en cuenta el principio de la no utilización de la pizarra, el cual plantea que el estudiante debe ser un participante activo en la adquisición de nuevos conocimientos; además, establece que se debe dejar de lado la enseñanza tradicional buscando una mayor variedad de propuestas didácticas a ser implementadas en el aula, donde se deseche la idea de un aprendizaje mecánico y se aplique un aprendizaje donde el estudiante tenga la libertad de aportar sus dudas y sus conocimientos en una actividad, presentándole un montaje experimental que él mismo pueda manipular, apartando al docente del manejo de los experimentos. Dicha fase está compuesta por tres actividades: exploratoria con juego, formulación de pregunta y carrusel, las cuales son descritas a continuación:

#### *Exploratoria con juego (40 minutos):*

En esta clase se reunió a los estudiantes en los grupos de trabajo establecidos anteriormente como estrategia para el aprendizaje colaborativo, donde se les brindaron varios objetos tales como: un tablero de juego y dos montajes experimentales diferentes. El primero de ellos compuesto por una placa Arduino Mega con un bluetooth, que permitió conectar el sistema a un celular por medio de la aplicación Bluetooth Terminal HC-05, para poder ingresar diferentes longitudes de onda pertenecientes al espectro visible, de forma que se enciende una pantalla con el color correspondiente a la longitud ingresada (*figura 3 - Arduino Mega con bluetooth*). El segundo montaje estuvo conformado por un motor que hacía girar un círculo con tres diferentes colores: rojo, azul y verde, que al ser iluminado permitió explicar la teoría tricromática de Young; además

con este montaje, mediante la implementación de una luz estroboscópica compuesta por un bombillo LED (*figura 4- Rueda giratoria teoría de Young*), se pudo explicar el concepto de frecuencia. De este modo, con estos sistemas los estudiantes lograron explorar el Arduino y al mismo tiempo el concepto de color, analizando el espectro visible, la frecuencia, la longitud de onda y la teoría tricromática de Young, temáticas importantes para analizar posteriormente el proceso de la visión del color.

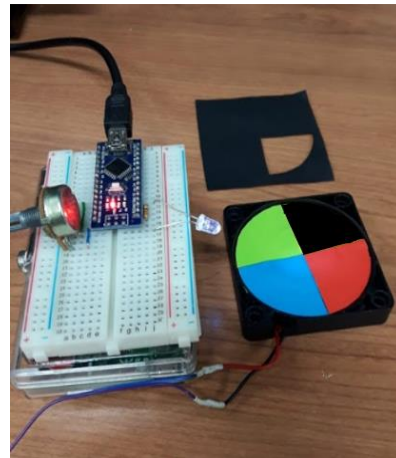


Figura 3: Arduino Mega con bluetooth.      Figura 4: *Rueda giratoria teoría de Young*.

Con el ánimo de dinamizar la exploración se les proporcionó un juego “Escalera” (*Figura 5- Tablero de juego*) diseñado por las investigadoras. Este se compuso principalmente por dos momentos: explicativo y práctico (*Anexo 5 - Preguntas del juego*), de los cuales cada uno se dividió en cuatro diferentes niveles según el rango de dificultad, siendo el nivel 1 aquel que contenía preguntas con menor grado de complejidad con relación a la temática y el nivel 4, preguntas que requieren mayor conocimiento conceptual y nivel de abstracción. Además de esto se contó con una sesión llamada comodín, en la cual se incluyeron espacios para brindar información conceptual acerca de las temáticas a abordar y retos prácticos o teóricos para ceder a otro compañero. En la figura 6 se puede visualizar el trabajo desarrollado en el aula de clase.



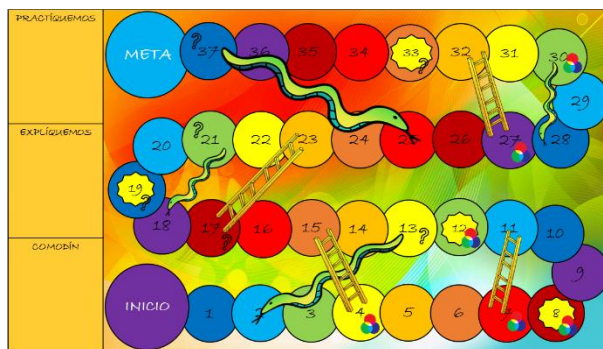


Figura 5: *Tablero de juego.*



Figura 6: *Actividad en el aula.*

*Formulación de pregunta (15 minutos):*

Al finalizar el juego se esperó que los estudiantes lograran adquirir conocimientos nuevos por medio de la interacción con estas herramientas, de modo que suscitara en ellos cuestionamientos distintos; por ello cada persona debió redactar al momento de finalizar esta fase una pregunta que le surgiera de carácter conceptual o práctico.

*Carrusel (40 minutos):*

En esta clase se diseñó e implementó un carrusel con los grupos de trabajo anteriormente establecidos. Dicha actividad fue conformada por cuatro momentos, estos fueron dirigidos por las investigadoras y la docente cooperadora, cada una con su respectivo montaje. Los montajes fueron:

- Espejo y Láser

Herramientas: Espejo, láser, caja de cartón y transportador.

Temas: Reflexión de la luz.

Se diseñó un montaje (*Figura 7- reflexión de la luz*) en el cual se situó un espejo en el fondo de una caja -con la finalidad de oscurecer y permitir mejor visibilidad del fenómeno- y se ubicó de forma perpendicular a él un transportador, de tal forma que pudo ser proyectado a un determinado ángulo un haz de luz en el espejo, permitiendo así mostrar cómo el valor del ángulo de reflexión es el mismo que el del ángulo de incidencia.



Figura 7: *Reflexión de la luz.*

El discurso de la presentación se enfatizó en la explicación de la reflexión de la luz, la cual ocurre cuando la longitud de onda (proveniente del láser) sale de un punto, choca con una superficie (espejo) y cambia de dirección regresando al mismo medio. En este caso se hizo énfasis en una reflexión especular en la cual el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión, medidos siempre con relación a la normal.

Posterior a ello se articuló el montaje con el objeto de investigación, estableciendo que no siempre ocurre que ese ángulo de incidencia sea igual al reflejado, y cuando sucede esto debemos hablar de una reflexión difusa. Se hace claridad en que precisamente la mayoría de los cuerpos reflejan difusamente la luz que incide sobre ellos en todas las direcciones y cuando esta incide en nuestros ojos hace que veamos el objeto observado.

- Espectroscopio

Herramienta: Cartulina, CD, aplicación de celular “Physics Toolbox Sensor Suite”

Tema: Espectro electromagnético.

Se implementó un montaje (*Figura 8 - espectroscopio*) que le permitiera al estudiante observar la descomposición de una fuente de luz, mostrando los colores que componen la misma. El discurso de la presentación se enfatizó en la explicación del espectro electromagnético considerando este como la clasificación del conjunto de las ondas electromagnéticas respecto a la longitud de onda o frecuencia que tiene cada una (Hewitt, 2007). En concordancia con la investigación que se realiza se desglosa con mayor profundidad el concepto de espectro visible, mencionando este como el rango de longitudes de onda que percibe el ojo humano, el cual no tiene un límite exacto pero se aproxima que este oscila entre los 380 nm a 750 nm.

En este momento también se relacionan conceptos como longitud de onda teniendo en cuenta que es la distancia real que recorre una perturbación en tiempo real y que para medir las propiedades de esta se puede hacer uso del espectroscopio.



Figura 8: *Espectroscopio*.

La actividad se desarrolló inicialmente mediante una explicación teórica correspondiente al espectro electromagnético, para luego permitir que cada uno de los estudiantes observara por medio del espectroscopio casero la composición de la luz solar, aclarando que es considerada como luz blanca y que cada color tiene un rango aproximado de longitudes de onda. Después, usando la aplicación del celular se generaron diferentes colores en la pantalla (Blanco, magenta, cian y amarillo) para propiciar que los estudiantes pudieran observar y comprender la composición de la luz según la teoría de Young, intentando que asimilaran la diferencia entre la constitución de luz natural (proporcionada por el sol) y la luz artificial proporcionada por pantallas (televisores o celulares).

- Teoría de Young

Herramienta: Caja, Tres linternas (Roja, azul y verde)

Tema: Teoría tricromática

Se diseñó un montaje que permitió mediante la proyección de tres luces monocromáticas (una roja, una verde y una azul) la distinción de los colores que se pueden observar al superponerlas (ver

Figura 9); es decir, al superponer estos colores se genera una mezcla óptica donde la luz roja combinada con la azul genera luz magenta, la roja con la verde genera la amarilla, la verde con la azul genera cian y la roja con la verde y la azul genera la luz blanca.

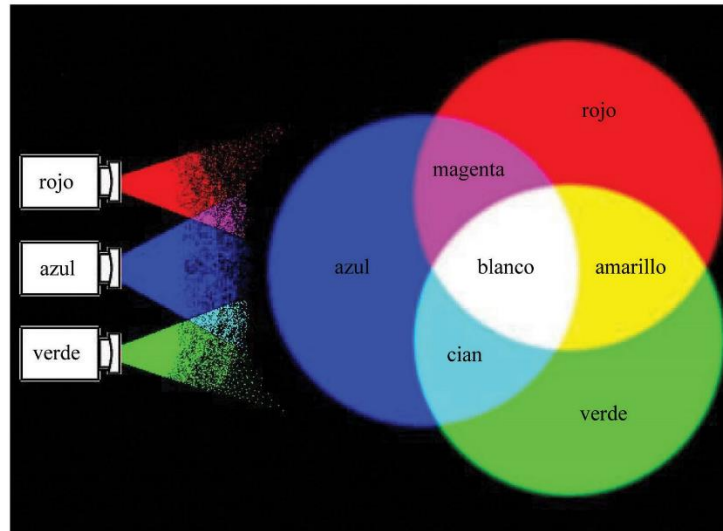


Figura 9: *Síntesis aditivo de luces* (Lozupone A y Sorzio C, 2010).

El discurso de la presentación se enfocó en la explicación de la teoría tricromática propuesta por Thomas Young (1802), la cual expone que con la combinación de los colores rojo, verde y azul podemos ver lo que denominamos espectro visible, puesto que al variar adecuadamente las intensidades de las tres luces puede producirse cualquier otro color; en ese sentido, partiendo de las luces primarias se puede recomponer la luz blanca.

Además, se hace la aclaración de que esto ocurre únicamente cuando mezclamos luces de colores, no pigmentos y que el resultado de una mezcla de luces de color es siempre un color más claro que los colores de las luces componentes. Esto es así simplemente porque se suma radiación, y con ello intensidad luminosa.

- El ojo, ¿Por qué vemos los colores?

Herramientas: Simulación de ojo (icopor), sensor, Arduino, pantalla, cables.

Temas: Longitud de onda, reflexión de la luz, teoría de Young, espectro visible.

En este caso se dispuso la creación de un ojo de icopor que puede determinar los colores que se pongan delante del mismo, por medio de un montaje (*Figura 10- visión del color*) que cuenta con un sensor de color TCS3200 al interior (pupila) que, conectado a una placa Arduino Mega, puede mostrar en una pantalla la simulación más cercana al color que percibe; además indica la cantidad de luz roja, verde y azul por la cual está compuesta dicha longitud de onda; esto con el objetivo de relacionar el aspecto biológico y la percepción del fenómeno (cada longitud de onda describe un color).

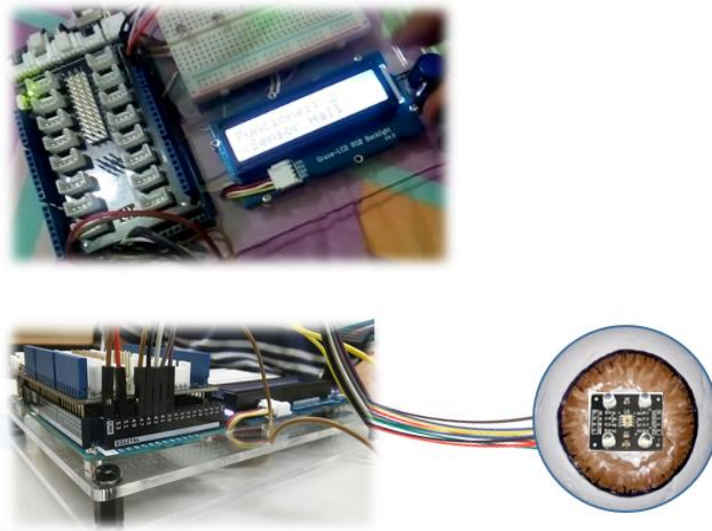


Figura 10: *Visión del color.*

El discurso de la presentación se basó principalmente en explicar desde un ámbito físico por qué vemos los colores; por tanto, se consideraron principalmente dos aspectos, una condición visual óptima y la presencia de luz. Se comienza describiendo las propiedades de los objetos para

considerar que estos reflejan la luz y posteriormente se explica que el color no es una propiedad de los mismos. Lo anterior puede verse en la Figura 11.

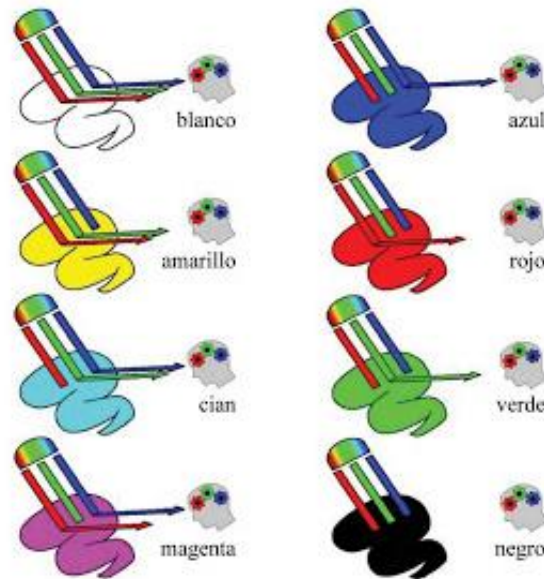


Figura 11: *Visión de los colores a partir de las tres componentes básicas de la luz blanca, que son absorbidas o reflejadas por las superficies (Lozupone A y Sorzio C, 2010).*

Se continuó la explicación introduciendo la noción de luz blanca (radiación electromagnética) y su comportamiento al incidir sobre un objeto; para ello se consideró que según como éstos estén pigmentados, absorben (sustraen) alguna parte de la radiación incidente y reflejan el resto.

Luego, esas longitudes de onda que los objetos reflejan llegan al aparato visual, en este se encuentra la retina que está conformada por células sensoriales *conos* y *bastones*, estos reaccionan de distinta forma a la luz. El ojo humano está compuesto por tres conos; cada uno percibe una longitud de onda diferente roja, verde y azul, y dos bastones, que reciben la información que es enviada al nervio óptico para que luego pueda ser interpretada por el cerebro como un color, funcionando así como un “sistema” de visión tricromática, que recibe esa radiación reflejada y produce la síntesis aditiva.

Además, se les aclaró cómo puede percibirse según la teoría de Young, lo que comúnmente llamamos colores negro, blanco y gris, donde el color blanco es la reflexión de las tres longitudes de onda, el gris se comporta como el blanco pero las longitudes de onda son reflejadas con menor intensidad y el negro es la absorción de todas las longitudes de onda. Adicional a esto, se seleccionó una temática de interés para los estudiantes según las repuestas del folio inicial, de esta se hace una corta presentación sobre algunas alteraciones que puede sufrir el aparato visual de un ser humano y se les explica desde las implicaciones físicas y biológicas cómo ve una persona daltónica.

### **Fase de evaluación:**

Esta fase pretendió dar finalidad a nuestro trabajo de intervención en el aula; en ese sentido, se dio paso a que los estudiantes dieran cuenta del conocimiento que habían adquirido a lo largo de las sesiones de clase. De este modo dicha fase se divide en tres actividades, formulación de pregunta final, indagación de conocimientos obtenidos y proceso autoevaluativo; cada una de ellas se describe a continuación:

#### *Formulación de pregunta final (15 minutos):*

Luego del carrusel, se hizo el cierre de todas las actividades descritas anteriormente con el fin de entablar un diálogo con los estudiantes acerca de las dudas que les suscitó la implementación. Posterior a ello se les pidió que formularan la pregunta final referente a los temas anteriormente mencionados; ésta se desarrolló durante la clase con relación al carácter científico, atendiendo el principio de interacción social y del cuestionamiento (Moreira, 2010). De este modo, se buscó que diera cuenta de los progresos conceptuales de los estudiantes, con relación a un primer momento donde solo contaban con conocimientos previos, hasta un acercamiento más profundo a la explicación del concepto de forma científica.



*Indagación de conocimientos obtenidos (30 minutos):*

En esta actividad se buscó que los estudiantes dieran cuenta del progreso obtenido durante la propuesta de intervención, puesto que como se observa en el folio asignado para esta actividad (*Anexo 2*), se realizaron las mismas preguntas de la prueba diagnóstica desarrollada al inicio de la intervención, igualmente se anexan otras preguntas para profundizar en los conceptos aprendidos por los estudiantes. Este momento busca dar cuenta del Principio del desaprendizaje en la medida en que podamos comparar los conocimientos previos y los conocimientos finales de los estudiantes, donde se espera que dejaran de tener en cuenta aquellos que no les eran útiles para aprender el concepto de color o el fenómeno de reflexión de la luz.

*Proceso autoevaluativo:*

Para este momento se les indicó a los estudiantes realizar un comentario individual sobre lo que aprendieron, contrastando el antes y el después de sus conocimientos acerca de la temática, donde se pudiera identificar qué conceptos lograron interiorizar durante el desarrollo de la actividad. Esto con el propósito de encontrar evidencias relacionadas con el principio del desaprendizaje, el cual establece que “aprender a desaprender es aprender a distinguir entre lo relevante y lo irrelevante en el conocimiento previo y liberarse de lo irrelevante, o sea, desaprenderlo” (Moreira, 2010; p. 16).

#### **4.2.4 Instrumentos y procedimientos para el análisis de la información**

El análisis de los datos recolectados a través de la implementación es necesario en la medida en que nos ayuda a comprender la intención principal del presente trabajo. Debemos tener presente que, como lo menciona Hernández *et al.* (2010), los datos que se reúnen están desestructurados y es nuestra prioridad dotarlos de una estructura que nos permita ver convergencias y divergencias en la información para su posterior análisis.

Para llevar a cabo dicho análisis de datos fue pertinente entonces partir de considerar que “la recolección y el análisis ocurren prácticamente en paralelo” (Hernández, *et al.*, 2010, p. 439), y en esa medida es adecuado tener presente cómo se debe comprender el análisis de contenidos para su desarrollo. De este modo, entenderemos que el análisis de contenido como lo expresa Andréu (2002) “es una técnica de interpretación de textos,... (donde) el denominador común de todos estos materiales es su capacidad para albergar un contenido que leído e interpretado adecuadamente nos abre las puertas al conocimientos de diversos aspectos” (p. 2). En ese sentido, es tarea fundamental de las investigadoras realizar una interpretación coherente para encontrar elementos decisivos en el desarrollo del trabajo, teniendo siempre presente la vinculación de estos hallazgos con los objetivos planteados inicialmente y por ende con relación a su pregunta de investigación.

De este modo, se puede evidenciar que es el investigador quien da significado a los datos encontrados en la investigación, y es por ello que se hace necesario establecer unos tópicos que permitan organizar la información que ha sido recogida durante el proceso; por lo que es adecuado distinguir entre categorías -que son definidas en sí mismas- y subcategorías que abarcan aspectos específicos de la categoría (Cisterna, 2005). Así pues, en la Tabla 4 se definen dichas categorías y subcategorías en concordancia con los objetivos general y específicos de esta investigación, con los respectivos códigos que permiten el análisis de la información:

Posterior a la estructuración de la información recolectada y de su correspondiente categorización y codificación se realiza la triangulación, la cual consiste en agrupar y relacionar los datos provenientes de los diferentes instrumentos y técnicas de recolección de datos, de manera que todos éstos tengan una conversación entre sí; por esto la triangulación se lleva a cabo después de haber terminado de reunir la información (Cisterna, 2005).

Tabla 4: *Categorías apriorísticas.*

Objetivo general	Objetivo específico	Categoría	Subcategoría
<b>Describir la contribución de una propuesta pedagógico-didáctica apoyada en los sistemas de adquisición de datos al aprendizaje significativo crítico del concepto de color.</b>	Conocer la influencia de las concepciones previas que tienen los estudiantes para aprender de manera significativa y crítica el concepto del color.	Influencia de concepciones previas para el nuevo conocimiento.	1.1 El papel de los subsumidores irrelevantes para el nuevo conocimiento. 1.2 El papel de los subsumidores relevantes para el nuevo conocimiento.
	Identificar el aporte de los SAD para el aprendizaje significativo crítico en los estudiantes en relación con el concepto de color.	SAD como herramienta de aprendizaje en el aula.	
	Describir las características de los cuestionamientos planteados por los estudiantes en el aula como evidencia del aprendizaje significativo crítico.	Formulación de preguntas.	3.1 Preguntas que asocian conceptos con objetos o acontecimientos. 3.2 Preguntas que indagan por el carácter explicativo de los sucesos. 3.3 Preguntas que modifican la estructura inicial de algún acontecimiento, donde se establecen relaciones entre conceptos.
	Identificar indicios de desaprendizaje por parte de los estudiantes en relación con el concepto de color.	Desaprender concepciones	4.1 Desaprendizaje del color como propiedad del objeto. 4.2 Desaprendizaje de la idea del ojo como único factor para la visión del color.

La triangulación es un criterio de validez que permite incrementar en la investigación la credibilidad, ya que al llevarla a cabo permite hacer contrastaciones de la información recolectada con la teoría, entre las fuentes de recolección de información y entre las investigadoras (Hernández, *et al.*, 2010). Es por ello que este proceso de triangulación permea toda la información recolectada en el desarrollo de la propuesta pedagógico-didáctica, y da paso a conclusiones menos sesgadas por los prejuicios, creencias o concepciones de las investigadoras sobre el tema en cuestión, y por ende se permite orientar de manera más coherente el estudio de los hallazgos encontrados, debido a que permite un diálogo constante entre la información y las investigadoras que realizan el análisis del caso.

## CAPÍTULO 5

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se realiza el análisis de la información que fue proporcionada por seis de 34 estudiantes pertenecientes al grado 11 de la Institución Educativa Presbítero Antonio José Bernal Londoño S.J de Medellín. Para ello se tuvieron presentes los siguientes instrumentos y técnicas de recolección de datos: observación, diario de campo, cuestionario abierto y los grupos de discusión; todo ello en coherencia con las categorías y subcategorías descritas en la Tabla 4.

A los estudiantes participantes que constituyen el caso de análisis se les asigna un código de E1 a E6. Así mismo, se asignó para cada una de las investigadoras un código, de este modo los correspondientes son: I1, I2 e I3.

En el desarrollo de la propuesta pedagógico-didáctica se planteó como fase diagnóstica la indagación de conocimientos previos de los estudiantes sobre el concepto de color. En ese sentido se encontraron los siguientes resultados al aplicar el primer cuestionario abierto:

- La mayoría de los estudiantes consideran que el color de los objetos se determina en gran medida por condiciones biológicas o moleculares propias del cuerpo.
- La generalidad de los estudiantes manifiesta que el órgano de la visión es fundamental en el proceso de la percepción del color.
- Solo dos estudiantes tienen nociones básicas sobre el color cercanas a la concepción científica, principalmente cuando (E5) menciona que la luz del sol "*Es de color blanca*" y que "*Es una mezcla de todos los colores*".

## 5.1 Categoría 1: Influencia de concepciones previas para el nuevo conocimiento

Para comenzar, el análisis de los resultados obtenidos en la categoría 1: *influencia de concepciones previas para el nuevo conocimiento*, que buscaba dar cuenta del principio del conocimiento previo como variable predominante del aprendizaje significativo, se basa en el análisis de dos subcategorías: el papel de los subsumidores irrelevantes para el nuevo conocimiento (1.1) y el papel de los subsumidores relevantes para el nuevo conocimiento (1.2).

### 5.1.1 Subcategoría 1.1: El papel de los subsumidores irrelevantes para el nuevo conocimiento.

En este sentido, el análisis de la subcategoría 1.1 refleja que varios estudiantes (cuatro de los seis elegidos) consideran imprescindible el sentido de la vista para la percepción del color, en la medida en que siempre que se les pide dar explicación de dicho concepto, hacen una asociación del fenómeno según una explicación biológica del cuerpo humano, y no según un proceso que puede ser explicado mediante un fenómeno físico; es decir, los estudiantes hacen alusión a sus conocimientos básicos de biología del órgano de la vista, y mencionan partes de ésta como córnea, retina, conos, bastones, cerebro y fotorreceptores, para explicar en cierta medida el proceso de formación de imágenes en nuestro organismo. A modo de ejemplo, E3 establece que podemos ver el color debido “*a los fotorreceptores de los ojos que miden la intensidad con la que entra luz a los ojos y la córnea*”; se amplía esta información en la Tabla 5.

Tabla 5: *Respuestas que dan cuenta de subsumidores irrelevantes.*

PREGUNTA	EXPLICACIÓN
¿De qué depende que veamos los colores?	<i>“De que nuestros conos y bastones que tenemos en los ojos reciban imágenes y las puedan interpretar” (E1)</i>
	<i>“Se debe a los fotorreceptores de los ojos que miden la intensidad con la que entra luz a los ojos y la córnea” (E3)</i>
	<i>“Depende de los ojos y el cerebro, porque cuando vemos un color transmite información al cerebro y el inmediatamente lo reconoce” (E4)</i>
	<i>“De la vista, allí se encuentran los bastones y otras cosas que permiten la percepción del color” (E5)</i>

De este modo, se pone de manifiesto la importancia que le dan algunos estudiantes a la percepción humana para la comprensión del concepto de color y la poca relevancia que se le da al fenómeno físico para la visión del mismo. Sin embargo, al plantear como segunda actividad la presentación de un video corto sobre el porqué vemos los colores, y generar un trabajo grupal, donde por equipos se debía formular una pregunta para posteriormente ser resuelta por un equipo contrincante; se logra evidenciar cómo en el diálogo entre alumnos del grupo al que pertenecía E6 se orienta un poco más el proceso biológico y éste establece lo siguiente: *“hay conos y bastones, los conos creo que son para ver el color, los bastones para ver el blanco y el negro”* (E6) (Grabación de sonido); en este sentido, se evidencia que se está empezando a dar importancia al reconocimiento de los conos para la explicación que posteriormente se da acerca de la teoría tricromática de Young.

Para identificar otras concepciones previas de los estudiantes, se planteó la siguiente pregunta: *¿De qué color son las hojas del árbol? ¿Por qué crees que tengan dicho color?*; con la intencionalidad de saber si los estudiantes atribuyen el color al objeto y a sus características o por el contrario, establecen una relación de este con la luz; debido a que ésta es una característica fundamental para la percepción del color desde la rama científica, específicamente la física. De acuerdo con este, se encontró que los estudiantes le adjudican el color a los árboles debido a la clorofila que los compone, a la estación del año en que se encuentran o al tipo de árbol del que se hable. Además, al indagar por el color de la luz solar, se observan comentarios que evidencian una relación del color con el objeto y no con la luz que incide en él. En la Tabla 6 se muestra de manera más detallada esta información.

Tabla 6: Preguntas fase diagnóstica.

<b>PREGUNTAS</b>	
<b>¿De qué color son las hojas del árbol? ¿Por qué crees que tengan dicho color?</b>	<b>¿De qué color es la luz del sol? ¿Por qué crees que es de ese color?</b>
<i>“Normalmente las hojas de los árboles tienen una coloración verde debido a la fotosíntesis, aunque hay árboles que tienen sus hojas de otros colores y pienso que las estaciones del clima también influyen.” (E1)</i>	<i>“Amarillo con naranja porque el sol es fuego y el fuego tienen estos tipos de colores, las altas temperaturas lo hacen ver así y muy brillante.” (E2)</i>
<i>“Puede variar por el tipo de árbol y en qué estación del clima estén pero los colores más comunes son verde o una especie de naranja.” (E2)</i>	<i>“...los rayos UVE son los que contienen el patrón de colores y creo que es de ese color porque absorbe los rayos UVE.” (E3)</i>
<i>“Por la clorofila. Un proceso que se debe por una sustancia segregada por la fotosíntesis.” (E3)</i>	<i>“La luz del sol es amarilla y creo que es de ese color porque el sol es amarillo-anaranjado, entonces los rayos solares son de ese color y nos transmite la luz solar amarilla.” (E4)</i>
<i>“Las hojas de los árboles son verde y creo que tienen ese color ya que esa es su originalidad.” (E4)</i>	<i>“La luz del sol no tiene color como tal. La atmósfera es la principal causante del color como tal.” (E6)</i>
<i>“Depende del árbol, porque las hojas en ocasiones son de diferente color.” (E5)</i>	
<i>“El color de los árboles (hojas)... mayoría es de color verde. Este color se da por la presencia de cloroplastos en la célula vegetal. Aunque ese color puede variar dependiendo de la estación del año.” (E6)</i>	

Por otra parte, los estudiantes manifiestan en sus preguntas en torno a las discusiones grupales algunas concepciones que tienen del espectro visible; en ese sentido indagan por: *“¿El espectro no visible son las ondas de luz que manda el sol a las cosas?” (E2)* (Grabación de sonido) lo cual muestra una confusión entre espectro visible y no visible, además de evidenciar que algunos alumnos no tienen claridad en la existencia de otro tipo de ondas diferentes a las luminosas (Diario de campo II).

Resulta oportuno mencionar también que los estudiantes presentan ideas en relación con el blanco y negro clasificándolos como colores; de este modo hacen alusión a estos como si también hicieran parte del espectro visible, hasta el punto que cuando se les realiza la pregunta capciosa de



¿En el espectro visible qué longitud de onda tiene el negro? E1 menciona lo siguiente: *“los extremos del espectro son rojo o morado, entonces... ¿su longitud de onda estaría ubicada por la mitad?”* (Grabación de sonido); además, en las discusiones con el grupo, E6 se refiere al blanco como la ausencia de todos los colores, lo cual es algo contradictorio con la teoría científica proporcionada por la física. De igual forma, se identifica que los estudiantes consideran que el blanco y el negro tienen longitudes de onda específicas y por tanto se ubican dentro del espectro visible (Diario de campo I1, I2 e I3).

Por otro lado, al analizar las concepciones de los estudiantes en relación con la teoría tricromática del color de Young, se puede concluir según preguntas como: *“¿Pero por qué cuando yo revuelvo tal y tal color me da diferente?”* (E2) (Grabación de sonido), que los estudiantes en ese momento aún no hacen una diferenciación entre colores que provienen de pigmentos y colores asociados a la luz, debido a que se remiten a pensar en la mezcla de colores por medio de plastilina o pintura (Diario de campo I1). En virtud de ello, también se aprecia que al preguntarles según la teoría de Young a partir del montaje de la rueda giratoria *¿Qué combinación de colores nos permite ver el color blanco?*, estos no tienen claridad al respecto y dan respuestas como: *“Yo creo que el azul”* (E2) o *“Si yo tapo el azul, el rojo y verde me quedaría el blanco”* (E1) (Grabación de sonido); lo que da cuenta del desconocimiento de esta teoría de la luz y el color.

### **5.1.2 Subcategoría 1.2: el papel de los subsumidores relevantes para el nuevo conocimiento.**

Los hallazgos de la subcategoría 1.2 muestran que algunos estudiantes tienen nociones previas referentes al área de la física, las cuales pudieran ser contempladas como concepciones relevantes. Al indagar sobre *¿De qué color es la luz del sol? ¿Por qué crees que es de ese color?* se encontraron respuestas acertadas, por ejemplo E5 manifiesta que la luz solar es blanca; por otro lado, ante la pregunta *¿De qué depende que veamos los colores?* se observa que E6 tiene una noción acerca de la explicación física del fenómeno de la visión del color; sin embargo, su respuesta no se acoge a elementos o conceptos físicos como la reflexión de la luz, que permiten explicar de

manera científica dicho fenómeno. De acuerdo con esto es indispensable dar claridad en que, si bien algunos de los estudiantes comprenden el fenómeno, fue necesario indagar por los fundamentos científicos de dichas interpretaciones. Las respuestas se pueden observar en la Tabla 7.

Tabla 7: *Respuestas que dan cuenta de subsumidores relevantes.*

PREGUNTAS	EXPLICACIÓN
¿De qué color es la luz del sol? ¿Por qué crees que es de ese color?	<i>“La luz del sol es de color blanco, es una mezcla de todos los colores”</i> (E5)
¿De qué depende que veamos los colores?	<i>“la interpretación que se le dé a la luz que rebota en un objeto y llega al ojo”</i> (E6)

En concordancia con lo anteriormente descrito, se puede evidenciar que los estudiantes después de observar un video corto sobre el concepto de color, empiezan a dar cuenta de otros conocimientos que indican una comprensión más cercana a dicho concepto mediante el fenómeno de reflexión de la luz; así pues establecen que *“vemos porque en realidad entran todos los colores pero solo se refleja uno”* (E2) (Grabación de sonido); no obstante, en esta apreciación dada por el estudiante se observa un entendimiento parcial de la reflexión de la luz como factor importante en la visión del color, puesto que en ocasiones no sólo se genera la reflexión de un solo tipo de onda luminosa.

De igual modo, después de apreciar el video los estudiantes empiezan a cuestionarse acerca de: ¿El rayo de reflexión sale con la misma intensidad que el rayo de incidencia? ¿Aumenta o disminuye? (Diario de campo I2) y para responder esto dan cuenta de un conocimiento propio de la experimentación afirmando que *“al reflejar disminuye su intensidad reflejando una luz más tenue. Un ejemplo, es que uno ponga una luz alumbrando al celular, refleja una luz más tenue”* (E4) (Grabación de sonido); lo cual permite ver que la experiencia les da herramientas importantes para el acercamiento al concepto de color mediante el fenómeno de reflexión de la luz.

Por otra parte, es conveniente resaltar que se empieza a dar un reconocimiento de que *“si*

*asumimos que hay colores es porque asumimos que hay una luz... si no existiera luz no veríamos nada*” (E1) (Grabación de sonido). En consecuencia también se establece una relación con la existencia de un rango de longitudes de onda para el espectro visible, debido a que no todas estas son perceptibles por el ojo humano y por ende existe un espectro que no podemos ver.

Así mismo, los estudiantes en su diálogo empiezan a manifestar que *“si aumenta la frecuencia de las ondas llegarían a volverse luz ultravioleta”* (E6) (Grabación de sonido); lo cual no sólo da cuenta de la comprensión de la existencia de espectro visible y no visible, es decir, del espectro electromagnético, sino que también da cuenta de que tienen idea del concepto de frecuencia con relación a la longitud de onda.

En relación con la teoría tricromática de Young, el estudiante E5 manifiesta ante la pregunta de: *¿Qué combinación de colores permite ver el blanco?* que deben ser los colores azul, rojo y verde porque estos permiten dar cuenta, por medio de su combinación, de todos los colores incluido el blanco. La investigadora I2 expresó en su diario de campo, que el estudiante argumentó esto citando el ejemplo de la refracción de los colores en un prisma cuando a través de él pasa un rayo de luz blanca; así el estudiante afirma que se da un proceso análogo entre la teoría tricromática y la teoría de Newton.

La influencia de las concepciones previas para el nuevo conocimiento fue relevante puesto que a la luz de la teoría de aprendizaje abordada en la investigación, el conocimiento previo se identifica como la base para aprender significativamente, en la medida que solo se puede comprender algo a partir de aquello que ya es conocido; teniendo en cuenta que el estudiante posee una estructura cognitiva cuando comienza a abordar un concepto y allí se encuentran ciertos conocimientos que pueden ser la base sustancial del aprendizaje significativo crítico; cuestión que debe ser un punto de partida para el docente a la hora de abordar un concepto o temática en el aula.

De este modo, en la presente categoría se pudo observar que los estudiantes tenían concepciones

previas que podían ser relevantes o irrelevantes para aprender un nuevo conocimiento, y se evidenció que algunas de ellas persistieron momentáneamente mientras que otras se fueron complementando y mejorando, buscando dar cuenta de un aprendizaje significativo crítico del concepto de color. Sin embargo, es indispensable analizar la influencia de las concepciones previas también a la luz del desaprendizaje obtenido por los alumnos, debido a que allí se evidencia el papel de los subsumidores relevantes e irrelevantes en el aprendizaje del concepto de color; por lo tanto en la categoría 4: *desaprender concepciones* se profundizará en el cambio o persistencia de los conocimientos en los alumnos.

## **5.2 Categoría 2: Aportes de los SAD**

El análisis de los resultados encontrados en la categoría 2: *SAD como herramienta de aprendizaje en el aula*, busca dar cuenta del principio de la no utilización de la pizarra, por la variedad y relevancia de estas herramientas en la enseñanza y el aprendizaje de un concepto en el aula. En esta categoría se tiene en consideración la importancia del uso de los SAD para el aprendizaje en el salón de clases, teniendo presente las respuestas obtenidas por parte de los estudiantes acerca de la pregunta: *¿Considera útil y apropiado la implementación de los SAD para afianzar el entendimiento del concepto de color? ¿Por qué?*, las ideas plasmadas por los alumnos se encuentran consignadas en la Tabla 8.

En estas respuestas se puede observar que todos los casos consideran que esta herramienta puede ser de gran provecho a la hora de abordar un tema en el aula, de los cuales E1, E2, E3, E4 Y E5 de ellos manifiestan que puede ayudar al aprendizaje del tema tratado en la intervención, porque permitió realizar prácticas y/o experimentos, algo que comentan, ayuda mucho a la comprensión de los conceptos.

Tabla 8: *Respuestas de los estudiantes ante la importancia de los SAD.*

PREGUNTA	RESPUESTAS DE LOS ESTUDIANTES
¿Considera útil y apropiado la implementación de los SAD (El ojo humano, luz estroboscópica con ruleta de colores, celular conectado a un arduino que genera diferentes colores al ingresar las longitudes de onda) para afianzar el entendimiento del concepto de color? ¿Por qué?	"Sí, porque a medida que vamos aprendiendo la teoría, vamos realizando <u>prácticas</u> lo cual ayuda al entendimiento de los conceptos" (E1)
	"Si, porque nos demuestra de una forma lúdica y <u>práctica</u> los distintos fenómenos de la luz y eso facilita el entendimiento" (E2)
	"Sí, es útil porque ayuda a profundizar y ayuda a entender cómo funciona" (E3)
	"Sí, porque yo no sabía nada sobre los colores y el ojo humano y gracias a la implementación de estos entendí los conceptos" (E4)
	"Por supuesto que sí, ya que ayuda mucho a entender los conceptos mediante <u>prácticas</u> y experimentos" (E5)
"Sí, porque se generaba una <u>enseñanza</u> aplicada" (E6)	

Ahora bien, E6 expresó que el uso de estas herramientas es apropiado "*porque se generaba una enseñanza aplicada*" algo que nos remite a considerar los SAD, como un instrumento que posibilita al docente enseñar de manera amena y aplicada en el aula. En este sentido, es pertinente reflexionar acerca de que los estudiantes lograron percibir o considerar los SAD como una herramienta significativa para la enseñanza - aprendizaje del concepto.

Por otra parte, los estudiantes en las autoevaluaciones expresaron que las clases les parecieron "*interactivas y lúdicas*" (E4), algo muy significativo, ya que la I2 consignó en su diario de campo que "*la mayoría de los estudiantes parecen interesados por los montajes que les estamos mostrando, participan activamente y todos buscan poder mover algo del montaje del ojo para ver este que hace*", por lo tanto podemos afirmar en concordancia con lo hallado en la revisión de literatura, que los SAD son instrumentos que pueden favorecer, primero al docente en cuanto a la enseñanza de un concepto logrando hacer más amenas las clases, y segundo al estudiante en la medida en que estos afirman que les "*gustó mucho la metodología utilizada, los juegos y las*

*temáticas tratadas*” (Autoevaluación E1) y que esta es una herramienta útil para aprender la temática del color abordada en el aula por lo expresado en los estudiantes en la Tabla 8.

Respecto a los montajes utilizados durante la implementación de la propuesta, las investigadoras pudieron observar y analizar varios aspectos. En el montaje de la placa Arduino Mega con un bluetooth, en el cual los estudiantes tenían la posibilidad de ingresar en un celular diferentes longitudes de onda, para poder observar en la pantalla si correspondía o no a un determinado color, el E1 expresó en el momento de desarrollar la actividad que *“Yo metí 200 y 900 nm y eso no cambió, esta malo (el montaje)”* (Grabación de sonido) lo cual permitió evidenciar que el estudiante no comprendía aún que el espectro visible tiene un rango determinado, de este modo al indicarle que el montaje no estaba malo sino que había una razón por la que ocurría eso y recordarle los límites aproximados del espectro visible (Diario de campo I1), se empieza a dialogar en el grupo al cual pertenece dicho estudiante y comienzan a ingresar diferentes valores en el montaje del celular conectado al Arduino con bluetooth, por lo cual estableciendo una relación entre teoría y práctica logran identificar que eso ocurre porque dichas longitudes se encuentran fuera del espectro visible, y por lo tanto el montaje experimental no cambiaba de color al ingresar dichas longitudes de onda.

Otro aspecto que se pudo observar durante la implementación de los montajes, fue que en el diario de campo de la investigadora I2, quien tuvo a su cargo la exposición del montaje *“El ojo, ¿Por qué vemos los colores?”* en el carrusel, estaba consignada la socialización del montaje con el equipo 1, en donde, luego de que ya se le había explicado todo el proceso que ocurre para que el ojo humano perciba los colores, el E4 pregunta *“¿Qué hace alumbrar la pantalla?”* a lo que el E3 responde que *“es ese aparatico (hace alusión al Arduino), capta señales que nuestros ojos no pueden ver”* (Grabación de sonido), luego la investigadora pregunta si alguien desea complementar la respuesta del compañero, de inmediato el E5 añade que *“todo el montaje es una simulación de lo que sucede cuando el ojo humano percibe un color”* (Grabación de sonido) y que lo dicho por el E3 es la simulación cuando la luz llega a un objeto y refleja la luz que no es absorbida por el mismo,

para luego enviar señales que son procesadas por el cerebro e interpretadas como un color, que es el que ve en la pantalla.

Lo anteriormente descrito permite dar cuenta del Aprendizaje Colaborativo en la medida en que los estudiantes pertenecientes al grupo comienzan, a partir de una duda que tenía uno de sus integrantes, a trabajar juntos por lograr resolver dicha cuestión participando activamente en la búsqueda de maximizar su propio aprendizaje y el de los demás. En este sentido podemos afirmar en concordancia con lo observado por las investigadoras y la teoría consultada a lo largo del presente trabajo, que los SAD pueden favorecer la estrategia del aprendizaje colaborativo y el principio de la interacción social y el cuestionamiento, ya que permitieron que los estudiantes en conjunto, por medio de la exploración de los montajes, intentaran resolver una situación planteada por uno de los integrantes, además puede promover el trabajo autónomo, ya que el docente, en este caso la I1 y la I2 no tuvieron la necesidad de guiar a los estudiantes en dicha situación, sino que ellos mismos tuvieron la iniciativa para buscar la manera de dar respuesta a la situación planteada.

### **5.3 Categoría 3: Formulación de preguntas**

El análisis de la categoría 3: *formulación de preguntas* se divide en tres subcategorías: preguntas que asocian conceptos con objetos o acontecimientos (3.1), preguntas que indagan por el carácter explicativo de los sucesos (3.2) y preguntas que modifican la estructura inicial de algún acontecimiento donde se establecen relaciones entre conceptos (3.3); esta categoría que se desarrolla en todas las fases de la propuesta pedagógica-didáctica, aglomera todas las preguntas y las clasifica según su estructura.

La clasificación de las preguntas se relaciona con unos criterios que permiten desarrollar la investigación de forma óptima. Estos se establecieron con base en lo propuesto por López *et al.* (2014) y Sanjosé y Torres (2014), quienes plantean dos estudios donde se busca la relación entre los tipos y la habilidad de formulación de preguntas hechas por los estudiantes, en concordancia con la

comprensión de los mismos en el área de física. De este modo, en la presente investigación se le brinda un carácter a los criterios (Tabla 9) de forma jerarquizada, estableciéndolos como niveles en relación con el avance que se observa de cada estudiante; en ese sentido, la máxima comprensión de los estudiantes se logra cuando alcanzan una fase predictiva en las preguntas.

Tabla 9: *Criterios para análisis de preguntas.*

SUBCATEGORÍA	CRITERIO	DESCRIPCIÓN
Preguntas que asocian conceptos con objetos o acontecimientos.	Asociativa	Estas preguntas no van más allá de una explicación general del concepto del color. Son establecidas con el propósito de asociar conceptos físicos con algún acontecimiento de la naturaleza o con objetos. La formulación de estas, aunque no abarca los campos suficientes para comprender el tema, posibilita la ejemplificación y teorización de algunas nociones importantes para la comprensión del concepto.
Preguntas que indagan por el carácter explicativo de los sucesos.	Explicativa	Estas preguntas buscan cuestionar sobre el por qué suceden ciertos fenómenos, pero no deja de lado el uso de conceptos físicos para la argumentación del concepto del color; es decir, permite implementar nociones físicas para la formulación y sustentación de las preguntas.
Preguntas que modifican la estructura inicial de algún acontecimiento, donde se establecen relaciones entre conceptos.	Predictiva	Estas preguntas son claras, coherentes, pueden relacionar conceptos, están direccionadas a modificar las variables de algún experimento implementado en el aula de clase. Evidencian la comprensión de los conceptos y pueden ser abordadas desde otras posibilidades, todo ello para la comprensión del concepto del color.

### 5.3.1 Subcategoría 3.1: preguntas que asocian conceptos con objetos o acontecimientos

En esta subcategoría se abordan las preguntas formuladas por los estudiantes que cumplen con una apropiada relación entre conceptos con objetos o acontecimientos; esta se plantea con el interés de conocer las dudas que tienen los estudiantes acerca de los conceptos vistos en clase, pero a su vez se pretende conocer el avance en la adquisición de los conocimientos nuevos, dado que la



estructura de la pregunta y las palabras que se emplean le dan cuenta al investigador de lo que ellos están aprendiendo.

En esta subcategoría se analiza un total de siete preguntas que cumplen con una estructura de coherencia, las cuales se encuentran consignadas en la Tabla 10.

Tabla 10: Preguntas que asocian conceptos con objetos o acontecimientos.

PREGUNTAS QUE RELACIONAN OBJETOS CON CONCEPTOS	PREGUNTAS QUE RELACIONAN ACONTECIMIENTOS CON CONCEPTOS
<i>“Si todo emite ciertas ondas de luz de cualquier color ¿por qué el agua es incolora?” (E2)</i>	<i>“¿Cómo funciona la luz a través de los colores?”(E5)</i>
<i>“¿La forma de un objeto influye en la capacidad de reflexionar la luz?” (E6)</i>	<i>“¿Cómo interviene la amplitud de una onda en la percepción de un color?” (E1)</i>
<i>“¿Cuál es el ciclo que tiene la luz para dar color a un objeto?” (E6)</i>	<i>“¿Qué relación tiene los colores con la física?” (E3)</i>

Entre la formulación de estas preguntas se evidencia que E1, E3 y E5 establecen relación de conceptos con acontecimientos físicos, la formulación de este tipo de preguntas muestra que al menos uno de los conceptos que relaciona es claro para él o ella, y es por ello que tiene la capacidad de asociarlo en algún contexto. Esto se evidencia cuando E3, al responder en la pregunta de la prueba diagnóstica *¿De qué color es la luz del sol? ¿Por qué crees que es de ese color?* establece que *“la luz del sol es de color blanca”*, igualmente cuando E5 apoya lo anterior y adicional a esto añade que *“es de todos los colores”*.

E2 y E6 establecen relación entre objetos y conceptos, en la medida que E2 intenta explicar por qué el agua es incolora y E6 relaciona la forma de un objeto con su color, evidenciando así que poseen nociones del concepto pero no es comprendido a profundidad, dado que no es posible establecer una relación clara de dicho concepto en otro ámbito. Puede identificarse lo anteriormente descrito cuando E6 responde a la pregunta en la prueba diagnóstica *¿De qué depende que veamos los colores?*, lo siguiente: *“de la interpretación que se le dé a la luz que rebota en un objeto y llega al ojo”*.

De este modo es factible decir que, al formular preguntas de índole asociativa, el investigador puede inferir cuál es el concepto que el estudiante conoce y qué nociones debería reforzar para mejorar la comprensión de la temática en cuestión.

### 5.3.2 Subcategoría 3.2: Preguntas que indagan por el carácter explicativo de los sucesos.

En esta subcategoría se encuentran diez preguntas que indagan por el carácter explicativo de los sucesos; esta da cuenta de las dudas e inquietudes que los estudiantes establecen de algún concepto o acontecimiento en específico a lo largo del desarrollo de la propuesta pedagógico-didáctica; dichas preguntas se resumen en la Tabla 11.

Tabla 11: Preguntas que indagan por el carácter explicativo de los sucesos.

PREGUNTAS QUE INDAGAN POR CONCEPTOS	PREGUNTAS QUE INDAGAN POR ACONTECIMIENTOS
<i>"Si los ojos detectan las ondas de colores y todo emite ondas de un color dominante y el blanco emite todos los colores ¿Por qué el agua es transparente o incolora?"(E2)</i>	<i>"¿Cómo viaja la luz a través del espacio si el espacio es negro y la luz del sol llega a nuestro planeta?" (E2)</i>
<i>"¿Existe también una velocidad mínima de la luz?"(E3)</i>	<i>"¿El ángulo de incidencia y reflexión son iguales siempre?" (E3)</i>
<i>"¿Por qué podemos percibir e identificar los colores...?" (E4)</i>	<i>"¿El ser humano percibe los colores por el ojo y la luz o es trabajo del cerebro generarlos?" (E3)</i>
<i>"Si todas las ondas de luz no fueran periódicas, ¿Qué ocurriría con los colores?" (E4)</i>	<i>"¿Cuál es el ciclo que tiene la luz para dar color a un objeto?" (E6)</i>
<i>"¿Cómo se puede definir una onda de color?" (E5)</i>	<i>"¿Por qué el ojo humano sólo puede ver un número limitado de colores?"(E6)</i>

Esta subcategoría permite evidenciar un avance en el nivel de jerarquización de preguntas, dado que los estudiantes establecen cuestiones empleando conceptos o acontecimientos de un mayor nivel de abstracción, esto indica que su grado de comprensión del tema es mayor; es decir, que ha evolucionado a lo largo de la investigación.

Lo anteriormente descrito se puede evidenciar cuando E3 pregunta sobre el ángulo de incidencia

y reflexión por lo cual debe tener en mente la concepción de los mismos y pregunta acerca de la velocidad mínima de la luz. Por otra parte, E4 hace referencia a las ondas periódicas. En todo ello se evidencia la implementación de vocabulario más técnico, puesto que hacen uso de conceptos con mayor rigor científico.

### 5.3.3 Subcategoría 3.3: Preguntas que modifican la estructura inicial de algún acontecimiento, donde se establecen relaciones entre conceptos.

En esta subcategoría se encuentran ocho preguntas que indagan por el resultado de alguna situación a la cual se le ha modificado las condiciones iniciales en las que se presentó el suceso o en las características principales de un objeto; estas indican cambios en las actividades presentadas en la propuesta pedagógico-didáctica o las nociones que se utilizaron para el desarrollo de las clases, lo que se resume en la Tabla 12.

Tabla 12: Preguntas que modifican la estructura inicial de algún acontecimiento donde se establecen relaciones entre conceptos.

PREGUNTAS QUE MODIFICAN OBJETOS	PREGUNTAS QUE MODIFICAN SITUACIONES
<i>“¿Se podría obtener resultados diferentes si se alumbran con linternas de diferentes colores a los tres presentados anteriormente?” (E2)</i>	<i>“¿Si la longitud de la onda de algún color cambia aunque sea un poco, los conos y los bastones lograrán percibir aún?” (E5)</i>
<i>“¿Se podría obtener otros resultados cambiando los colores de cd giratorio?” (E2)</i>	<i>“¿Los fenómenos naturales que se dan con relación a la luz se podrían si hay alguna alteración en las ondas?” (E5)</i>
<i>“¿Qué pasa si a la ruleta se le añaden otros colores?” (E4)</i>	<i>“¿Si todas las ondas de luz no fueran periódicas, que ocurriría con los colores?” (E4)</i>
<i>“¿El resultado de meter un prisma debajo del agua y hacer que refleje un rayo de luz sería el mismo a si se hiciera en la superficie?” (E6)</i>	<i>“¿Cómo cambiaría la percepción de los colores en la naturaleza si no hubiera luz solar?” (E5)</i>

En esta categoría, los estudiantes ya han adquirido mayor conciencia acerca de los procesos por los cuales atraviesa algún fenómeno y proponen el cambio estructural de los mismos; dicha categoría es la fase a la que se esperaría llegar con todos los participantes del estudio, dado que

constataría el progreso conceptual que tuvieron en la implementación de la propuesta pedagógico-didáctica.

En esta categoría se encontró que E2, E4, E5 y E6 progresaron en cuanto a la formulación de preguntas para la comprensión del concepto del color mediante el análisis del fenómeno de reflexión de la luz. Esto se evidencia cuando se presenta como actividad un experimento de luces aditivas, en el cual se alumbró con tres linternas de distintos colores (roja, verde y azul), superponiendo cada luz en un mismo punto; para esta actividad E2 propone cambiar el color de las linternas para observar cuáles serían las variaciones y si la teoría seguiría funcionando, esto también lo propone con la rueda tricromática implementada para el desarrollo del juego “la escalera” donde propone cambiar los colores primarios para ver qué sucedería. E4 también propone cambiar esta estructura pero añadiendo colores y E6 propone experimentar la refracción de la luz introduciendo un prisma bajo el agua, modificando así el medio en el que se presenta este experimento inicialmente. Así mismo, E4 propone modificar las ondas de luz para conocer las posibles alteraciones en los fenómenos de la naturaleza y poder evidenciar el cambio en la percepción de los colores.

Como conclusión de esta categoría, se puede establecer que E2, E5 y E6 llegaron a la etapa final mostrando un notable progreso, aprendiendo de forma significativa y crítica los conceptos propuestos durante la implementación de la propuesta pedagógico-didáctica. Sin embargo, E4 a pesar de haber llegado a la etapa final de la jerarquización de preguntas y cumplir con la característica de modificar las estructuras iniciales, ya sea de objetos o acontecimientos, no da cuenta de un conocimiento nuevo debido a que sigue anclada a subsumidores irrelevantes. Por otra parte, E1 y E3 no alcanzaron el nivel más alto en los criterios de jerarquización de las preguntas, pero se evidencia progreso en el aprendizaje, dado que en la argumentación de sus respuestas utilizan conceptos más técnicos para referirse a nociones que involucran los sucesos que se les presenta.

#### **5.4 Categoría 4: Desaprender concepciones**

A partir del análisis de las subcategorías 1.1 y 1.2, que se refieren esencialmente a la influencia de las concepciones previas para el aprendizaje de los nuevos conocimientos, se devela el principio del desaprendizaje en relación con el papel de los subsumidores irrelevantes y relevantes, su persistencia y/o modificación durante el desarrollo de la intervención

En ese sentido, se realiza un análisis a la luz de las subcategorías: Desaprendizaje del color como propiedad del objeto (4.1) y Desaprendizaje de la idea del ojo como único factor para la visión del color (4.2).

##### **5.4.1 Subcategoría 4.1: Desaprendizaje del color como propiedad del objeto**

Para analizar el desaprendizaje de los estudiantes del color como propiedad del objeto se debe partir de las concepciones previas que estos tenían y así poder ver su evolución. De este modo, se consignan en la Tabla 13 las respuestas proporcionadas por estos en la fase inicial o diagnóstica y en la fase final o de evaluación.

Al indagar sobre ¿De qué color son las hojas del árbol? ¿Por qué crees que tengan dicho color? E1, E3 y E6 habían afirmado en la fase diagnóstica que es debido a cuestiones biológicas tales como: la clorofila, los cloroplastos, estaciones del año o por simple origen y especie del árbol; atribuyendo así el color como propiedad del objeto. Sin embargo, en la prueba final, aunque E1 continuó relacionando el color de las hojas del árbol con cuestiones biológicas, empieza también a abordar nociones de la teoría tricromática de Young en el momento que menciona los colores azul y rojo, pero demuestra poco uso de las nociones de reflexión y absorción de la luz, a pesar de que en la prueba final da un reconocimiento de dos tipos de reflexión (especular y difusa). En ese sentido, es un valioso aporte que pretenda hacer converger las cuestiones biológicas del árbol con criterios físicos, debido a que los árboles pueden visualizarse de determinado color por los dos puntos de vista enunciados por el estudiante.

Tabla 13: *Respuestas iniciales y finales de los estudiantes para subcategoría 4.1.*

PREGUNTAS	CONCEPCIONES INICIALES	CONCEPCIONES FINALES
	<i>“Normalmente las hojas de los árboles tienen una coloración verde debido a la fotosíntesis, aunque hay árboles que tienen sus hojas de otros colores y pienso que las estaciones del clima también influyen.” (E1)</i>	<i>“Debido a la fotosíntesis que ocurre en las plantas y a que <b>nuestros ojos solo perciben el verde</b> en dichas hojas y no el azul y rojo” (E1)</i>
¿De qué color son las hojas del árbol? ¿Por qué crees que tengan dicho color?	<i>“Por la clorofila. Un proceso que se debe por una sustancia segregada por la fotosíntesis.” (E3)</i>	<i>“Son verdes ya que <b>absorben</b> la luz verde (G) y reflejan los otros <b>(R,G,B)</b>” (E3)</i>
	<i>“El color de los árboles (hojas)... mayoría es de color verde. Este color se da por la presencia de cloroplastos en la célula vegetal. Aunque ese color puede variar dependiendo de la estación del año.” (E6)</i>	<i>“Son de color verde, porque su superficie <b>absorbe</b> el azul y el rojo y <b>refleja</b> el verde” (E6)</i>
¿De qué color es la luz del sol? ¿Por qué crees que es de ese color?	<i>“...los rayos UVE son los que contienen el patrón de colores y creo que es de ese color porque absorbe los rayos UVE.” (E3)</i>	<i>“El sol no tiene color ya que <b>refleja todos los colores y es blanco</b>, entonces no entra como color” (E3)</i>
	<i>“La luz del sol no tiene color como tal. La atmósfera es la principal causante del color como tal.” (E6)</i>	<i>“Es de <b>luz blanca</b>, porque su luz <b>contiene todos los colores</b>. (no es de un color como tal)” (E6)</i>

Ahora bien, E3 y E6 dan solución a la pregunta desde conceptos físicos, demostrando un progreso notable en la medida que usaban términos de la teoría tricromática de Young y conceptos relacionados con la reflexión y absorción de la luz. No obstante, se evidenció una confusión entre la comprensión del papel de las luces roja, verde y azul en la conformación de la luz blanca; sus apreciaciones son pertinentes en la medida en que comprendieron que los colores se observan gracias a que una superficie absorbe ciertas longitudes de onda y refleja otras, pero se notan un poco confundidos porque manifiestan que lo que refleja son los colores rojo y azul, sin hacer énfasis en que estos son los colores que podemos ver reflejados debido a los conos de nuestros ojos; sin embargo, el objeto refleja el resto de las longitudes de onda del espectro visible. Aquí se puede inferir que estos estudiantes decidieron dejar de lado las cuestiones biológicas centrándose en el área de la física, que era el interés del presente trabajo, demostrando un desaprendizaje del tema orgánico para poder comprender en sí el fenómeno físico que allí ocurría.

Respecto a la pregunta: ¿De qué color es la luz del sol? ¿Por qué crees que es de ese color? E3 hacía alusión en la fase diagnóstica a los rayos UVE como causantes del color, mientras que E6 afirma que la atmósfera es la causa del color; en esta medida, ambos estudiantes le adjudicaban el color a la luz solar por cuestiones de su composición o en su trayecto al pasar por la atmósfera terrestre; es decir, que el color de los rayos lumínicos solares debe a propiedades inherentes a los mismos. Sin embargo, al finalizar las sesiones de clase ambos coinciden en que el sol no tiene un color como tal, pero que la luz que de él emana es blanca porque contiene todos los colores. Estas respuestas son muy alentadoras en la medida en que los estudiantes trascendieron de las ideas iniciales que tenían para poder comprender el concepto enseñado, aquí se da cuenta del aprendizaje significativo crítico porque los alumnos desaprendieron concepciones previas irrelevantes para poder asimilar el concepto de color y de composición de la luz natural.

#### **5.4.2 Subcategoría 4.2: Desaprendizaje de la idea del ojo como único factor para la visión del color**

En esta subcategoría se aborda el desaprendizaje de la idea del ojo como único factor para la visión del color desde las concepciones previas que presentaban los estudiantes, y las respuestas brindadas en la prueba final para poder observar la variación de las mismas. Así, en la Tabla 14 se registran las respuestas para el presente análisis.

Se hace un análisis a partir de la pregunta ¿De qué depende que veamos los colores? realizada al inicio y al final de la intervención en el aula, puesto que es un elemento clave que permite identificar los componentes que son necesarios según los estudiantes para la percepción del color.

Tabla 14: *Respuestas iniciales y finales de los estudiantes para subcategoría 4.2.*

PREGUNTA	CONCEPCIONES INICIALES	CONCEPCIONES FINALES
¿De qué depende que veamos los colores?	<i>“De que nuestros conos y bastones que tenemos en los ojos reciban imágenes y las puedan interpretar” (E1)</i>	<i>“Debido a que tenemos conos y bastones en los ojos, los cuales nos permiten detectar el <b>espectro visible</b>.” (E1)</i>
	<i>“vemos porque en realidad entran todos los colores pero solo se <b>refleja</b> uno” (E2)</i>	<i>“por la <b>reflexión de la luz</b> en los objetos y los conos y bastones que tenemos en los ojos” (E2)</i>
	<i>“Se debe a los fotorreceptores de los ojos que miden la intensidad con la que entra <b>luz</b> a los ojos y la <b>córnea</b>” (E3)</i>	<i>“Porque en nuestros ojos están los conos y los bastones que ayudan a la <b>recepción de la luz (RGB)</b>” (E3)</i>
	<i>“De la vista, allí se encuentran los bastones y otras cosas que permiten la percepción del color” (E5)</i>	<i>“Estos los vemos gracias a la <b>luz</b> y a los conos y los bastones que tenemos en los ojos.” (E5)</i>
	<i>“la interpretación se le dé a la <b>luz</b> que rebota en un objeto y llega al ojo” (E6)</i>	<i>“por la <b>reflexión de la luz</b> blanca en las superficies” (E6)</i>

Para comenzar el análisis vamos a comparar las convergencias y divergencias que percibimos entre los estudiantes en dicha pregunta, donde, en concordancia con esto, varios alumnos tenían en sus concepciones previas la percepción de que para ver se necesita los ojos, los conos y los bastones, cuestión que nos indica que estos consideran que el aparato visual es lo único necesario para ver el color. De acuerdo con ello, en la última intervención los estudiantes tuvieron algunos avances en cuanto a la mención de ciertos conceptos para darle respuesta a la pregunta; por ejemplo, en la fase de evaluación en E1 y E3 se sigue presentando una resistencia de este subsumidor, ya que continúan mencionando los conos y bastones como necesarios para ver el color, pero con una diferencia que mencionan términos propios de la física tales como espectro visible (E1) y recepción de luz (RGB) (E3), algo que demuestra un avance en sus conocimientos, pero que no podría dar cuenta de un aprendizaje significativo, ya que no es relevante solamente utilizar términos que puedan sonar sofisticados a la hora de dar una respuesta.

Ahora bien, en la fase de evaluación, E5 muestra un progreso más significativo, ya que en la prueba diagnóstica afirma que solo se necesita el ojo para ver el color y en la última prueba



realizada continúa con este pensamiento, con la diferencia de que afirma que vemos los colores “*gracias a la luz*” (E5). Una respuesta muy completa en la medida que el estudiante comprendió que para ver los colores necesitamos el aparato visual en conjunto con la luz, algo que evidencia el abandono de considerar el ojo como único factor determinante en la visión; en ese sentido el propio estudiante construye el concepto y lo complementa desde la explicación científica que proporciona la física.

Si bien lo anteriormente descrito da cuenta de las subcategorías 4.1 y 4.2 para analizar no solo el desaprendizaje sino también la influencia de las concepciones previas en este con relación a los subsumidores irrelevantes, es necesario también hacer un análisis de los aportes conceptuales que adquirieron los estudiantes que tenían algunas nociones básicas del concepto del color; es decir, aquellos que contaban con algunos subsumidores relevantes.

En ese sentido es necesario aclarar que se ve la necesidad de analizar las cuestiones referentes a los subsumidores relevantes para dar cuenta del principio del desaprendizaje, porque este no solo consta de prescindir de los conocimientos previos, sino que requiere de estudiantes que se den cuenta que su conocimiento previo era pertinente y con el conocimiento nuevo brindado por las diferentes actividades y por las explicaciones de las investigadoras en la intervención, podrían reforzar o enriquecer dichas concepciones previas.

En algunas de las respuestas obtenidas en el cuestionario de la fase diagnóstica, y en varios comentarios de los estudiantes durante las actividades, se pudo evidenciar como se expresó anteriormente que algunos de ellos tenían concepciones previas muy acertadas sobre la temática en cuestión; por ejemplo, al dar solución a la pregunta ¿De qué depende que veamos los colores?, E2 dio una respuesta que da indicios de conocimientos sobre absorción y reflexión de la luz, pero da cuenta de que aún no conoce la manera científica de nombrarlos; ahora bien, lo respondido en la prueba final es de suma importancia porque permite inferir que este alumno ya sabía cómo nombrar técnicamente lo esbozado en la primera respuesta, además la complementa incorporando la idea de

que para ver un color también es imprescindible el aparato visual, lo cual da cuenta de un sujeto que se reconoce como partícipe ante dicho fenómeno en relación con cuestiones físicas de la luz para la visualización del color.

Además de esto, lo manifestado por E6 en la prueba diagnóstica y en la prueba final, da cuenta de un avance significativo en la comprensión de los conceptos propios de la física para la incorporación de los mismos en sus explicaciones referentes a la visión del color, y que el estudiante logra identificar su conocimiento previo como relevante para complementar el aprendizaje del concepto de color, dotando así la definición de términos más técnicos y coherentes, propios de la física.

Continuando, E5 da respuesta a la cuestión: *¿De qué color es la luz del sol? ¿Por qué crees que es de ese color?* en ambas pruebas (diagnóstica y final) de manera muy similar, al asegurar que la luz del sol es de color blanco y es así por ser una mezcla de todos los colores; aquí la cuestión es que el estudiante se quedó con la información que ya sabía, que, aunque es completa, se podría ampliar con la propuesta pedagógico-didáctica; por lo tanto no da cuenta del principio de desaprendizaje debido a que no considera su conocimiento previo para ampliar el concepto de color.

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de implementar la propuesta pedagógico-didáctica enfocada al aprendizaje significativo crítico del concepto de color desde la perspectiva de la reflexión de la luz, y analizar los resultados obtenidos, en el presente capítulo se plasman las conclusiones en relación con la pregunta y los objetivos de investigación.

A partir del desarrollo de esta investigación se concluye que la identificación de la influencia de las concepciones previas que tienen los estudiantes, permite fomentar el aprendizaje significativo crítico del concepto de color, en la medida en que el docente, basado en el dominio de dichas concepciones puede orientar el aprendizaje del estudiante; de tal manera que éste último logre establecer relaciones entre lo que conocía y lo que aprendió durante este proceso. Esto debido a que se encontró que varios estudiantes conocían cierto concepto pero no lograban explicarlo en términos científicos; y al final de la intervención contaban con un lenguaje más técnico para referirse a dicho concepto usándolo de manera más pertinente, donde se ponía de manifiesto la coherencia entre lo expresado y lo representado en los montajes experimentales.

En el desarrollo de la propuesta también se identificaron indicios de desaprendizaje por parte de los estudiantes en relación con el concepto de color, debido a que las explicaciones empleadas por ellos en diálogos grupales se apoyaban en recursos utilizados dentro del aula, como por ejemplo el montaje de la reflexión de la luz o el que permitía ingresar longitudes de onda que pudieran corresponder a un determinado color. Además, se muestra un avance en las concepciones de la mayoría de los estudiantes, debido a que se evidencia un reconocimiento de conceptos físicos que permiten la explicación del fenómeno en cuestión, lo que da cuenta de un aprendizaje significativo crítico en la medida en que abandonaron ideas irrelevantes, complementaron los saberes, o desarrollaron el conocimiento pertinente para la comprensión del concepto de color.

El análisis de los cuestionamientos planteados por los estudiantes fue útil no solo para orientar las discusiones de aula según los propios interrogantes de los alumnos, sino también debido a que el hecho de formular preguntas que indaguen por las relaciones entre los conceptos, el carácter explicativo de los mismos o modifiquen estructuras, pone de manifiesto un aprendizaje significativo crítico, donde se observa el progreso en las dudas presentadas cada vez más en relación con conceptos propios de la física, de esta manera se da cuenta de los conceptos o acontecimientos físicos que han comprendido.

Así mismo, los Sistemas de Adquisición de Datos se constituyeron en un valioso aporte para el aprendizaje significativo crítico del concepto de color, en la medida en que permitieron a los estudiantes explorar el fenómeno de una manera interactiva, logrando que algunos de ellos se motivaran y empezaran a preguntar por el funcionamiento del montaje, qué pasaría si cambiara algo de su estructura con relación al tema que se quería explicar, cómo era el funcionamiento del mismo y qué posibilidades de mayor interacción existe. De igual forma, mostraron interés por la manipulación de estos, con el fin de constatar que los fenómenos que veían se podían simular de una forma simple y clara, consiguiendo así que establecieran relaciones entre lo que concebían previamente y lo experimentado en el aula para lograr una resignificación de dichas concepciones.

Respecto a la estrategia de enseñanza del aprendizaje colaborativo aplicada en el aula, se pudo identificar que fue ventajosa, ya que se observó que en varias actividades los estudiantes se preocuparon por promover el aprendizaje grupal; de este modo si a algún estudiante del grupo le surgía una duda, en conjunto intentaban resolverla. En virtud de ello, se puede decir que el trabajo grupal favorece en gran medida una participación activa y una negociación de significados entre los estudiantes, permitiendo la puesta en escena de diversas ideas que son complementadas u orientadas entre ellos mismos, de modo que por medio de la discusión se logra establecer un consenso que en la mayoría de los casos es acertado en relación con las temáticas abordadas.

Para finalizar consideramos que el ejercicio aquí realizado fue un aporte valioso a nuestra formación como licenciadas, en la medida en que nos permitió desarrollar un perfil de docente investigador, el cual siempre se está preguntando por cómo fomentar el aprendizaje en el aula, buscando estrategias para hacerlo, permeándose de todos los referentes teóricos en el tema y buscando innovar en las clases a partir de diferentes tipos herramientas.

*Recomendaciones:*

Después de desarrollar la actividad y analizar los resultados obtenidos durante la presente investigación, se exponen a continuación algunas recomendaciones para aplicar posiblemente la propuesta y ayudar al aprendizaje significativo crítico del concepto de color mediante el análisis del fenómeno de reflexión de la luz de estudiantes en contextos parecidos al que fue elegido para implementar la esta propuesta.

Para realizar la estructuración de los montajes descritos en la fundamentación metodológica consideramos necesario que el docente tenga conocimientos de programación o cuente con ayuda de alguien externo que sea conocedor de esta área. De igual forma el docente debe estar informado sobre la estrategia de aprendizaje colaborativo en la medida en que pueda propiciar en los estudiantes la conformación de equipos de trabajo informales donde el docente centre la atención de estos en las herramientas (los SAD) y promueva la discusión entre los mismos equipos, de forma tal que el aprendizaje sea enriquecedor debido a que se comparten diversas posturas y significados propios de los estudiantes. Igualmente se sugiere que las actividades se lleven a cabo en un lugar espacioso donde todos los estudiantes tengan la posibilidad de observar su funcionamiento.

Finalmente se sugiere que estudios posteriores en el marco de esta línea de investigación y de la temática abordada, se enfoquen en posibles dificultades que surjan en la comprensión de los estudiantes al momento de relacionar la teoría tricromática con el proceso de reflexión de la luz, y con otros conceptos como longitud de onda, frecuencia y espectro electromagnético.

## REFERENCIAS

- Albuquerque, K., Sena, P., y Ferreira, G. (2015). Os Três Momentos Pedagógicos como metodologia para o ensino de Óptica no Ensino Médio: o que é necessário para enxergarmos. *Caderno Brasileiro De Ensino De Física*, 32(2), pp. 461-482.
- Alzate, T., Sierra, J. (2000) El diario de campo. Instrumento en el trabajo educativo, pp. 11-12.
- Andréu, Jaime (2002) *Las técnicas de análisis de contenido; una revisión actualizada*.
- Aprendizaje inteligente para todos. (2015, diciembre 18). Laws of Reflection. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=vt-SG7Pn8UU>
- Ayala, M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Revista Pro-posições*, 17(1), pp.4.
- Bell, R.L., Maeng, J.L. y Binns, I.C. (2013). Learning in Context: Technology Integration in a Teacher Preparation Program Informed by Situated Learning Theory. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(3), pp. 348-379.
- Bermúdez, C. (2015). Las Tecnologías Educativas en Entornos Virtuales. Desovillando la madeja TIC con sentido educativo. *Revista Iberoamericana De Tecnología En Educación Y Educación En Tecnología*, 16, pp. 37-40.
- Borello, M. (2010). Educación y TIC. Líneas para caracterizar sus relaciones. *Revista Iberoamericana De Tecnología En Educación Y Educación En Tecnología*, 5, pp. 13-20.
- Bravo, B. y Pesa, M. (2005). Concepciones de alumnos (14–15 años) de educación general básica sobre la naturaleza y percepción del color. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(3), pp. 337-362.

- Bravo, B. y Rocha, A. (2008). Los modos de conocer de los alumnos acerca de la visión y el color: síntesis de resultados. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(3), pp. 582-596.
- Bravo, M., Pesa, M., y Pozo, J. (2010). Los modelos de la ciencia para explicar la visión y el color: Las complejidades asociadas a su aprendizaje. *Revista Electrónica De La Enseñanza De Las Ciencias*, 28(1), pp. 113–126.
- Brijaldo, M. y Sabogal, M. (2015). Trayectos de uso de TIC: Caso de la Universidad Javeriana. *Revista Internacional de Investigación en Educación*, 7(15), pp. 135-148.
- Calvo, J. (2014). Aprendizaje activo aplicado a la enseñanza del fenómeno óptico de interferencia de la luz en el marco del proyecto ondas de Colciencias en la isla de San Andrés. *Universidad Nacional de Colombia*.
- Campos, A., Batista, W., y Souza, T. (2017). Luz, cor e visão: Uma proposta de ensino por investigação. *Física Na Escola*, 15(1), pp. 41-44.
- Campoy, T. y Gomes, E. (2015) Técnicas e instrumentos cualitativos de recogida de datos. *Manual básico e para la realización de tesinas, tesis y trabajos de investigación*. pp. 273-300.
- Capuano, V. (2011). El uso de las TIC en la enseñanza de las ciencias naturales. Recuperado de Virtualidad, Educación y Ciencia. 2(2), pp. 79-88.
- Cardona, M. y López, S. (2017). Una revisión de literatura sobre el uso de sistemas de adquisición de datos para la enseñanza de la física en la educación básica, media y en la formación de profesores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 39(4).
- Cavalcante, M., Balaton, M., y de Castro, A. (2016). Estudo das cores com o Arduino Scratch e Tracker. *Física Na Escola*, 14(1), pp. 27-33.

- Cavalcante, M; Tavoraro, C. y Molisani, E. (2011). Física com Arduino para iniciantes. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 33(4).
- Cisterna, F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria*, 14 (1), pp. 61-71.
- Coria, G. (2015). La visión del color en los seres humanos. *Universidad de valladolid*.
- García, F. (2010). Educación en medios ayer y hoy: tópicos, enfoques y horizontes. magis, *Revista Internacional de Investigación en Educación*, 2(4), pp. 279-298.
- García, M., Deco, C., Bender, C., y Collazos, C. (2018). Herramientas de Diseño para el Desarrollo de Competencias en Educación Básica, Media y Tecnológica: Experiencia en el Instituto Técnico Industrial Pascual Bravo de Colombia. *Revista Iberoamericana De Educación En Tecnología Y Tecnología En Educación*, 19, pp. 73-82.
- Giacosa, N., Concari, S., y Giorgi, S. (2012). Experimentar con TIC y reflexionar sobre su uso a partir de las apreciaciones de los estudiantes. *Revista Iberoamericana De Educación En Tecnología Y Tecnología En Educación*, 8, pp. 54-64.
- Grisolía, M. (2009). Incorporando Tecnologías de la Información y la Comunicación en un curso de Física General. *Latin-American Journal Of Physics Education*, 3(2), pp. 439-445.
- Guerrero, I, y Kalman, J. (2010). La inserción de la tecnología en el aula: estabilidad y procesos instituyentes en la práctica docente. *Revista Brasileira de Educação*, 15(44), pp. 213-229.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de investigación* (5th ed. pp. 361-542). México: McGRAW-HILL.
- Hewitt, P. (2007). *Física conceptual* (10th ed., pp. 496-532). México: PEARSON EDUCACIÓN.



- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*, 12(3), pp. 299-313.
- Johnson, D., Johnson, R. y Holubec, E. (1999). El aprendizaje cooperativo en el aula. (pp. 5-13). Buenos Aires: PAIDÓS.
- Kelleher, C y Vitreous. [TED-Ed]. (2012, diciembre 18). What is color? - Colm Kelleher.  
Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=UZ5UGnU7oOI>
- Lozupone A y Sorzio C, (2010), Universidad de Buenos Aires. Recuperado de:  
<http://catedragarciacano.com.ar/wp-content/uploads/2010/04/SRG-Apunte-03-2010.pdf>
- Kelly, G., Germano, R., y Rocha, D. (2017). Espectroscopia para o ensino médio utilizando a placa arduino. *Revista Brasileira De Ensino De Ciência E Tecnologia*, 10(2), pp. 1-17.
- Lara, F. y Cabrera, M. (2015) Fichas de procedimientos de evaluación educativa UDLA. (Ficha N° 7, p.1).
- Llinares, S. y Sánchez, M. (Editores). (1990). Teoría y práctica en educación matemática, Sevilla, *Ediciones Alfar*.
- López, S., Veit, E. y Solano, I. (2014). La formulación de preguntas en el aula de clase: un a evidencia de aprendizaje significativo crítico. *Ciência & Educação (Bauru)*, 20(1), pp.117-132.
- Lüdke, E. (2010). Um espectrofotômetro de baixo custo para laboratórios de ensino: aplicações no ensino da absorção eletrônica e emissão de fluorescência. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 32(1), pp. 1506-1503.
- Marcelo, C. (2013). Las tecnologías para la innovación y la práctica docente. *Revista Brasileira de Educação*, 18(52), pp. 25-47.

Martinez,G., Pérez,Á., Suero, M. y Pardo, P. (2013). Detection of Misconceptions about Colour and an Experimentally Tested Proposal to Combat them. *International Journal of Science Education*, 35(8), pp.1299-1324.

Medina, J. y Tarazona, M. (2011) El papel del experimento en la construcción del conocimiento físico, el caso de la construcción de potencial eléctrico como una magnitud física. Elementos para propuestas en la formación inicial y continuidad de profesores en física. *Universidad de Antioquia*.

Medina, M. (2011). Propuesta para la enseñanza de la reflexión de la luz en superficies planas a estudiantes de grado noveno, desde la perspectiva del aprendizaje activo. *Universidad Nacional de Colombia*. pp. 19-20.

Medina, M. (2011). Propuesta para la enseñanza de la reflexión de la luz en superficies planas a estudiantes de grado noveno, desde la perspectiva del aprendizaje activo. *Universidad Nacional de Colombia*.

Micha, D, Penello, G, Kawabata, R, y Camarotti, T. (2011). "Vendo o invisível": experimentos de visualização do infravermelho feitos com materiais simples e de baixo custo. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 33(1), pp. 01-06.

Ministerio de Educación Nacional. Estándares Básicos de Competencias en Matemáticas. Colombia. (2014). 23p. [En línea] Disponible en [http://www.mineduacion.gov.co/1759/articles-339975\\_matematicas.pdf](http://www.mineduacion.gov.co/1759/articles-339975_matematicas.pdf).

Ministerio de Educación Nacional. Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales. Colombia. (2014). 139p. [En línea] Disponible en [http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-116042\\_archivo\\_pdf3.pdf](http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf3.pdf)

- Moreira, M. A. (2010). Aprendizaje significativo crítico. *Indivisa: Boletín de estudios e investigación*, 6, pp. 83-102.
- Palomino, W. Delgado, Z y Valcarcel, L. (2006). Teoría del Aprendizaje Significativo de David Ausubel. *II Encuentro de Físicos en la Región Inka UNSAAC*. Casa Abierta al Tiempo. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Pontes, A. (2005). Aplicaciones de las tecnologías de la información y de la comunicación en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(1), pp. 2-18.
- Postman, N. y Weingartner, C. (1969). *Teaching as a subversive activity*. New York: Dell Publishing Co.
- Prazeres, M. (2015). Empresa HD, aluno monitor: a Microsoft e a construção da crença nas tecnologias. *Educação E Pesquisa*, 41(2), pp. 527-542.
- Ribeiro, P., y Pereira, C. (2013). Quadros interativos na educação: uma avaliação a partir das pesquisas da área. *Educação E Pesquisa*, 39(3), pp. 741-756.
- Ribeiro, P., y Pereira, C. (2015). O professor como construtor do currículo: integração da tecnologia em atividades de aprendizagem de matemática. *Revista Brasileira de Educação*, 20(62), pp. 635-661.
- Ricoy, M., y Couto, M. (2014). As boas práticas com TIC e a utilidade atribuída pelos alunos recém-integrados à universidade. *Educação E Pesquisa*, 40(4), pp. 897-912.
- Rocha, M., Fujimoto, T., Azevedo, R., y Muramatsu, M. (2010). O azul do céu e o vermelho do pôr-do-sol. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 32(3), pp. 01-03.

- Román, M., y Murillo, J. (2014). Disponibilidad y uso de TIC en escuelas latinoamericanas: incidencia en el rendimiento escolar. *Educação E Pesquisa*, 40(4), pp. 869-895.
- Sanjosé, V. y Torres, T. (2014). Generación de preguntas sobre información no textual: una validación empírica del modelo obstáculo-meta en la comprensión de dispositivos experimentales de ciencias. *Universitas Psychologica*, 13(1), 357-368.
- Schuhmacher, V., Alves Filho, J., y Schuhmacher, E. (2017). As barreiras da prática docente no uso das tecnologias de informação e comunicação. *Ciência & Educação*, 23(3), pp. 563-576.
- SciToons. (2014, abril 3). How Do We See Color?. Recuperado de:  
<https://www.youtube.com/watch?v=pvC9MQvqHMQ>
- Serway, R., y Beichner, R. (2002). *Física para ciencias e ingeniería* (5th ed., pp. 1110-1113). México: McGRAW-HILL.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2009). *Física: Para ciencias e ingeniería con Física Moderna* (7a. ed). México D.F.: Cengage.
- Silveira, M., y Barthem, R. (2016). Ensino da visão cromática através de aparato com LED's coloridos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 38(3).
- Soares, W. & Nascimento C. (2012). A inclusão das TICs na educação brasileira: problemas e desafios. *Revista Internacional de Investigación en Educación*, 5(10), pp. 173-187.
- Soong, B. and Mercer, N. (2011). Improving Students' Revision of Physics Concepts through ICT-Based Co-construction and Prescriptive Tutoring. *International Journal of Science Education*, 33(8), pp.1055-1078.

Souza, A., Paixão, A., Uzêda, D., Días, M, Duarte, S, & Amorim, H. (2011). A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 33(1), pp. 01-05

Stake, R (2010). Investigación con estudio de casos. (4th ed.). Madrid: Morata.

Valdés, A.; Arreola C.; Angulo J.; Carlos E. & García R. (2011). Actitudes de docentes de educación básica hacia las TIC. *Revista Internacional de Investigación en Educación*, 3(6), pp. 379-392.

Videocinco. (2014, Junio 13). Videocinco - Teoría de la luz y el color aditivo. Recuperado de:

<https://www.youtube.com/watch?v=qjnGzLfp2AY>

Viennot, L. (2002). Razonar en física. La contribución del sentido común. Madrid: A. Machado libros.

Vivanco, G. (2015). Educación y tecnologías de la información y la comunicación ¿es posible valorar la diversidad en el marco de la tendencia homogeneizadora? *Revista Brasileira de Educação*, 20(61), pp. 297-315.

White, R., Gunstone, R. (1992). Probing understanding. London and New York: The Falmer Press.

¿Qué es Arduino? (2017). Arduino. [OnLine] Disponible en:

<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>

## ANEXOS

Anexo 1: *Formato diario de campo.*

<b>Actividad N°:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Tipo de actividad:</b>	
<b>Objetivo:</b>	
<b>Descripción:</b>	
<b>Observación:</b>	
<b>Percepción:</b>	
<b>Conclusiones:</b>	

Anexo 2: Indagación de conocimientos obtenidos.

---

*Institución Educativa Presbítero Antonio José Bernal Londoño S.J.*

*Estudiante*

---

**Objetivo:** *Comprender qué entendieron los estudiantes por el concepto del color empleando para esto el fenómeno de reflexión de la luz.*

*Tiene un carácter de confidencialidad y tiene una duración aproximada de 20 minutos.*

---

¿Por qué vemos los colores?

¿De qué color es la luz del sol? ¿Por qué crees que es de ese color?

¿De qué color son las hojas del árbol? ¿Por qué crees que tengan dicho color?

¿En qué situaciones puede reconocer el fenómeno de la reflexión de la luz?

¿Qué dificultades se te presentaron en las actividades para comprender el concepto del color y los fenómenos que a él se asocian?

Considera útil y apropiado la implementación de los SAD (El ojo humano, luz estroboscópica con ruleta de colores, celular conectado a un arduino que genera diferentes colores al ingresar las longitudes de onda) para afianzar el entendimiento del concepto del color. ¿Por qué?

Defina brevemente los siguientes conceptos:

*Color:*

*Luz:*

*Reflexión de la luz:*

*Espectro visible:*

*Espectro no visible:*

*Longitud de onda:*



Anexo 3: *Folio.*

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

Grado: \_\_\_\_\_

*“Para ver los objetos es necesaria la presencia de la luz”*

a) ¿De qué color son las hojas del árbol? ¿Por qué crees que tengan dicho color?

b) ¿De qué color es la luz del sol? ¿Por qué crees que es de ese color?

c) ¿De qué depende que veamos los colores?

d) ¿Cómo crees que se da el proceso de reconocer el color de un objeto en una persona daltónica?

e) Genera una pregunta para tu compañero de clase, donde le cuestiones el proceso para que el ojo humano pueda percibir los colores



Anexo 4: *Links de videos.*

Teoría de la luz y el color aditivo (0:00 - 0:58), <https://www.youtube.com/watch?v=qjnGzLfp2AY>

¿Qué es el color? - Colm Kelleher (0:13 - 3:05),

<https://www.youtube.com/watch?v=MUhFoKbxixY>

How Do We See Color? (0:23 - 1:10),

<https://www.youtube.com/watch?v=pvC9MQvqHMQ>

Leyes de reflexión (1:44 - 2:57),

<https://www.youtube.com/watch?v=vt-SG7Pn8UU&t>

### Anexo 5: Preguntas del juego.

A continuación, se presenta cada uno de los momentos (incluyendo el comodín) con sus respectivas preguntas según el nivel de dificultad:

#### Momento explicativo:

#### Nivel 1:

- Según la teoría de young del color ¿Qué combinación de colores nos permite ver el color amarillo?
- Según la teoría de young del color ¿Qué combinación de colores nos permite ver el color magenta?
- Según la teoría de young del color ¿Qué combinación de colores nos permite ver el color cian?
- ¿Qué colores podemos obtener a partir de la mezcla de luz (de los colores primarios) según la teoría de young?

#### Nivel 2:

- Según la teoría de young ¿cuáles son los colores fundamentales (primarios)?
- Según la teoría de young del color ¿Qué combinación de colores nos permite ver el color blanco?
- Sabías que: Cuando las frecuencias del estroboscopio se regulan con la ruleta RGB se evidencia que:

1.Si está exactamente en la misma frecuencia la ruleta parecen inmóvil

2. Si las frecuencias no coinciden exactamente pero se aproximan, veremos la ruleta moverse lentamente.

- Sabías que: Un efecto estroboscópico es un efecto óptico que se produce al iluminar mediante destellos un objeto que se mueve en forma rápida y periódica.

### Nivel 3:

- En el espectro visible ¿Qué longitud de onda tiene el blanco?
- En el espectro visible ¿Qué longitud de onda tiene el gris?
- ¿Qué conoces del espectro no visible?
- En el espectro visible ¿Qué longitud de onda tiene el negro?

### Nivel 4:

- En el espectro visible cuál es el color que tiene una longitud de onda más corta.
- En el espectro visible cuál es el color que tiene una longitud de onda más larga.
- ¿La siguiente gráfica del espectro visible es correcta? ¿Por qué?



- ¿En qué rango de longitud de onda se encuentra aproximadamente el espectro visible?
  - 300 nm a 800 nm
  - 400 nm a 600 nm
  - 380 nm a 750 nm

Momento práctico:Nivel 1:

- Oculta el color rojo. ¿Qué color se obtiene?
- Oculta el color azul. ¿Qué color se obtiene?
- Oculta el color verde. ¿Qué color se obtiene?
- Encuentre en dos intentos el color blanco (teoría de young)

Nivel 2:

- Ocultando un color del círculo, halle el color magenta (Un intento) (teoría de young).
- Ocultando un color del círculo, halle el color cian (Un intento) (teoría de young).
- Ocultando un color del círculo, halle el color amarillo (Un intento) (teoría de young).
- Determina a qué color pertenece la longitud de onda de 380 nm (espectro visible)
- Determina a qué color pertenece la longitud de onda de 750 nm (espectro visible)

Nivel 3:

- Encuentre en dos intentos el color violeta ingresando la longitud de onda correspondiente (espectro visible)
- Encuentre en dos intentos el color cian ingresando la longitud de onda correspondiente (espectro visible)
- Encuentre en dos intentos el color verde ingresando la longitud de onda correspondiente (espectro visible)

- Encuentre en dos intentos el color amarillo ingresando la longitud de onda correspondiente (espectro visible)

#### Nivel 4:

- Encuentre en dos intentos el color naranja ingresando la longitud de onda correspondiente (espectro visible).
- Encuentre en dos intentos el color rojo ingresando la longitud de onda correspondiente (espectro visible).
- Encuentre la longitud de onda del color blanco (espectro visible).
- Encuentre la longitud de onda del color negro (espectro visible).

#### Comodín:

#### *Práctica:*

#### Nivel 1:

- Escoge un compañero para este reto: En un intento debe encontrar el color magenta, si falla deben cambiar de posición entre sí.
- Escoge un compañero para este reto: En un intento debe encontrar el color cian, si falla deben cambiar de posición entre sí.
- Escoge un compañero para este reto: En un intento debe encontrar el color amarillo, si falla deben cambiar de posición entre sí.
- Sabías qué: No hay límites exactos en el espectro visible: el ojo humano típico responderá a longitudes de onda de 380 a 750 nm, aunque algunas personas pueden ser capaces de percibir longitudes de onda desde 380 hasta 780 nm.

Nivel 2:

- Escoge un compañero para este reto: En tres intentos debe encontrar el color cian con su respectiva longitud de onda, si falla deben cambiar de posición entre sí. (espectro visible)
- Escoge un compañero para este reto: En tres intentos debe encontrar el color verde con su respectiva longitud de onda, si falla deben cambiar de posición entre sí. (espectro visible)
- Escoge un compañero para este reto: En tres intentos debe encontrar el color amarillo con su respectiva longitud de onda, si falla deben cambiar de posición entre sí. (espectro visible)
- Escoge un compañero para este reto: En tres intentos debe encontrar el color naranja con su respectiva longitud de onda, si falla deben cambiar de posición entre sí. (espectro visible)
- Escoge un compañero para este reto: En tres intentos debe encontrar el color violeta con su respectiva longitud de onda, si falla deben cambiar de posición entre sí. (espectro visible)
- Escoge un compañero para este reto: En tres intentos debe encontrar el color rojo con su respectiva longitud de onda, si falla deben cambiar de posición entre sí. (espectro visible)

*Teoría:*Nivel 1:

- La longitud de onda del color violeta es aproximadamente de (380-450)nm
- La longitud de onda del color cian es aproximadamente de (450-495) nm
- La longitud de onda del color verde es aproximadamente de (495-570) nm
- La longitud de onda del color amarillo es aproximadamente de (570-590) nm
- La longitud de onda del color naranja es aproximadamente de (590-620) nm
- La longitud de onda del color rojo es aproximadamente de (620-750) nm



- 19.1. La frecuencia es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico.
- 19.2. La longitud de onda es la distancia real que recorre una perturbación en un determinado intervalo de tiempo.
- 19.3. Se llama espectro visible a la región del espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir
- 19.4 El color que proyecta la pantalla es una combinación de los colores primarios (rojo, verde y azul).

### Nivel 2:

- 33.1. ¿Qué es la frecuencia? Si la respuesta es incorrecta devuélvete a la casilla 19, y lee la tarjeta comodín 19.1. Si la respuesta es correcta avanza 3 casillas.
- 33.2. ¿Qué es una longitud de onda? Si la respuesta es incorrecta devuélvete a la casilla 19, y lee la tarjeta comodín 19.2. Si la respuesta es correcta avanza 3 casillas.
- 33.3. ¿Qué es el espectro visible? Si la respuesta es incorrecta devuélvete a la casilla 19, y lee la tarjeta comodín 19.3. Si la respuesta es correcta avanza 3 casillas.
- 33.4 Sabías qué: La pantalla del experimento espectro visible simula el color que ves. ¿Por qué? Si la respuesta es incorrecta devuélvete a la casilla 19, y lee la tarjeta comodín 19.4. Si la respuesta es correcta avanza 3 casillas.

### Instrucciones del juego Escalera:

El juego está diseñado para 9 jugadores, cada uno con su correspondiente ficha, los jugadores deberán lanzar un dado que les indica la cantidad de casillas que deben avanzar, el recorrido debe

hacerse de forma ascendente<sup>4</sup> y al finalizar cada movimiento pueden haber 4 opciones, que el jugador quede en una casilla sin símbolo alguno, una casilla de pregunta (Símbolo de pregunta), de práctica (Símbolo Led) o comodín (Símbolo estrella).

En caso de caer en alguna de las casillas antes mencionadas deberá:

- Sin símbolo alguno: puede quedarse allí tranquilamente y finalizar el movimiento.
- Pregunta: en caso de que un jugador al finalizar su movimiento quede en un símbolo de pregunta, debe tomar una tarjeta con este distintivo e intentar responder, éstas están clasificadas de manera jerárquica; es decir que a medida que el jugador avanza, su grado de dificultad también incrementará.
- Práctica: en caso de que un jugador al finalizar su movimiento quede en un símbolo que represente la teoría de Young, debe tomar una tarjeta con este distintivo y realizar lo que allí se le pide, éstas están clasificadas de manera jerárquica; es decir que a medida que el jugador avance, su grado de dificultad también incrementará. En este caso deberá tener presente si al final de la pregunta está entre paréntesis “espectro visible” o “teoría de Young” debido a que cada uno de ellos hace alusión a un montaje experimental, en este caso el primero al montaje de Arduino y el segundo al motor giratorio.
- Comodín: en caso de que un jugador al finalizar su movimiento quede en un símbolo de Estrella, este podrá ceder la pregunta o la práctica que le corresponda al compañero que desee. Si el jugador seleccionado ejecuta de manera correcta lo indicado podrá permanecer en la casilla donde se ubicaba, de lo contrario, deberá retroceder 3 casillas. Por otra parte, si el comodín es informativo, los estudiantes deberán escuchar la teoría allí presentada, ya que esto se les puede preguntar posteriormente en el momento teórico.

---

<sup>4</sup> El jugador debe responder correctamente la pregunta o realizar la práctica para finalizar el movimiento exitosamente, esto se traduce en ascender hasta donde lo indique la escalera. Sin embargo, si responde incorrectamente deberá descender hasta donde lo indique la serpiente.

Para dar finalización al juego es preciso que alguno de los jugadores logre llegar a la meta.

## CONSENTIMIENTO INFORMADO

### Uso de sistemas de adquisición de datos para el aprendizaje del concepto de color mediante el análisis del fenómeno de reflexión de la luz

**Investigadoras:** Laura Melissa Betancur Ramírez

María Alejandra Pulgarín Naranjo

María Fernanda Velásquez Flórez

Yo \_\_\_\_\_, identificado(a) con C.C. \_\_\_\_\_, siendo el responsable legal y acudiente del menor \_\_\_\_\_ identificado(a) con T.I \_\_\_\_\_ y de \_\_\_ años, manifiesto que autorizo la participación del estudiante del grado undécimo de la Institución Educativa Presbítero Antonio José Bernal Londoño S.J, en la investigación *Uso de sistemas de adquisición de datos para el aprendizaje del concepto del color mediante el análisis del fenómeno de reflexión de la luz*, la cual es llevada a cabo en la en el área de física, dirigida por las investigadoras Laura Melissa Betancur Ramírez, María Alejandra Pulgarín Naranjo y María Fernanda Velásquez Flórez, estudiantes de Licenciatura en Matemáticas y Física de la Universidad de Antioquia; teniendo presente que la información recolectada (fotos, escritos, audios, videos) serán solamente para el análisis de datos de la investigación, así mismo los resultados obtenidos por cada estudiante serán confidenciales, de manera que no se podrá saber quién hizo dichos aportes; por lo tanto, esta información no puede ser divulgada a terceras personas sin mi consentimiento expreso.

Igualmente, las investigadoras adquieren el compromiso ético de tratar a los estudiantes con respeto, dado que buscan mejorar las habilidades en el área de física, apostándole así a la comprensión del concepto de color mediante el fenómeno de la reflexión de la luz.

---

FIRMA

CC.

---

FECHA