



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Facultad de Educación

**APORTE DE UNA PROPUESTA PEDAGÓGICO-DIDÁCTICA SOPORTADA EN
LOS SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y LOS ANALIZADORES DE
VIDEO AL APRENDIZAJE DE LA NATURALEZA DE LA LUZ**

Trabajo presentado para optar al título de Licenciado en Matemáticas y Física

JORGE ANDRÉS HERNÁNDEZ GONZÁLEZ

Asesoras

SONIA YANETH LÓPEZ RÍOS

MÓNICA ELIANA CARDONA ZAPATA

**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Licenciatura en Matemáticas y Física

Facultad de Educación

Universidad de Antioquia

Medellín

2018



Facultad de Educación

Resumen 5

1. Respecto al objeto de estudio 7

 1.1. Planteamiento del problema..... 7

 1.2. Objetivos 14

 1.2.1. Objetivo general. 14

 1.2.2. Objetivos específicos..... 15

2. Antecedentes de esta investigación 16

 2.1. Categorías de revisión de literatura..... 16

 2.1.1. Categoría 1: Uso de los sistemas de adquisición de datos para la formación de profesores de física..... 18

 2.1.2. Categoría 2: Uso del analizador de video Tracker para la enseñanza de la naturaleza de la luz..... 20

 2.1.3. Categoría 3: Perspectiva del aprendizaje significativo crítico en la enseñanza de la física. 22

 2.1.4. Categoría 4: Estrategias para la formación del profesorado en el campo de la naturaleza de la luz..... 25

 2.2. Análisis global del proceso de revisión de literatura 27

3. Marco Teórico 30

 3.1. La Naturaleza de la Luz 30

 3.1.1. Acercamiento al recorrido histórico de la naturaleza de la luz 31

 3.1.2. Los modelos ondulatorio y corpuscular de la luz..... 36

 3.1.3. Los modelos corpuscular y ondulatorio en la naturaleza de la luz: el caso de la reflexión y la refracción 37

 3.2. Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico 40

 3.2.1. Antecedentes de la TASC 42

 3.2.2. Principios del aprendizaje significativo crítico. 46

 3.2.3. Principios en los que se enmarca esta investigación 50

 3.3. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación en la enseñanza de la física ... 52

 3.3.1. Los Sistemas de Adquisición de Datos en la enseñanza de la física..... 54

 3.3.2. Los analizadores de video para la enseñanza de la física..... 57

 3.4. Las TIC y la TASC para abordar la enseñanza de la naturaleza de la luz 59



4. Metodología de investigación.....	60
4.1. El Facultad de Educación	60
4.2. Participantes.....	62
4.3. Técnicas e Instrumentos de recolección de información.....	63
4.4. Propuesta de intervención.....	64
4.4.1. Actividad diagnóstica.....	66
4.4.2. Actividad soportada en el AV Tracker.....	67
4.4.3. Actividad soportada en los SAD.....	67
4.4.4. Actividad evaluativa final.....	68
4.4.5. Entrevista final.....	68
4.5. Técnicas e instrumentos de análisis de la información.....	69
5. Análisis de resultados.....	72
5.1. Categoría 1. Conocimiento previo y percepciones.....	72
5.1.1. Categoría 1.1. El conocimiento previo en relación con la naturaleza de la luz.....	73
5.1.2. Categoría 1.2. Percepciones sobre los analizadores de video.....	75
5.1.3. Categoría 1.3. Percepciones sobre los sistemas de adquisición de datos.....	77
5.2. Categoría 2. El papel de la interacción social en el cuestionamiento.....	80
6. Aspectos conclusivos.....	87
6.1. Conclusiones.....	87
6.2. Recomendaciones.....	89
Referencias bibliográficas.....	91
Anexos.....	97
Anexo 1. Formato de consentimiento informado.....	99
Anexo 2. Actividad diagnóstica.....	101
Anexo 3. Actividad soportada en el AV Tracker.....	103
Anexo 4. Actividad soportada en los SAD.....	104
Anexo 5. Evaluación final.....	107
Anexo 6. Preguntas orientadoras de la entrevista semiestructurada.....	109



Facultad de Educación

Tabla 1. <i>Autores y categorías de búsqueda</i>	17
Tabla 2. <i>Distribución de las publicaciones por país y por categoría</i>	28
Tabla 3. <i>Distribución de los artículos por país de publicación e investigación</i>	28
Tabla 4. <i>Características de los momentos de la propuesta de intervención</i>	65
Tabla 5. <i>Categorías y subcategorías de análisis</i>	69
Tabla 6. <i>Características de las preguntas registradas acompañadas de un ejemplo representativo</i>	84





Facultad de Educación

Figura 1. Distintas etapas de un SAD. Tomado de Cardona y López (2017, p. 3)..... 56

Figura 2. Esquema empleado por E4 para explicar una situación característica de la reflexión de la luz 74

Figura 3. Análisis hecho por los participantes sobre los fenómenos de la reflexión y la refracción mediante el software Tracker. 75

Figura 4. Proceso de diseño de montajes para el estudio de la reflexión y la refracción de la luz. 76

Figura 5. Montaje experimental diseñado por los participantes E1 y E2 para el estudio de la naturaleza de la luz durante la refracción. 78

Figura 6. Montaje experimental diseñado por los participantes E3 y E4 para el estudio de la naturaleza de la luz durante la refracción. 78

Figura 7. Figura de colores visualizada a través de un vaso con agua. 80

Figura 8. Marca hecha en la figura de colores para el estudio de la naturaleza de la luz. 81

Figura 9. Diseño experimental hecho por los estudiantes para estudiar la intensidad de la luz durante la refracción. 83



Facultad de Educación

El flujo de información que actualmente se vive, es evidencia de la existencia de elementos verdaderos y falsos entre lo que transita por los medios, lo cual sugiere la formación de sujetos críticos que distingan lo que es apropiado o no para su aprendizaje.

Para el caso particular del área de física, es necesaria una formación que permita a los profesores apropiarse de sus conceptos y asumir una visión crítica de sus procesos de enseñanza y aprendizaje. En ese sentido, el presente trabajo se realizó con miras al aprendizaje significativo crítico de los profesores de física en formación, en aras de que sus futuros estudiantes asuman también una postura crítica frente al aprendizaje de la naturaleza de luz.

Para lograr este propósito, se diseñó una propuesta pedagógico-didáctica fundamentada en la teoría del aprendizaje significativo crítico de Moreira, y soportada en un estudio de caso interpretativo, enmarcado en una metodología cualitativa. La propuesta fue diseñada con el apoyo de los Sistemas de Adquisición de Datos (SAD) y los Analizadores de Video (AV) como recursos de las TIC orientados desde esta teoría de aprendizaje. El estudio fue realizado con 4 estudiantes de la Licenciatura en Matemáticas y Física de la Universidad de Antioquia entre los niveles 4 y 6 del programa.

Dentro de los principales hallazgos, se encontró una valoración positiva de los SAD y los AV por parte de los participantes; se identificó la pertinencia en el uso de estos recursos para lograr una interacción entre los conocimientos previos y los nuevos, sobre la naturaleza de la luz; además, se encontró que la interacción social, como facilitador del aprendizaje significativo crítico, tuvo favorables implicaciones en el cuestionamiento de los participantes, propiciando así una oportunidad para el desarrollo de un aprendizaje significativo crítico de la luz en los profesores en formación.



1.1. Planteamiento del problema

Las múltiples vertientes del conocimiento científico-tecnológico existentes y los cambios e innovaciones que éstas conllevan se pueden considerar como uno de los principales cimientos de la sociedad, “hasta el punto de que resulta prácticamente imposible discutir sobre valores humanos, problemas políticos y económicos u objetivos educativos sin recurrir al papel que juegan en ellos la ciencia y la tecnología” (Hurd, 1998, citado en Martín, Prieto y Lupión, 2014, p. 150). En ese sentido, analizar los conocimientos científicos a través de una óptica de la inherencia que éstos presentan a las situaciones cotidianas, particularmente a los procesos educativos, permite considerar aseveraciones como las de Sadler y Zeidler (2009), citados por Lupión y Blanco (2016), quienes precisan que “la alfabetización científica se ha convertido en una necesidad para todos en el mundo actual” (p. 196).

Lo anterior implica ineludiblemente una pregunta por el cómo suplir esta necesidad; es decir, buscar un acercamiento profundo a los principales constituyentes de los procesos educativos de la mano de las contribuciones científico-tecnológicas de nuestra época; lo cual dirige la atención a Lupión y Blanco (2016), quienes asumen que estas cuestiones sugieren en los profesores de ciencias nuevos retos para su práctica. Estos retos se perciben además por la asunción del profesor a nivel internacional como “el pilar fundamental para conseguir una educación de calidad, de tal forma que su formación debe responder a las demandas y necesidades que vayan aconteciendo en una sociedad en constante evolución” (Hernández y Hernández, 2011, p. 60).



y Peralta (2016), establece además frente al profesor que esta evolución de la sociedad lo obliga a definir un posicionamiento frente a las presiones generadas por estas cuestiones y se induce en éste una adaptación a los cambios, de tal manera que adquiera una capacidad de innovación en sus clases.

Es necesario considerar que el concepto de innovación recopila un gran número de acepciones; no obstante, para el propósito del presente trabajo se contempla aquella que es afín a lo que se ha enunciado con respecto al conocimiento científico-tecnológico y su papel en la escuela. A partir de esto, es pertinente retomar a Rivas (2000), como se cita en Porto y Mosteiro (2014), cuando afirma que la innovación es

La acción consistente en el proceso de incorporación de algo nuevo en el sistema de la institución educativa, cuyo resultado es la modificación de su estructura y operaciones, de tal manera que mejore sus efectos en orden al logro de los objetivos educativos. (p. 144)

En ese sentido, conviene analizar esta problemática de la formación del profesorado en ciencias para suplir la necesidad de la alfabetización científica en relación con las Tecnologías de la Información y la Comunicación; ya que éstas se vinculan directamente con la innovación; es decir, con la incorporación de modificaciones pertinentes, pues son “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).

Una muestra del poder de las TIC en educación científica, particularmente en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física, es su pertinencia a la hora de “fortalecer y crear los contextos apropiados para la alfabetización científica de los estudiantes, de tal



Con todo esto, conviene profundizar en las implicaciones del potencial de las TIC que estas autoras destacan, al analizarlo en paralelo con uno de los retos que la época y sus avances traen consigo para los profesores de ciencias, particularmente de física: el aprendizaje de la óptica, y específicamente de la naturaleza de la luz. Muestra de ello, tal y como sostiene Sokoloff (2012), es la existencia de un número considerable de investigaciones que analizan la necesidad de un fortalecimiento en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la óptica, ya que éstos no son satisfechos con los métodos tradicionales en educación científica.

Complementando lo anterior, en los tiempos actuales se asiste a una popularización de los fenómenos ópticos como la radio, el TV, el horno microondas, etc., en la cual la luz no se muestra como algo problemático o susceptible de una explicación (Krapas, 2011a). Y es que, a partir de lo que esta última autora deduce de su trabajo, se generan implicaciones para las escuelas frente al aprendizaje de la naturaleza de la luz, por lo cual es posible encontrar resultados de investigaciones en los que se afirma que “las descripciones e interpretaciones que tienden a hacer los alumnos de educación secundaria de los fenómenos luminosos, están muy alejadas de las interpretaciones científicas” (Bravo, Pesa y Rocha, 2012, p. 63).

Otras investigaciones muestran además que el aprendizaje de la óptica recoge gran parte de sus dificultades en el alejamiento excesivo de experiencias cotidianas que relacionen estos conceptos (Gagliardi, Giordano y Recchi, 2006), el uso exclusivo de algoritmos para la explicación de los fenómenos luminosos (Silva y Martins, 2009) y las



Adicionalmente, esta problemática referente a la enseñanza y aprendizaje de la óptica no tiene sus orígenes sólo en lo que respecta a lo didáctico. Osuna, Martínez, Carrascosa y Verdú (2007), en un análisis de la enseñanza de la óptica en secundaria, le otorgan al profesor la tarea de disponer de un conocimiento problematizado de esta temática, donde conciben este conocimiento como el que implica una consciencia de los problemas que originan el concepto, los cambios en su construcción, las repercusiones tecnológicas para estudiarlo, etc. Siguiendo lo anterior, es pertinente revisar una perspectiva histórico-epistemológica para la naturaleza de la luz, ya que en ésta se encuentran ciertos aspectos sobre los que se debe hacer mención.

Este concepto ha sido cuestionado e interpretado por muchos físicos a lo largo de la historia, e incluso algunos de ellos han propuesto diferentes explicaciones sobre su naturaleza (Eisenstaedt, 2015). Por lo anterior, el autor recopila un gran número de estas interpretaciones, por mencionar algunas:

- Huygens afirma que la luz “no se trata del transporte de un cuerpo con esa velocidad, sino de un movimiento sucesivo que pasa de unos a otros” (p. 37).
- Newton concibe la luz como “una colección de corpúsculos pequeños, cada uno de color diferente” (p. 44).
- Euler, haciendo una analogía con el sonido, afirma que “la luz no es más que una agitación o estremecimiento que se produce en las partículas de éter” (p. 51).
- Para Blair “la hipótesis más probable es que la velocidad de la luz sea afectada por el movimiento de los cuerpos que la emiten o la reflejan” (p. 139).



Facultad de Educación

sólo “suponiendo que los cuerpos luminosos emiten rayos con una amplia gama de velocidades y que dichos rayos no son visibles salvo cuando sus velocidades se encuentran en ciertos límites” (p. 163).

De aquí se evidencian múltiples explicaciones frente a la naturaleza de la luz a lo largo de la historia de las ciencias. Si se comparan entre sí algunas de éstas, muestran cierta divergencia en varios elementos; a saber, las analogías de la luz con el sonido como fenómeno ondulatorio, los rayos con distintas velocidades, la luz como una composición de pequeños corpúsculos, etc. Con esto, es posible ver que la luz no es un asunto de interpretación inmediata y exacta, requiere de un análisis prudente para planear su enseñanza y favorecer su aprendizaje, consolidándose así como un reto más para la formación del profesorado de ciencias.

En vista de que hasta ahora se ha considerado el avance científico-tecnológico, sus implicaciones en la alfabetización científica, la enseñanza de la física y las apreciaciones que se tienen frente a los conceptos de la óptica, particularmente de la luz, se determinan como necesarias las “investigaciones que ofrezcan una visión global y que ahonden en el análisis y evolución de las concepciones y las prácticas de aula del profesorado de ciencias experimentales” (Mellado, *et al.*, 2006, citado en Vásquez, Jiménez, Mellado y Martos, 2009, p. 100). Es de vital importancia considerar dentro de estas investigaciones las características de los cursos de ciencias en los cuales se forman los profesores, particularmente los de física; pues a la luz del carácter innovador de sus prácticas como reto para su desarrollo, es posible contrastar que estos cursos de formación de profesores no han sufrido mucha transformación (Ayala, 2006). Estas consideraciones hacen que se precise un contexto apropiado para intervenir en estos temas y contribuir a aquellos retos que la



Para llevar a cabo este propósito, lo anterior suscita un acercamiento a aquellos contextos clave en la formación y preparación del profesor para su diario quehacer. Uno de estos contextos es la Licenciatura en Matemáticas y Física de la Universidad de Antioquia. Este programa acoge estudiantes interesados en dirigir su formación profesional hacia la línea de la educación matemática y física. Según su documento maestro¹, la Licenciatura visiona el perfil de sus egresados como un profesional de la educación caracterizado por:

- La consciencia y actividad para el apoyo de la transformación de la sociedad, que promoció comportamientos democráticos, que cualifique la vida individual y colectiva, y que sea un conocedor de los avances científicos y tecnológicos, con los cuales pueda enfrentar los retos que las disciplinas afines le propicien.
- La posesión de solidez en lo que a su saber disciplinar se refiere.
- La relación que entre los saberes disciplinares y su formación pedagógica, investigativa y didáctica logra establecer.
- La cualificación de la enseñanza de las matemáticas y de la física a partir de la incorporación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).
- La apropiación de las metodologías y procedimientos que su profesión representa para la resolución de los problemas que la misma le sugiere.

Desde el componente de física, la Licenciatura promueve en sus profesores en formación la reflexión sobre el papel de la experimentación en la construcción del conocimiento físico y las propuestas que para el aprendizaje y enseñanza de éste se hacen.

¹Este documento recopila las consideraciones institucionales que vinculan por completo los procesos de formación de profesores de la Licenciatura en Matemáticas y Física, cuya elaboración culminó en el año 2010.



Facultad de Educación
participación activa de sus estudiantes, configurando la experimentación en una relación con las construcciones conceptuales. Por lo tanto, es pertinente retomar este concepto en la enseñanza de la física bajo una perspectiva coherente con lo que el documento maestro propone para los profesores en formación, asumiendo entonces que la experimentación más que “un recurso didáctico para comprobar un hecho, obtener un producto o manipular herramientas, permite conocer, entender o comprender un fenómeno abordado” (Romero, *et al.*, 2017, p. 82)

Todas estas características que el documento maestro registra sobre sus profesores en formación, permiten visualizar en este programa académico una oportunidad para investigar la enseñanza-aprendizaje de las ciencias, particularmente de la física, en relación con las múltiples explicaciones que existen y han existido sobre la naturaleza de la luz; como por ejemplo, las recopiladas por Eisenstaedt (2015); ya que dentro de su plan de estudios cuenta con la asignatura física de la luz, cuyo principal objetivo es que los futuros profesores, en un acto consciente de preparación pedagógica y disciplinar-específica, se acerquen al desarrollo histórico-epistemológico de la luz, evidenciando el trabajo colectivo mediante el cual se construyeron las teorías que la explican.

Al definir la problemática y su relación con el contexto en el que se realiza la investigación, es necesario establecer algunas consideraciones en relación con las TIC utilizadas. Éstas son un conjunto de recursos bastante amplio, por lo cual el presente trabajo se lleva a cabo con el uso de los Sistemas de Adquisición de Datos (SAD) y los Analizadores de Video (AV), de tal forma que se identifique el aporte de éstos a la actividad experimental en la formación de profesores de ciencias, profundizando en los asuntos de la naturaleza de la luz. Se procede de esta manera por las ventajas y afinidad que



estos recursos tienen con la problemática presentada, puesto que contribuyen a las

Facultad de Educación
actividades experimentales en la optimización del tiempo de toma de datos, reducción de la amplia duración que algunas experiencias pueden tener, obtención de precisión en las medidas, creación de ambientes de versatilidad para realizar comparaciones con modelos existentes (Haag, Araujo y Veit, 2005; Ríos, Montero, Román y García, 2017).

Considerando lo anterior, estas ventajas de los SAD y los AV son pertinentes para realizar mediante esta investigación una aproximación apropiada a la situación problemática presentada.

En ese orden de ideas, lo que este trabajo pretende es dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación.

¿Cuál es el aporte de una propuesta pedagógico-didáctica soportada en los sistemas de adquisición de datos y los analizadores de video al aprendizaje significativo crítico de la naturaleza de la luz?

Esta pregunta es la que direcciona el planteamiento de los objetivos de investigación, que se presentan a continuación.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general.

- Analizar el aporte de una propuesta pedagógico-didáctica soportada en los sistemas de adquisición de datos y los analizadores de video al aprendizaje significativo crítico de la naturaleza de la luz.



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

1.2.2. Objetivos específicos.

Facultad de Educación

- Identificar el conocimiento previo de los profesores en formación en relación con la naturaleza de la luz y sus percepciones sobre los AV y los SAD.
- Describir el papel de la interacción social en el cuestionamiento durante la implementación de una propuesta pedagógico-didáctica soportada en los SAD y los AV.

En el siguiente capítulo se presenta la revisión de literatura en revistas de investigación en educación científica, la cual permite analizar los antecedentes relativos al tema central de este trabajo.



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



Facultad de Educación

Con la intención de conocer el estado actual de la investigación en el campo de interés propio de este trabajo, es necesario que se consideren diversos antecedentes afines al mismo. Las principales características que permiten realizar esta revisión de literatura son un intervalo temporal que muestre la vigencia de los mismos, y unas categorías de clasificación y análisis de trabajos anteriormente realizados, que estén relacionados con la problemática enunciada. Teniendo en cuenta los avances que día a día se presentan en las Tecnologías de la Información y Comunicación en Educación, el intervalo temporal que muestra más conveniencia con los objetivos de la investigación, es entre el año 2007 hasta el año 2017.

2.1. Categorías de revisión de literatura

Para la presente revisión de literatura se han definido cuatro categorías que permiten clasificar la información considerada. Es importante mencionar que, si bien estas categorías se enfocan cada una en temáticas específicas, al ser analizadas en conjunto éstas deben dar una visión global del trabajo. Dichas categorías son:

- Categoría 1: Uso de los sistemas de adquisición de datos para la formación de profesores de física.
- Categoría 2: Uso del analizador de video Tracker para la enseñanza de la naturaleza de la luz.
- Categoría 3: Perspectiva del aprendizaje significativo crítico en la enseñanza de la física.
- Categoría 4: Estrategias para la formación del profesorado en el campo de la naturaleza de la luz.



Facultad de Educación
de las ciencias, algunas con especificidad en la física. Las revistas se seleccionaron considerando los siguientes criterios: diversidad de estudios relacionados con múltiples campos conceptuales de la física; investigaciones en poblaciones de educación básica, media y formación del profesorado; diversidad de estrategias didácticas registradas en sus publicaciones en temas como las TIC, la experimentación y la naturaleza del conocimiento científico.

El conjunto de revistas seleccionado fue el siguiente: *Ciência & Educação*, *Computers & Education*, *Enseñanza de las Ciencias*, *Investigações em Ensino de Ciências*, *Journal of Science Education and Technology*, *Latin-American Journal of Physics Education*, *Physics Education*, *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, *American Journal of Physics*, *Física na escola*, *Revista de Enseñanza de la Física* y *The Physics Teacher*.

En la Tabla 1 se presentan los autores que realizaron trabajos sobre alguna de las cuatro categorías.

Tabla 1. *Autores y categorías de búsqueda*

Categoría	Autores que han trabajado sobre cada categoría
1	Hurovich, Azpiazu, Cucci y Joselevich (2015); Carvalho y Han (2016); Llera, Scagliotti y Jorge (2017); Sokoloff (2012); Cardona y López (2017).
2	Brown y Cox (2009); Rodrigues y Carvalho (2014); Rodrigues, Marques y Carvalho (2016); Cavalcante, Castro y Balaton (2016); Sokoloff (2016).
3	López, Araujo y Veit (2012); Moreira (2014); López, Veit y Araujo (2014a); López, Veit y Araujo (2014b).
4	Bravo, Eguren y Rocha (2010); Corrêa y Almeida (2011); Arribas, et al. (2012).

A continuación, de forma individual, se diserta frente a cada categoría, se describe su importancia en esta investigación, se interpreta la información recopilada y, finalmente,



2.1.1. Categoría 1: Uso de los sistemas de adquisición de datos para la formación de profesores de física.

Esta categoría se determinó como uno de los cuatro fundamentos de búsqueda por su relación directa con el propósito de la investigación, a la vez que es específica y concisa. Los SAD constituyen un conjunto de herramientas apropiadas para la promoción del aprendizaje significativo crítico de la física gracias a sus numerosas ventajas didácticas; sin embargo, estos no son fructíferos por sí solos. Se requiere entonces de un orientador, un profesional de la educación, en este caso el profesor de física, que se encargue de considerarlos en sus planeaciones didácticas. En ese sentido, fue pertinente indagar por antecedentes sobre investigaciones y publicaciones sobre los procesos de formación del profesorado de física en relación con estas herramientas.

A partir de la Tabla 1, se encontraron en total cinco artículos de revista que muestran coincidencia con esta categoría, los cuales tienen su origen de publicación en Argentina, Estados Unidos y Brasil. Tres de estos artículos son registros de investigaciones realizadas por los autores; es decir, enuncian las principales características de las propuestas de investigación que emplearon en torno al tema central de la categoría 1. En estos artículos se encuentran investigaciones cualitativas, basadas en revisión documental y en estudios de caso con profesores de física de educación media, dentro de las que intervienen la apropiación de los SAD para sus planeaciones didácticas (Cardona y López, 2017; Hurovich, Azpiazu, Cucci y Joselevich, 2015; Llera, Scagliotti y Jorge, 2017).

Con estas investigaciones se concluyó que los monitoreos en tiempo real proporcionados por los SAD posibilitaron para los profesores y los estudiantes una mayor



Facultad de Educación

del montaje experimental en función de los datos que se obtienen, y en ese mismo sentido, ayudan a una mejor interpretación de los gráficos que se realizan al establecer relaciones en estos datos (Hurovich, *et al.*, 2015). También, este tipo de implementaciones plantea un nuevo desafío para los profesores, diseñar actividades experimentales con las que el aprendizaje no quede relegado al mero manejo de algún instrumento; por el contrario, que los estudiantes comprendan el contexto que habitan mientras utilizan recursos como los SAD (Llera, Scagliotti y Jorge, 2017). Adicionalmente, en estos artículos se encuentran resultados prometedores para las futuras investigaciones en la formación de profesores, pues se devela una ruta de apropiación en general de las TIC para los profesores de física por medio de los SAD, logrando que éstos desde sus procesos formativos contribuyan a una visión de la educación científica más valiosa; es decir, que por medio de estos recursos fomenten el aprendizaje colaborativo centrado en el estudiante, mejoren significativamente su capacidad de interpretación de datos, desarrollen un pensamiento crítico, fortalezcan su autonomía y compromiso con su aprendizaje. En ese sentido, implementar estos recursos en la formación de profesores permite, siempre que éstos lo propicien, el aprovechamiento de estas ventajas en las clases de física (Cardona y López, 2017).

En los dos artículos restantes se plantean, de una forma descriptiva y reflexiva, propuestas didácticas relacionadas con los SAD, dirigiendo parte de su atención al papel del profesor en las mismas. De las consideraciones plasmadas y de algunos aspectos conclusivos de los trabajos, se resalta el potencial que los SAD tienen cuando se emplean secuencias didácticas cuya finalidad es el aprendizaje activo de los estudiantes, al ser totalmente aplicables en situaciones que relacionan las predicciones, observaciones y explicaciones de situaciones experimentales (Sokoloff, 2012). Incluso se destacan las



(Carvalho y Han, 2016).

Si bien las publicaciones de poco más de una década (2007-2017) conforman un amplio andamiaje investigativo en la temática de la formación de los profesores de física, cinco artículos fueron la única aproximación documental que se halló respecto a esta categoría, mostrando así escasez o poca celeridad en el desarrollo de esta línea.

2.1.2. Categoría 2: Uso del analizador de video Tracker para la enseñanza de la naturaleza de la luz

El analizador de video Tracker es una herramienta gratuita con la cual se pueden estudiar características físicas de objetos en movimiento y fenómenos luminosos, por medio de fotos y videos (Cavalcante, Castro y Balaton, 2016). Ya que Tracker presenta la oportunidad de tener contacto con la actividad experimental y dentro de sus funciones permite el análisis de fenómenos ópticos, se determinó en consecuencia, que la relación entre la naturaleza de la luz y el analizador de video Tracker representa una categoría de búsqueda pertinente para esta investigación.

En la revisión se identificaron, como lo presenta la Tabla 1, cinco artículos que tuvieron coincidencia con la categoría dos, cuyas publicaciones se realizaron en Brasil, Reino Unido y Estados Unidos. En todos los artículos se plantean propuestas didácticas de intervención en la clase de física con el uso de Tracker y reflexionan en torno al uso de las TIC, particularmente de la herramienta Tracker en relación con la naturaleza de la luz. Ninguno de los artículos presenta resultados empíricos de alguna investigación o propuestas de intervención desarrolladas con alguna población definida.



que los enfoques tradicionales de enseñanza no siempre son efectivos en los conceptos de física, incluyendo los que son relativos a la óptica, particularmente de la naturaleza de la luz; por lo cual proponen el empleo de recursos didácticos que apunten al aprendizaje activo de estos conceptos, con trabajos interactivos y experimentales (Sokoloff, 2016). En esta misma línea, como respuesta a los resultados de los métodos tradicionales, se asumen las TIC como herramientas motivantes con las cuales se puede despertar el interés de los estudiantes y, concretamente en el caso de Tracker, se apuesta a estas características de las TIC durante el análisis de fenómenos luminosos, apuntando directamente a la naturaleza de la luz (Cavalcante, Castro y Balaton, 2016).

En lo que se refiere a la experimentación en la clase de física, se destaca que, por razones de seguridad y cuidado del material, los estudiantes no siempre tienen un acceso libre a los laboratorios, mostrando así las limitaciones a las que éstos se ven sometidos en muchas ocasiones. Por lo tanto, se propone el uso de los analizadores de video como componentes de lo que se denomina una actividad experimental basada en video, buscando solventar en cierta medida algunas limitaciones mencionadas con anterioridad, de tal manera que los estudiantes tengan un acercamiento a la realidad experimental, con la ventaja de ver y, en consecuencia, analizar un fenómeno tantas veces como lo deseen, para luego discutir y compartir sus resultados (Rodrigues y Carvalho, 2014). En estos artículos se describen propuestas didácticas para la actividad experimental en torno a la naturaleza de la luz, de tal manera que se pueden emplear materiales de bajo costo para fabricar espectroscopios, con los que se pueden tomar fotografías de los espectros de emisión de diferentes fuentes, con alguna cámara digital o utilizando algún teléfono móvil; logrando



así que la reproducibilidad de las situaciones experimentales sea vista como otra ventaja de la herramienta Tracker (Rodríguez, Marques y Carvalho, 2016; Brown y Cox, 2009).

En esta categoría se encuentra que, los conceptos relacionados con la naturaleza de la luz, abordados en estos artículos, fueron: color, leyes de reflexión, ley de Snell, difracción, polarización, formación de imágenes por lentes, espejos, espectros de luz. Sin embargo, los artículos que comprenden estas temáticas no son publicaciones de investigaciones con poblaciones educativas específicas, mostrando así que, en la última década, no se han dado registros empíricos relativos a la naturaleza de la luz y el Tracker.

Como se mencionó anteriormente, en algunos casos los artículos identificados, a pesar de coincidir con esta categoría y realizar profundas reflexiones ilustradas por sus propuestas y fundamentos didácticos, no contienen conclusiones basadas en poblaciones definidas de las cuales se pudiera realizar algún análisis comparativo con la presente investigación; en otros casos, la mayoría de artículos que se basaban en aspectos de investigaciones realizadas con comunidades educativas específicas, hacían hincapié en temáticas relativas a la mecánica newtoniana, analizando en particular conceptos propios de este campo conceptual, como son la posición, rapidez, velocidad, aceleración; mostrando así cierta divergencia con la categoría de búsqueda, al no tener relación directa con la naturaleza de la luz.

2.1.3. Categoría 3: Perspectiva del aprendizaje significativo crítico en la enseñanza de la física.

Esta categoría se determinó en función de la problemática presentada al inicio de este trabajo, y es que el aprendizaje significativo crítico, como se verá en el próximo capítulo, a pesar de ser una teoría relativamente joven, muestra un gran potencial como



La Tabla 1 muestra que para la categoría tres se hallaron cuatro artículos, cuyas publicaciones se dieron en Argentina y Brasil. Estos trabajos enfocan sus propósitos a la teoría del aprendizaje significativo crítico de Moreira en la enseñanza y aprendizaje de la física. De éstos, dos presentan los resultados de investigaciones con una población de profesores en formación y los dos restantes focalizan su interés en la ampliación teórica y conceptual sobre esta teoría de aprendizaje, y en el desarrollo y explicación de propuestas didácticas para su posible empleo.

Dentro de los aspectos más relevantes de esta categoría se destacan los planteamientos de Moreira cuando describe, a modo de introducción del surgimiento del aprendizaje significativo crítico, un modelo de enseñanza cuyas implicaciones en el aprendizaje de la física se muestran deficientes, al cual se le llamó modelo de narrativa. Este modelo se caracteriza por la aceptación sin cuestionamientos por parte de profesores, alumnos, padres y la sociedad en general de que lo enseñado por el profesor son verdades absolutas; esto es, una narrativa mediante la cual se le dicta a los estudiantes lo que éstos deben saber (Moreira, 2014). En contraposición a este modelo, se muestra en el aprendizaje significativo crítico un referente que cubre las desventajas de este tipo de narrativa, ya que, para empezar, promueve la estimulación del cuestionamiento en los estudiantes (afirmación que se consolida en uno de los principios de la teoría) y desarrolla, además, una actitud activa en el proceso de aprendizaje (López, Veit y Araujo, 2014a).

En estas publicaciones se encuentra además que los estudiantes, nuevamente en oposición al modelo de narrativa y siguiendo el principio del cuestionamiento, deben adquirir una mejor comprensión de los modelos fundamentales de la ciencia, de tal manera



Facultad de Educación

pertenecientes a determinado contexto sociocultural que, por el contrario, son susceptibles de ser modificadas; constituyendo en este sentido otros referentes para los cuales los profesores de física adopten nuevos modelos en sus planeaciones didácticas (López, Araujo y Veit, 2012). Y es que, en esa adopción necesaria por parte de los profesores de física, surge entonces una necesidad por aproximarlos a nuevos referentes; es decir, una preocupación por la formación del profesorado. A partir de esto, se encuentran en estas publicaciones, diversos planteamientos a través de los que se apela a un refuerzo en la formación del profesorado, basado en la criticidad del aprendizaje significativo. La principal de estas justificaciones es la concepción del profesor de física como un sujeto que debe ser crítico en lo que a la ciencia y sus cuestiones epistemológicas se refiere; pues un sujeto permeado por aprendizajes que, además de significativos sean críticos, forjará a su vez a más sujetos que, igualmente, serán críticos tanto en su proceso de aprendizaje a nivel escolar como en su papel de persona perteneciente a una sociedad (López, Veit y Araujo, 2014b).

Encontrar en el aprendizaje significativo crítico una teoría que promueve la formación de sujetos críticos, tanto profesores como estudiantes, que vayan más allá del modelo de narrativa y asuman una postura reflexiva en cuanto al conocimiento científico como una construcción humana susceptible de ser modificada, así como un reducido número de investigaciones enmarcadas en esta teoría, muestra que este referente teórico se constituye en un campo de acción bastante amplio; justificando de esta manera, la viabilidad de los propósitos de este trabajo.



En vista de que parte del foco de atención del problema planteado en el capítulo anterior está puesto sobre el profesorado de física, es de sumo interés identificar algunas de las distintas estrategias que se han empleado en la formación del profesorado, así como metodologías y recursos utilizados para la enseñanza y aprendizaje de la naturaleza de la luz.

Al respecto, como lo presenta la Tabla 1, se encontraron tres artículos publicados en México, Brasil y España. Dos de ellos presentan investigaciones realizadas con profesores en el área de óptica como estudios de caso para analizar sus intervenciones didácticas (Bravo, Eguren y Rocha (2010); Corrêa y Almeida (2011)), y otro presenta los resultados de la implementación de un campus virtual para el desarrollo de diversas actividades para la clase de física, en relación con los conceptos de la naturaleza de la luz (Arribas, *et al.*, 2012).

Dentro de las principales conclusiones que se pueden extraer de esta última categoría se destaca la concepción de las TIC como un conjunto de recursos que ofrecen nuevas posibilidades para complementar la enseñanza que se da al interior del salón de clase, brindándole al profesor herramientas para fomentar una participación en sus estudiantes. Muestra de esto, es el desarrollo de un campus virtual, una plataforma con acceso a laboratorios virtuales, documentos relativos a la temática de óptica, blogs y sistemas personales de respuesta remota; resaltando así la visión sobre las TIC como las encargadas de permitirle al profesor fortalecer los procesos de desarrollo de un papel activo en el aprendizaje por parte de los estudiantes (Arribas, *et al.*, 2012).



Facultad de Educación

como tipo de investigación se logra analizar que las concepciones que los profesores tienen sobre la física, particularmente de los temas relativos a la naturaleza de la luz, se pueden comparar, en términos de aprobación o de crítica, con la concepción bancaria de la educación a la que se refiere Freire cuando el conocimiento es visto como algo mercantil; es decir, bajo esta perspectiva no se destaca la importancia del conocimiento de las visiones de los profesores sobre la epistemología de la física; en ese sentido, con este trabajo se pueden impulsar o modificar propuestas didácticas basadas en concepciones no mercantiles. A la luz de todo esto, se deben acompañar las intervenciones de los profesores con alternativas que promuevan el aprendizaje de la naturaleza de la luz como un proceso formativo alimentado por discusiones y prácticas constructivistas, de tal manera que se lleve a los profesores a la reflexión permanente del papel del conocimiento físico, a la vez que éstos desarrollen procesos metacognitivos en su quehacer (Corrêa y Almeida, 2011).

Una consideración más en torno al papel del profesor de física que se resalta de esta categoría, es que en sus principales características debe aparecer la apropiación de las situaciones didácticas, desempeñándose como un guía, ayudando a que los estudiantes expliciten sus ideas y las clarifiquen siempre en relación con el conocimiento científico, acompañado de reflexiones críticas sobre aspectos epistemológicos de la ciencia (Bravo, Eguren y Rocha, 2010).

Si bien uno de los trabajos encontrados en esta categoría mostró amplia relación con el tema de esta investigación, el tópico se abordó desde las TIC en general, y en particular con una serie de herramientas distintas del Tracker o de los sistemas de adquisición de datos, lo que, en consecuencia, permite encontrar en estos resultados un factor que da impulso a la investigación, por la posibilidad de ahondar en el campo en cuestión.



Facultad de Educación

A partir de lo anterior, se presenta a continuación un análisis general de la información recopilada y unas consideraciones nacionales e internacionales relacionadas con el potencial y pertinencia que exhibe la línea de investigación de este trabajo.

De una revisión que incluyó 15 revistas en educación científica, varias de ellas en específico sobre la física, se encontraron, a partir de las cuatro categorías, un total de 17 artículos que se relacionaban con alguna de ellas. Sin embargo, entre estos artículos no se identificaron trabajos en los que convergieran las cuatro categorías; es decir, al haber realizado una revisión de 15 revistas que gozan de cierto reconocimiento en didáctica de las ciencias, el no poseer algún artículo directamente relacionado con las cuatro categorías de búsqueda permite concluir que la presente investigación muestra bastante autenticidad en cuanto a la poca información que actualmente se encuentra sobre el tema. Esto suscita, de cierta manera, el potencial investigativo que presenta la línea de las TIC, particularmente los sistemas de adquisición de datos y el analizador de video Tracker, en relación con la naturaleza de la luz y la formación de profesores de física. En ese sentido, la pertinencia que inicialmente se describió frente a la problemática de la formación de los futuros profesores de física pertenecientes al programa de Licenciatura en Matemáticas y Física, toma una mayor solidez y amplitud.

Es importante resaltar que entre todos los países en los que se realizaron las publicaciones, dos de estos 17 trabajos se llevaron a cabo en Colombia, en el programa de Física de la Universidad de Antioquia, en un curso en el que los físicos son formados en conocimientos pedagógico-didácticos por su alternativa laboral en la docencia. Esto deja ver que, a pesar de que se han realizado estudios en torno a la formación de físicos como posibles profesores, en el asunto específico de estudiantes de programas de profesorado de



Las Tablas 2 y 3 resumen los principales resultados de búsqueda que se extrajeron de la revisión, y sirven como medio para analizar en términos internacionales y comparativos la información recopilada.

Tabla 2. *Distribución de las publicaciones por país y por categoría*

Países	Total	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4
Argentina	4	2	0	2	0
Brasil	5	1	1	2	1
España	1	0	0	0	1
Estados Unidos	3	1	2	0	0
México	2	1	0	0	1
Reino Unido	2	0	2	0	0

Tabla 3. *Distribución de los artículos por país de publicación e investigación*

Países	Estudios realizados con poblaciones de este país	Total de artículos publicados en este país
Argentina	3	4
Brasil	1	5
Colombia	2	0
España	1	1
Estados Unidos	1	3
México	0	2
Reino Unido	0	2

La Tabla 2 permite identificar la presencia de países como Argentina y Brasil comparados con los demás en cuanto al número publicaciones, y más aún en este último al evidenciar su presencia en todas las categorías de búsqueda. La Tabla 3 deja ver que, en dos de los países (México y Reino Unido) en los que se publicaron estos trabajos no se realizaron investigaciones sobre el tema en su propio contexto; esto muestra que hay territorios en los que se han hecho publicaciones relacionadas con alguna de las cuatro categorías de revisión de literatura; sin embargo, son publicaciones que no presentan registro alguno de estudios con poblaciones del país. A partir de la Tabla 3, se evidencia



que hay contextos como Colombia en los que, contrario al caso anterior, se han llevado a

Facultad de Educación
cabo estudios con poblaciones suyas, mas no se ha publicado en relación con alguna categoría en este país. De esta manera, se evidencia un motivo más para la profundización en esta línea de investigación, y por ende en este trabajo, como un medio para potenciar en Colombia un espacio de construcción de conocimiento con mayores posibilidades de divulgación científica en temas relativos a la educación.

Resultando nuevamente la información de las Tablas 2 y 3, y dirigiendo el análisis geográfico nacional hacia uno continental, es evidente que a nivel latinoamericano, en relación con el tema central de esta investigación, no abundan las publicaciones. Si ya es notable que 17 publicaciones para un total de 7 países es poco, la escasez de registros de investigación en la temática del presente trabajo se hace mucho más evidente al pasar de un análisis de estos países hacia la consideración de que el continente americano está compuesto por muchos otros que no aparecen de forma alguna en estas publicaciones; muestra de ello es que no se vean involucrados países como Bolivia, Perú, Costa Rica, Venezuela, Nicaragua, etc.

En ese sentido, apoyando la democratización del conocimiento, es pertinente aprovechar una oportunidad que abre paso al reconocimiento de nuevas investigaciones en el tema de didáctica de la física, orientadas en una línea con baja demanda actualmente, para aproximar sus posibilidades a diferentes confines del continente y, posteriormente, a nivel global.



Facultad de Educación

En este capítulo se enuncia el sustento teórico en el que se enmarca la investigación. Inicialmente se presenta la naturaleza de la luz, haciendo hincapié en los fenómenos y autores que, a lo largo de la historia, mayormente la han caracterizado. Posteriormente, se enuncian algunas de las perspectivas afines al aprendizaje significativo, dentro de las cuales se centrará la atención en la visión crítica de esta teoría de aprendizaje. Luego de esto, se retoman las TIC como recursos empleados para la enseñanza de la física y, al clasificar éstas en diversas dimensiones y categorías, se especifica en cuáles de ellas se hace énfasis para el trabajo. Finalmente, se aborda el papel que cumplen las TIC y el aprendizaje significativo crítico para la enseñanza de la naturaleza de la luz.

3.1. La Naturaleza de la Luz

Cuando se piensa en la luz, es bastante común recordar al unísono al sol, cuya importancia es destacada por Bagnato y Pratavieira (2015) cuando afirman que la luz del sol “recorre una gran distancia hasta nuestro planeta, donde encuentra materia, se transforma en calor, energía química, dando la vida al planeta” (p. 1); e incluso, estos autores sostienen que la interrupción de la luz solar produciría en pocas horas un invierno intenso, de donde sostienen que todos los seres vivos se pueden concebir como un pequeño trozo del sol y, en ese sentido, argumentan que esta es la razón de que las civilizaciones antiguas sostuvieran que los humanos eran hijos de la luz.

Los estudios sobre la luz y su manipulación, siguiendo a estos autores, siempre han mejorado la calidad de vida del hombre, y como ejemplo se tienen los romanos, quienes emplearon cristales con formas especiales para mejorar la capacidad de visión de su población. Asimismo, los autores sostienen que el florecimiento de la óptica dado en el



Facultad de Educación
avances en el tema no se detuvieron allí, pues se ha llegado incluso al uso de la luz sobre las células humanas con el fin de hacer diagnósticos y tratamientos medicinales. Además, según Krapas (2011a), existen incontables dispositivos electrónicos basados en estos conocimientos sobre la luz, de los que se goza actualmente y sobre los que se asumen su funcionamiento de forma natural y poco problemática.

Planteamientos como éstos direccionan de inmediato la atención hacia la reflexión en torno al papel de la luz en la vida de los sujetos, y es por esta razón que en este trabajo la naturaleza de la luz cumple un papel esencial en relación con el problema planteado; por lo que es necesario ahondar en lo que a ésta respecta. Inicialmente, es indispensable aclarar que definir la luz tiene ciertas complicaciones, por lo cual González (2007) sostiene que “no es posible dar en pocas palabras una respuesta inequívoca a la pregunta “¿qué es la luz?”, pues al menos hay dos posibles –aproximadas y paradójicas respuestas” (p. 51). Estas dos respuestas sobre las que el autor habla, se basan en el papel de los modelos o representaciones ideales en la física, afirmando que éstos son un medio usual para obtener nuevos conocimientos en el área. El autor se refiere, en esta línea, al modelo ondulatorio de la luz y al modelo corpuscular como medios para explicar satisfactoriamente una serie de fenómenos ópticos. En ese sentido, conviene profundizar en el papel de estos modelos para el estudio de la naturaleza de la luz.

3.1.1. Acercamiento al recorrido histórico de la naturaleza de la luz

Para empezar, es pertinente realizar un breve recorrido por los principales aportes que históricamente se han registrado con respecto a la luz. Oon y Subramaniam (2009) afirman que los primeros estudios sobre la luz tratan de la preocupación del hombre por



entender la luz del sol, las estrellas, los relámpagos y el fuego, llegando a partir de esto, en

Facultad de Educación
un inicio, a una explicación ligada a los aspectos religiosos. Un ejemplo proporcionado sobre este asunto es la concepción egipcia de Ra como el que abre o cierra sus ojos para proporcionar luz y oscuridad, respectivamente.

Estos autores mencionan que las primeras aproximaciones a las propiedades básicas de la luz podrían atribuirse a los antiguos griegos, tales como Pitágoras, Empédocles y Platón, alrededor del año 400 a.C. En un principio, éstos explicaban el fenómeno de la visión como una forma de tocar o sentir las cosas con los ojos, es decir, describían un proceso en el que éstos producían la luz que tocaba a los objetos y luego regresaba al órgano visual con la información obtenida en su recorrido. Esta teoría, que según los autores es la que se denominó teoría táctil o de extromisión, presentó una confusión en la época, cuando se analizaba lo siguiente: Si la luz es una producción de los ojos, ¿por qué no es posible ver en la oscuridad?

Como respuesta a esta pregunta, los autores retoman el papel de los filósofos atomistas en aquella época, entre ellos Aristóteles, quienes emplearon como explicación la teoría de intromisión de la luz. Según esta teoría, la luz es una emisión de partículas desde un objeto hasta el ojo, produciendo la visión; sin embargo, la explicación de cómo una partícula podía entrar al ojo no concluía con amplitud la definición de la luz. En el año 300 AC Euclides contribuyó a la explicación de la naturaleza de la luz afirmando que ésta se propagaba o desplazaba en rayos de luz o aproximaciones lineales.

Según estos autores, una aproximación inicial al fenómeno de la reflexión de la luz se dio cerca del año 500 d.C. cuando el astrónomo indio Aryabhata indicó que los cuerpos celestes como los planetas y la luna no podían brillar por su propia cuenta y, en consecuencia, reflejaban la luz proveniente del sol. A pesar de los avances, sólo fue hasta



los alrededores del año 1000, que el matemático y físico árabe Al-Haytham encontró el

Facultad de Educación, fallo de la teoría táctil, argumentando que los objetos que son en extremo brillantes pueden herir los ojos y, además, basado en el experimento de la cámara oscura, mostró evidencias experimentales que contradecían los argumentos de la teoría táctil, como el reflejo de alguna imagen invertida en un sitio oscuro, sin que los ojos tuvieran contacto alguno con ella en un inicio, respondiendo así a la pregunta de por qué no había visión en la oscuridad.

Continuando el curso del trabajo de Oon y Subramaniam, a partir del siglo XVI emergen las teorías clásicas sobre la luz con el trabajo de diferentes científicos de la época, cuyas concepciones más representativas se enuncian a continuación.

Kepler afirmó que los rayos de luz son refractados en el humor del ojo, enfocándose en una imagen invertida en la retina, de una forma análoga a la que se produce en la cámara oscura, iniciando una respuesta con sustento experimental para el fenómeno de la visión. Descartes por su parte, propuso la idea de la luz como una propagación transmitida de forma instantánea por el éter.

Posteriormente, basado en un trabajo experimental mediante un haz luz entrando por un pequeño agujero y atravesando un prisma, Newton concluyó que la luz proveniente del sol era una composición de rayos que tienen diferente refrangibilidad, y por lo tanto, éstos se representan en el ojo como diferentes colores. Con sus experimentos, concibió la luz como una composición de corpúsculos o átomos que eran diferencialmente clasificados antes de desviarse mediante la refracción en el prisma, cuya emisión se da, contrario a Descartes, de una forma rápida pero finita por los objetos luminosos. Este trabajo y el de Huygens, como se verá posteriormente, tomarán cierto prestigio y representatividad en la historia de las teorías de la naturaleza de la luz, por el poder explicativo de fenómenos que poseen sus modelos.



Facultad de Educación.
asunción de la luz como una onda similar a las que se propagan en el agua, cuya velocidad disminuía en los medios más densos. La analogía entre las ondas en el agua y el principio que lleva su nombre le permitió explicar los fenómenos de la reflexión, refracción y difracción.

Luego de estos dos trabajos, existieron muchos más aportes para el refinamiento de ambas teorías. Eisenstaedt (2015) resalta el papel de varios físicos de los siglos XVII, XVIII y XIX frente a la explicación de la naturaleza de la luz, con contribuciones a algunas de las dos principales teorías al respecto, cuya mención se hizo anteriormente. Estos trabajos tratan principalmente aspectos de su composición y/o de su velocidad.

- Sobre la composición: Euler realizaba analogías con la propagación del sonido, asumiéndola como un estremecimiento o agitación producida en las partículas del éter. Arago defendió la idea de una composición de rayos luminosos de distintas velocidades, cuya visibilidad dependía de estas velocidades. Para Priestley era el producto de una fuerza en el cuerpo luminoso. Fresnel apoyaba la concepción de vibraciones en un fluido infinitamente sutil, por la satisfacción que producía al explicar la reflexión y la refracción.
- Sobre su velocidad: Según Blair, los cambios en ésta dependían de los objetos emisores y reflectores. Laplace afirmaba que ya fuese la luz emitida directamente o reflejada por los cuerpos celestes, su velocidad era siempre la misma. Biot hablaba de una emisión de moléculas de luz con una infinidad de velocidades diferentes hacia todas las direcciones desde una fuente, de tal forma que los órganos humanos sólo respondían a una de ellas produciendo la sensación de la visión.



Facultad de Educación

Subramaniam (2009), su infinitud fue apoyada por muchos físicos a lo largo de la historia, hasta que algunos dieron el brochazo definitivo para verificar su constancia. Galileo, alrededor del año 1600, pensó que la velocidad de la luz era una cantidad finita e intentó medirla ubicándose con un compañero en las cimas de dos montañas alejadas, aunque el intervalo de tiempo de la luz para recorrer esta distancia fue tan mínimo, que no pudo asignar algún valor numérico al fenómeno. Después de Galileo, la primera medida exitosa de la velocidad de la luz fue hecha en 1676 por Roemer, un astrónomo danés que se enteró de que el tiempo que un satélite de Júpiter se tardaba en estar en la sombra de éste se modificaba dependiendo de la época del año, es decir, la luz tardaba más tiempo en llegar a la Tierra cuando ésta se encontraba lejos de Júpiter que cuando se encontraba cerca. De ahí, con la diferencia de tiempo, pudo dar una primera aproximación a este valor, estimada en 227.000 kilómetros por cada segundo. Este valor se refinó con los estudios hechos por los físicos franceses Fizeau y Foucault, quienes determinaron valores de 298.000 y 315.000 kilómetros por cada segundo, cuyo acercamiento a la medida actualmente aceptada (300.000 km/s) fue bastante acertada.

Siguiendo a Oon y Subramaniam (2009), algunos trabajos como los de Young y Fresnel a finales del siglo XVIII impulsaron la concepción de la luz como una onda, puesto que a partir del principio de Huygens se podía predecir que las ondas que atraviesan un par de pequeñas rendijas podían generar en el caso de la luz una serie de bandas luminosas y oscuras alternadas que definían un patrón de interferencia, mientras que bajo la teoría corpuscular, si se arrojaban chorros de partículas a través de dos rendijas, el resultado predecible sería el de la formación de dos bandas de luz, sin patrón alguno.



Faraday y Maxwell. El primero de ellos constituyó las bases experimentales para analizar la relación existente entre la luz y el electromagnetismo que hasta el momento no era considerada. Maxwell, por su parte, estudiando los trabajos de Faraday observó que una perturbación electromagnética viajaba a una velocidad equivalente a la que en el momento se aceptaba para la luz, de ahí que definió a la luz como una perturbación en forma de onda que se propagaba a través de los campos electromagnéticos.

Algunos trabajos que permitieron reafirmar ideas corpusculares clásicas sobre la luz, según Rahnema (2015), fueron Poynting y Minkowski, quienes a principio del siglo XX formularon reglas mediante las cuales los fotones (corpúsculos que componen los rayos de luz) al chocar con una superficie y ser reflejados debían poseer *momentum*, transfiriéndolo a la superficie con la que entraban en contacto, llegándose así a lo que se conoce como la presión de radiación: una fuerza de muy poca magnitud por unidad de superficie que sufren los objetos cuando la luz interactúa con ellos.

3.1.2. Los modelos ondulatorio y corpuscular de la luz

El apartado anterior evidenció que los modelos ondulatorio y corpuscular de la luz han tenido el respaldo de muchos físicos a lo largo de la historia y, de cierta manera, mantuvieron cierta división en las interpretaciones que sobre la naturaleza de la luz se habían tenido:

Una de ellas sería que la luz es una onda, algo similar a las ondulaciones que se forman y propagan en la superficie del agua cuando se le arroja una piedra o se le perturba suavemente con la mano. Lo que no estaría del todo mal. La otra sería que



Facultad de Educación

observaría al lanzar hacia una pared un puñado de garbanzos. Y tampoco estaría muy mal. Pero ¿Cómo es posible que algo se parezca a la vez a las ondas que se forman en el agua y a un puñado de garbanzos viajando por el aire? (González, 2007, p. 51-52)

Los principales representantes de los modelos corpuscular y ondulatorio de la luz fueron el inglés Isaac Newton y el neerlandés Christiaan Huygens, respectivamente. Estos modelos y sus respectivos representantes (Newton y Huygens) son esenciales para la física, ya que con estos modelos se logran explicar de forma adecuada aquellos fenómenos que, siguiendo a Rúa, Gómez, Salazar y Aguilar (2012), son primordiales para la naturaleza y comportamiento de la luz, a saber, la reflexión, refracción, interferencia, dispersión, difracción y polarización de ondas, la interacción de la luz con espejos, lentes y el efecto fotoeléctrico.

Para el caso de la presente investigación, por cuestiones de extensión, se hará hincapié sólo en los fenómenos de la reflexión y la refracción de la luz, por su representatividad e importancia para la naturaleza de la luz, junto con la ilustración que traen consigo para los modelos que explican el comportamiento de la misma, además de ser los fenómenos con los que comúnmente se inician los estudios ópticos.

3.1.3. Los modelos corpuscular y ondulatorio en la naturaleza de la luz: el caso de la reflexión y la refracción

Newton, según Rúa, *et al.* (2013), estableció una relación entre física y matemática, considerando sus trabajos mediante una construcción fenomenológica y matematizada a la vez; es decir, sus conceptos eran sustentados por sus experimentos. Explicó la reflexión y la refracción de la luz a partir de ideas previas de tipo geométrico que habían desarrollado



Facultad de Educación
denominada por él como axiomas, pues consideraba estas ideas como conocimientos bien consolidados. Los autores, citando a Solís (1977), retoman las consideraciones de Newton con respecto a la reflexión de la luz, cuando éste afirmaba que

La luz no es reflejada por las partes del cristal, agua, aire u otros cuerpos sensibles, sino por el mismo límite o superficie de los medios etéreos, siendo mayor aun la dificultad al pasar del más raro al más denso que la refractan, encontrando los rayos alguna dificultad en atravesarlos al pasar de un medio más denso a otro más raro, viéndose así refractada o reflejada por dicha superficie, según que las circunstancias que tengan lugar en su incidencia la haga capaz o incapaz de atravesarlos. Para confirmar esto, dije también que pensaba que la reflexión de la luz, al salir del cristal al aire, no se disminuía o debilitaba al eliminar el aire con una bomba, como habría de ocurrir, si fuesen las partes del aire las que reflejasen. (p. 10)

De donde estos autores afirman que Newton evidencia en sus trabajos una dependencia entre la reflexión y la refracción de la luz, por la íntima relación que éstas muestran. Newton, propone con esto, además, una similitud entre el comportamiento de la luz cuando viaja por el aire, que cuando éste es extraído del experimento mediante una bomba. La definición que se evidencia en Newton sobre la reflexión, según los autores, es un fenómeno en el que los corpúsculos de luz chocan con cierto ángulo contra la superficie o frontera entre dos medios distintos y al reflejarse, lo hacen con igual ángulo. En cuanto a la refracción, afirman estos autores, Newton se refiere a la desviación o cambio de curso que sufren los rayos luminosos cuando son absorbidos o atraviesan un cuerpo. Al saber Newton que los senos de los ángulos tanto incidentes como de refracción se encuentran en proporción, asumió además que las refracciones entre el aire y cualquier otro medio



Facultad de Educación
entre lo fenomenológico y lo matemático, que en este caso se evidencia la interacción entre los conceptos de la geometría y los de la óptica, a partir de los experimentos que realizó.

Como se dijo anteriormente, Christiaan Huygens también realizó importantes trabajos sobre la luz y, desde la perspectiva ondulatoria, se atrevió a dar explicaciones sobre lo que ocurría con ésta cuando se hablaba de los fenómenos de la reflexión y refracción. Para el desarrollo de su obra, siguiendo a Krapas (2011b), Huygens afirma que sus demostraciones sobre la óptica se basan en las verdades que había producido la experiencia, entre éstas la propagación de la luz en línea recta, la igualdad entre los ángulos de la ley de la reflexión y la refracción de la luz formulada en la regla de los senos de los ángulos.

Continuando con la autora, Huygens consideraba que la luz tenía un comportamiento análogo al sonido, y que si éste se producía por una agitación súbita de un cuerpo o alguna parte notable del mismo, entonces la luz se produciría por la agitación, mucho más brusca, de cada punto del objeto luminoso. En ese sentido, esta agitación viajaría a través de la materia etérea, hasta llegar a alguna superficie en la que se produjera la reflexión o la refracción.

En el caso de la reflexión, afirmaba Huygens, la luz chocaría contra una superficie bastante pulida, cuyas imperfecciones podían ser tan reducidas como para suponerla un plano continuo formado por los centros de masa de las moléculas, de tal manera que la luz chocaría con este conjunto de partículas organizadas, haciendo rebotar la propagación con el mismo ángulo para que continuase con su curso. Para Huygens, definir el concepto de refracción encontraba tres hipótesis para la transparencia de los objetos que refractaban la luz: en el primer caso, el éter no atravesaba los cuerpos transparentes, por lo cual las partículas del cuerpo comunicaban sucesivamente la perturbación luminosa; la segunda



hipótesis comprende el éter como una sustancia que se ubica en los espacios entre las

Facultad de Educación
partículas del cuerpo, propagando el movimiento ondulatorio al interior del medio; y la última, la transmisión se da manera indiferente a través de ambas partículas, las etéreas y las materiales.

Para cobijar con su explicación los casos particulares en los que la materia no es transparente a pesar de que posee éter en los espacios entre sus partículas, Huygens afirma, siguiendo a la autora, que estos materiales tienen una mezcla de partículas duras y blandas, donde las primeras reflejan la luz, y las segundas amortiguan la propagación, impidiendo que haya refracción.

Con los insumos que aportan los apartados anteriores, se destaca en ese sentido el papel de la luz para la física, y general para la humanidad, a lo largo de la historia, pasando por estudios astronómicos, análisis de la visión humana, manipulaciones de la misma con fines médicos, etc. Múltiples esfuerzos por parte de los físicos son evidenciados en torno a la explicación de la naturaleza de la luz y los avances científico-tecnológicos que éstos acarrearán, lo que destaca, adicionalmente, su importancia en los currículos escolares y, por ende, en la formación de profesores de física. Con todo esto, estos elementos ilustran un propósito por ofrecer en este trabajo una alternativa para acercar a los profesores en formación a otras estrategias que les permitan aprender sobre este concepto de manera significativa y crítica.

3.2. Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico

Dado que en este trabajo se busca establecer una relación entre los sistemas de adquisición de datos y los analizadores de video que le permita a los profesores en formación aprender sobre la naturaleza de la luz, se ha optado por una perspectiva del



Facultad de Educación
contrariamente, promueva la criticidad del aprendizaje. A partir de esto, se considera bastante conveniente definir una aproximación a la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico (TASC). Para ello, se retoman las palabras de quien propone esta visión; para Moreira (2000) el aprendizaje significativo crítico

Es aquella perspectiva que le permite al sujeto formar parte de su cultura y, al mismo tiempo, estar fuera de ella. Se trata de una perspectiva antropológica en relación a las actividades de su grupo social, que permite al individuo participar de tales actividades, pero, al mismo tiempo, reconocer cuándo la realidad se está alejando tanto que ya no se está captando por parte del grupo (p. 7).

La TASC sugiere, siguiendo esto último, fortalecer la participación en el proceso de aprendizaje por parte de los estudiantes; es pertinente entonces dirigir la atención a aquellos que se forman para enseñar a éstos últimos, es decir, se considera conveniente analizar las implicaciones de esta teoría en la población que la presente investigación hace hincapié: los profesores en formación. En la misma línea del autor, esta perspectiva de aprendizaje es conveniente en cuanto el estudiante aprenderá a manejar la información sin convertirse en un receptor empedernido. Además, si lo que se pretende es buscar un aprendizaje de la naturaleza de la luz, será conveniente que el estudiante, tal y como menciona Moreira (2006), se distancie de los conocimientos que una sociedad produzca cuando ésta se encuentre perdiendo su rumbo; es decir, que particularmente en los estudios sobre la luz, pueda distinguir la información que le compete de la que no, logrando una integración entre los conocimientos nuevos y los previamente existentes en su estructura cognitiva.

Moreira (2000), citando a Finkel, habla del modelo de la narrativa en educación como aquel en el que el profesor dice verdades y dicta sin lugar a dudas lo que el



Facultad de Educación
comunidad educativa (estudiantes, profesores, padres de familia, etc.). En consecuencia, se propone con la TASC su cuestionamiento, ya que “transmitir información desde la cabeza del profesor hasta el cuaderno del estudiante, para que éste transfiera la información del cuaderno a su cabeza para aprobar en los exámenes es un objetivo inadecuado de la educación” (p. 19).

Este modelo de narrativa en educación que Moreira (2000) enuncia, impide que los estudiantes desarrollen una autonomía en sus procesos de aprendizaje y una criticidad en el mismo; en ese sentido, en contraposición con este modelo, el autor, a la luz de la TASC concibe el aprendizaje como un objetivo que se logra con la enseñanza, dándole con este enunciado una mayor responsabilidad al profesor en cuanto profesional encargado de velar por este propósito. A partir de estas consideraciones, sostiene que quien aprende lo debe hacer de forma activa, siendo crítico, aceptando la crítica, interpretando y negociando significados.

Será primordial ahondar en los antecedentes teóricos y los principios que soportan esta teoría, cuyos planteamientos se enuncian en los siguientes apartados.

3.2.1. Antecedentes de la TASC

En 1963 David Ausubel propone la perspectiva clásica del aprendizaje significativo, la cual consiste en una *interacción cognitiva* entre los nuevos conocimientos y los conocimientos previos, que posean cierta relevancia del sujeto que aprende. Dentro de esta perspectiva el factor más importante para el aprendizaje es lo que el estudiante ya sabe, acompañado de las principales condiciones para lograrlo, que son la *potencialidad significativa* de los materiales de clase, y la *predisposición del sujeto para aprender*.



Respectivamente, estas dos condiciones consisten en el empleo de recursos con significado

Facultad de Educación.
lógico para el estudiante y la intencionalidad que se tiene por parte del estudiante para transformar los aportes de los recursos, mediado por sus conocimientos previos, en su aprendizaje (Moreira, 2006).

A partir de la perspectiva clásica, surgen otras que se especifican en varios asuntos, con el fin de que se cubran las necesidades de los estudiantes cuando aprenden. Así, la primera perspectiva sobre el aprendizaje significativo que Moreira (2006) presenta es la Visión Humanista. En esta visión se propone articular los pensamientos, los sentimientos y las acciones que definen al ser humano. Según esta integración, se puede llegar a resultados positivos en los que el estudiante siente motivación por el aprendizaje, o resultados negativos en los que se evidencie una actitud de rechazo; por esta razón es fundamental la predisposición por parte del estudiante para el aprendizaje significativo (Moreira, 2006).

La Visión Interaccionista Social es la siguiente perspectiva que Moreira (2006) menciona. En ésta, la visión tiene un amplio carácter Vygotskiano, en el que el aprendizaje se encuentra en función de una negociación de significados entre el profesor y el estudiante. Según esto, al profesor le compete mostrar de diferentes maneras los significados de la clase y registrar los aprendizajes del estudiante. Por su parte, el estudiante se encarga de verificar que esos significados sean coherentes con los relativos a la materia de enseñanza.

La Visión Cognitiva Contemporánea, profundiza sobre todo en el cómo del aprendizaje significativo; es decir, cómo sucede esa interacción entre los nuevos y los antiguos conocimientos. Esta visión recibe bastante apoyo por parte de los modelos mentales de Johnson-Laird (1983), ya que el modelo mental se puede ver como la premisa del aprendizaje significativo y es a partir de ello que el sujeto ve en el modelo una funcionalidad. La funcionalidad trae consigo otras implicaciones, pues es posible que el



Moreira (2006) continúa en su texto con la visión de la Complejidad y de la Progresividad, la cual se sustenta en la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud, en la que el conocimiento se organiza por campos conceptuales a medida que el sujeto progresa pasando por situaciones de aprendizaje cada vez más complejas. En este contexto, las situaciones se presentan como los nuevos conocimientos y se encargan de dar sentido a los conceptos.

A partir de la Visión Autopoiética de Maturana, el aprendizaje debe ser analizado a la luz de los seres humanos como sistemas autopoiéticos; es decir, sistemas que producen sus propias explicaciones. Como éstas se dan en el lenguaje humano, se tendrán muchas, además de varios modos de comunicarlas y de aceptarlas, dependiendo del sujeto. En esta perspectiva el profesor y los materiales educativos generan espacios para que el conocimiento previo actúe como una perturbación, la cual recibe significado y puede ser modificada (Moreira, 2006).

Antes de la perspectiva del Aprendizaje Significativo Crítico la última visión que Moreira (2006) presenta es la Computacional. Según la psicología cognitiva actual, se puede ver a la mente como un sistema computacional representacional, mediante el cual se generan representaciones del estado del mundo. Para ello, no basta con la apreciación directa del mundo, sino que se requiere de una construcción mental que lo permita. En esta perspectiva, el elemento primordial es la representación previa que el estudiante ya ha generado.

Todas estas perspectivas han aparecido a lo largo de las últimas décadas como propuestas que permiten reorientar las prácticas educativas en pro del aprendizaje de los



Facultad de Educación
significativo. El último antecedente del que hace mención aquí es la *Enseñanza como una actividad subversiva*.

Según Moreira (2000), los autores Postman y Weingartner establecen que, si bien los estudiantes deben ser preparados para una sociedad en cambio, la escuela se enfoca aún en la enseñanza de conceptos desfasados, tales como la verdad fija e inmutable, la certeza, las entidades aisladas (desarticulación entre objetos), estados fijos, causalidad simple (todo efecto tiene una única causa), diferencias polarizadas (bueno-malo, arriba-abajo, correcto-errado, etc.), el conocimiento como una transmisión autoritaria e incuestionable; a partir de esto, Postman y Weingartner, citados por el autor, afirman que basados en estos conceptos inapropiados sólo se podrían forjar “personalidades pasivas, dogmáticas, intolerantes, autoritarias, inflexibles y conservadoras, que se resistirían a cualquier cambio para mantener intacta la ilusión de la certeza” (p. 3). Y, contrario a éstos, lo que estos autores sugieren, según el autor, es que

Tales conceptos deberían ser estimulados por una educación cuyo objetivo fuera un nuevo tipo de persona, con personalidad inquisitiva, flexible, creativa, innovadora, tolerante y liberal que pudiese enfrentar la incertidumbre y la ambigüedad sin perderse, y que construyese significados nuevos y viables para hacer frente a los amenazadores cambios ambientales. Todos esos conceptos constituirían la dinámica de un proceso de búsqueda, cuestionamiento y construcción de significados que podría llamarse “aprender a aprender” (Moreira, 2000, p. 3).

En ese sentido, estos autores mencionan la promoción de un aprendizaje significativo que aporte a estos insumos; es decir, el aprendizaje significativo como una actividad subversiva. Esta subversión es asumida por Moreira como una postura crítica, que



Facultad de Educación.
última perspectiva del aprendizaje significativo de las mencionadas; esta es la TASC, cuyos planteamientos generan afinidad en relación con los objetivos de investigación, por lo que se asume como el fundamento teórico-conceptual en el que se sustenta este trabajo.

3.2.2. Principios del aprendizaje significativo crítico.

Es evidente que el logro de un aprendizaje significativo crítico no se basa únicamente en definir lo que éste es. Se requiere de una serie de elementos que le permitan al profesor y al estudiante encaminar los objetivos de las clases, con los cuales puedan determinar si se encuentran o no en una situación que propicie este tipo de aprendizaje.

Estos aspectos con los que se orientan las clases son los denominados principios, ideas o estrategias que facilitan el aprendizaje significativo crítico, los cuales constituyen el referente principal de toda propuesta de enseñanza empleada en clase (Moreira, 2000). Los 11 principios facilitadores del aprendizaje significativo crítico enunciados por el autor son:

- **Principio 1. Del conocimiento previo.** Antes de que el aprendizaje dé el paso hacia la criticidad, se requiere inicialmente de un aprendizaje significativo que lo permita. Al estar éste sustentado en los conocimientos previos, se asume directamente que el aprendizaje significativo crítico se propone considerar lo que el estudiante ya sabe, como fundamento del proceso didáctico.
- **Principio 2. De la interacción social y del cuestionamiento.** En medio de la interacción social existente entre profesor y alumno hay un intercambio de significados. Lo que se pretende con este principio facilitador del aprendizaje significativo crítico es que haya un intercambio permanente de preguntas y no de



- **Principio 3. De la no centralización en el libro.** Bajo este principio se rechaza la concepción del libro de texto como objeto portador del conocimiento sin cuestionamientos. Se propone a partir de esto la apropiación de otros materiales para las clases, como son los artículos científicos, los relatos, las obras de arte, etc.
- **Principio 4. Del aprendiz como perceptor/representador.** La percepción se toma toda la importancia que en algún momento tuvo la recepción. A partir de esto, percibir y representar aspectos del mundo depende de las percepciones previas que el estudiante haya tenido del mismo y, en ese sentido, es necesario que alumno y profesor busquen una percepción similar de los materiales de estudio.
- **Principio 5. Del conocimiento como lenguaje.** Desde la perspectiva del aprendizaje significativo crítico, el lenguaje es concebido como una manera particular de percepción de la realidad. Siguiendo esta línea, la construcción de conocimientos propuestos por una disciplina depende directamente de que los estudiantes conozcan el lenguaje de la misma; por esta razón las matemáticas, la biología, la historia, etc., son asumidas como lenguajes para interpretar el mundo. Cuando un estudiante es consciente de que ese nuevo lenguaje es una forma de percibir el mundo, estará siendo crítico al reconocer la multiplicidad de discursos existentes para abordarlo.
- **Principio 6. De la conciencia semántica.** Este principio destaca principalmente dos ideas. En la primera se trata de ver los significados como atribuciones que los humanos han hecho para describir el mundo, son construcciones de tipo



Facultad de Educación

lograr un aprendizaje significativo crítico es necesario saber que las palabras no son esa parte del mundo que describen; es decir, las palabras son representaciones, más no equivalentes a los objetos a los que hacen mención. A partir de esto, habrá contribuciones a un aprendizaje significativo crítico cuando los estudiantes atribuyen significados connotativos, idiosincrásicos a lo que perciben del mundo.

- **Principio 7. Del aprendizaje por error.** Es importante la aclaración que se hace con respecto a este principio al distinguirlo del aprendizaje por ensayo y error, ya que ambos no convergen al aprendizaje significativo crítico. Lo que se pretende con este principio es destacar la importancia del análisis de los errores en el aprendizaje, y con esto, resaltar que el mismo método científico es una corrección sistemática del error, mediante la cual los errores no son rechazados y negados, sino que son naturalizados y analizados para tener nuevos puntos de partida, aprendizaje y crecimiento.
- **Principio 8. Del desaprendizaje.** En el aprendizaje significativo, como se dijo anteriormente, hay una permanente interacción entre el conocimiento previo y el conocimiento nuevo. Sin embargo, existe la posibilidad de que el nuevo conocimiento no sea recibido por el conocimiento previo de la manera más apropiada, o no encuentra suficiente anclaje en el mismo, con lo cual podría dificultar el aprendizaje significativo. Ante este tipo de situaciones, el desaprendizaje surge como alternativa, y se asume como la omisión del conocimiento previo que impide la interacción con el nuevo, es una forma de ser selectivos con las interacciones. La importancia del principio recae también en el campo de conocimientos trabajado, ya que permite preparar al sujeto para



- **Principio 9. De la incertidumbre del conocimiento.** Este principio pretende alertar a los sujetos que hacen parte del proceso de enseñanza y de aprendizaje sobre las preguntas, definiciones y metáforas que se emplean en la interpretación que cada sujeto hace del mundo. En esencia, consiste en el reconocimiento de las preguntas como un instrumento intelectual para percibir, las definiciones como susceptibles de perder su autoridad cuando se encuentran fuera del contexto para el que se propusieron originalmente, y las metáforas como órganos de percepción del mundo propios de cada disciplina.
- **Principio 10. De la no utilización de la pizarra, de la participación activa del alumno, de la diversidad de estrategias de enseñanza.** Al considerar la enseñanza transmisora y el aprendizaje mecánico como obstáculos para el aprendizaje significativo crítico, lo que este principio establece es la reducción en el tiempo del uso de la pizarra como elemento para proporcionar respuestas y dirigir la atención al parafraseo del profesor. En contraposición, lo que propone es una enseñanza centrada en el alumno con una participación activa por su parte, en la que se emplean diversos recursos que lo permitan. Por esta razón, este principio se encuentra estrechamente ligado al principio de la no centralización en el libro.
- **Principio 11. Del abandono de la narrativa. De dejar que el alumno hable.** En éste se propone que el profesor abandone un poco la pizarra y la adhesión a las verdades de los libros de texto, que sean por el contrario los estudiantes los que discutan y comparen los significados que van construyendo, mostrando las



Facultad de Educación

para mediar los diálogos, dejándolos interactuar entre sí. La propuesta de este principio es no caer en las verdades absolutas ni en un relativismo permanente, sino en la búsqueda de un equilibrio que propicie espacios para el aprendizaje. Lo que en resumidas cuentas se busca es el abandono de la narrativa como modelo prioritario de enseñanza, por muy natural que éste parezca.

3.2.3. Principios en los que se enmarca esta investigación

Es evidente que una teoría soportada en once principios permite analizar extensamente los múltiples detalles de cada sección de una clase de física. En ese sentido, considerando los objetivos de investigación, la extensión de este trabajo y de la intervención (sobre la que se disertará en los próximos capítulos) que se realiza con los profesores de física en formación, es notorio que los once principios de esta teoría constituirían un referente bastante ambicioso; por lo cual, se han seleccionado sólo los principios 1 y 2 de la TASC como referentes de este proceso investigativo. El primero de ellos trata del conocimiento previo de quien aprende, de donde se resalta el papel de los conocimientos que los profesores de física en formación han construido a lo largo de su proceso formativo, como insumo para este trabajo. El segundo recopila en términos generales el objetivo de la acción docente, la cual trata en cierta medida de la interacción social con los estudiantes, de tal manera que es necesario profundizar en las prácticas que se relacionan con este principio. De una manera más amplia se presentan a continuación.

El primer principio es el Principio 1 de la TASC (del conocimiento previo). Éste se determinó por su generalidad, ya que constituye uno de los principales sustentos del aprendizaje significativo. Además, promueve una aproximación a lo que previamente existe



Facultad de Educación

educación, pues se reconoce en los estudiantes lo que existe en su formación no escolar. A partir de esto, Moreira (2000) da el paso hacia esta perspectiva afirmando que antes de que el aprendizaje dé el paso hacia la criticidad, se requiere inicialmente de un aprendizaje significativo que lo permita. Según Ausubel, éste último tiene como fundamento el conocimiento previo, que en el presente caso se enfoca en el de los futuros profesores de física, por lo cual se recurrió a este principio como orientador de la recolección y análisis de los datos concerniente a este trabajo.

El otro principio que determinó el desarrollo de los capítulos subsiguientes es el Principio 2 de la TASC (de la interacción social y del cuestionamiento). Éste se seleccionó por su relación directa con la labor del profesorado, quien se encuentra en una permanente interacción social por la naturaleza de su quehacer. Según el autor, el cuestionamiento cumple un papel fundamental que, además de ser una implicación directa de la asunción del conocimiento como el resultado de las preguntas, aporta a la criticidad del aprendizaje; esto es, permite concebirlo como una construcción humana en la que intervino un contexto sociocultural específico, de tal manera que en la época actual, al ser distintos estos contextos, las verdades se configuran, y se asumen como susceptibles de modificarse o rechazarse. En ese sentido, si se pretende que los estudiantes en su proceso de aprendizaje de la naturaleza de la luz tengan un intercambio permanente de preguntas y no de respuestas, será necesario que los profesores que los educarán hayan interactuado con estos planteamientos desde sus procesos formativos.



Facultad de Educación

En las últimas décadas se ha demostrado que la tecnología ha producido muchas innovaciones revolucionarias que modifican las formas de vida de la sociedad (Macías, 2007), por lo cual estos cambios tecnológicos han llegado a la escuela, interviniendo en la enseñanza de las ciencias y particularmente de la física, hasta el punto de recurrir a términos específicos para poder referirse a éstos como Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).

Las TIC en educación son definidas por Capuano (2011) como recursos que los profesores pueden emplear para diseñar estrategias que produzcan una revolución educativa mediante la innovación, las cuales son implementadas en las diferentes asignaturas que una escuela ofrece a sus estudiantes. Por esta razón, es posible encontrar resultados como los de Cardona y López (2017) cuando afirman que estos recursos “tienen una influencia cada vez mayor en la educación científica, principalmente en la mejora del aprendizaje de los estudiantes” (p. 1), lo que, en consecuencia, hace de las TIC una herramienta que, día tras día, se emplea con mayor frecuencia, evidenciando una fuerte relación entre los avances tecnológicos y la educación actual.

A modo de justificación de su implementación, es importante mencionar la pertinencia que la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia, y la Cultura (UNESCO, 2013) otorga a las TIC en los procesos educativos a nivel latinoamericano. Según esta organización, las TIC permiten:

- Acceder al conocimiento y a distintas fuentes de información para conocer el mundo global para hacer nuevas construcciones.



Facultad de Educación

que se utilicen de forma ética.

- Resolver problemas o construir sus soluciones, a la vez que permite desarrollar producciones de tipo audiovisuales u otras, fortaleciendo la creatividad.
- Aprender a vivir juntos, para trabajar cooperativamente, visibilizando y valorando la diversidad cultural en dependencia de los derechos humanos.

Adicionalmente, se reconocen en este trabajo los planteamientos que el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC) hace con respecto a las TIC en educación. MINTIC establece en la ley 1341 del año 2009 que el estado y los agentes del sector de las TIC colombianas deben colaborar para que el acceso a las TIC sea priorizado, ya que, según esta ley, su uso hace parte de los pilares para la consolidación de una sociedad de la información y del conocimiento, con lo cual se deben garantizar aspectos como la inversión, el derecho de los usuarios, uso eficiente, cobertura, etc.

Al presentarse de múltiples maneras estos recursos para la enseñanza de las ciencias, y en particular de la física, es importante definir, a partir de Capuano (2011), las siguientes dimensiones y categorías de las TIC:

- Transmisión de datos con sistema computacional.
- Simulación computacional.
- Procesamiento de datos.
- Educación a distancia o virtual.
- Búsqueda de información
- Investigación a distancia.



en dos recursos pertenecientes a éstas: los sistemas de adquisición de datos y los

analizadores de video, particularmente el *software* Tracker. Siguiendo este rumbo, ¿qué son

estos dos recursos?, ¿por qué se estudian éstos en particular?

3.3.1. Los Sistemas de Adquisición de Datos en la enseñanza de la física

En las últimas tres décadas las computadoras han ocupado un papel revolucionario en la estructura de la sociedad, hasta el punto de que son mínimas las áreas o campos en los que no sean empleadas (Haag, Araujo y Veit, 2005). El sector educativo, evidentemente, hace parte de aquellos espacios en los que su implementación ha tomado cada vez más fuerza. Los Sistemas de Adquisición de Datos (SAD) son una agrupación de elementos que se emplean para diversas actividades, investigativas, educativas, de vigilancia, etc. Para aspectos educativos, precisamente de la enseñanza de la física, la computadora otorga un papel mediador entre la experimentación y el análisis de información recopilada en esta actividad.

El énfasis que se hace en esta dimensión o categoría de las TIC, recae principalmente en las numerosas ventajas que este recurso tiene para la enseñanza de la física; estos autores destacan sobre estos recursos las siguientes:

- Propician otras alternativas de enseñanza enriquecedoras en las que el estudiante puede vincular la experimentación con la fundamentación conceptual de la física.
- Con los SAD se pueden realizar en unos cuantos segundos mediciones experimentales que manualmente son casi imposibles.



Facultad de Educación

pueda aprovecharlo en el desarrollo de otras habilidades y competencias.

- Permiten incrementar el número de medidas, aumentando la precisión y rapidez en las mismas.

Según estos autores, los SAD son recursos que presentan una oportunidad para comprender, a la luz de las TIC, el estado actual de la ciencia y sus implicaciones en espacios concurridos por las personas, en los que no siempre sea notable su uso, como son las ecografías en consultorios médicos, los sistemas para controlar la producción de una industria, etc., mostrando, a su vez, que estos recursos no pueden verse como cajas negras. En contraposición, proponen, además, desmitificar estas concepciones mediante la proporción de libertad en el estudiante para que tome medidas y manipule estos recursos. Siguiendo a Cardona y López (2017), los SAD, además de aportar a la apropiación de las TIC para la enseñanza de la física por parte de los profesores, permiten innovar en los procesos didácticos, otorgándole al estudiante la posibilidad de establecer relaciones con el contexto y favorecer su motivación.

Haag, Araujo y Veit (2005), afirman que los SAD se conforman por un dispositivo con el que se miden datos experimentales a partir de sensores de diversas magnitudes físicas, para que, posteriormente, estos datos sean almacenados y analizados por un programa computacional, del que se pueden extraer múltiples conclusiones. Según Cardona y López (2017), el *software* empleado es el que permite hacer un procesamiento y visualización de las variables que intervienen en el sistema que se estudia. Los sensores son concebidos como dispositivos cuyas características internas se ven afectadas por las variables físicas que actúan sobre el sistema en cuestión, y a partir de esto, una señal externa, como puede ser un cambio de temperatura, luminosidad, presión, etc., produce una



último, se acondiciona la señal, generando valores digitales que se procesan en la computadora.

Sobre aquella etapa del SAD que involucra el acondicionamiento de la señal, es necesario ahondar en uno de los dispositivos electrónicos más representativos para esta función: los microcontroladores de la plataforma Arduino. Cavalcante, Castro y Balaton (2016) la definen como una plataforma de código abierto con el uso de *software* y *hardware* libre. Afirman además que ésta posee puertos de conexión USB, mostrando sus amplias posibilidades de poner en interacción las características de un ambiente con una computadora. Arduino se caracteriza, siguiendo a los autores, por su bajo costo, por su composición de circuitos de entrada y salida de un microcontrolador, el cual posee a su vez un procesador, una memoria y periféricos de entrada y salida, que le permite ser programado para cumplir funciones previamente determinadas. La Figura 1 resume el proceso de interacción entre la computadora, un ambiente y sus variables, junto con la plataforma Arduino.

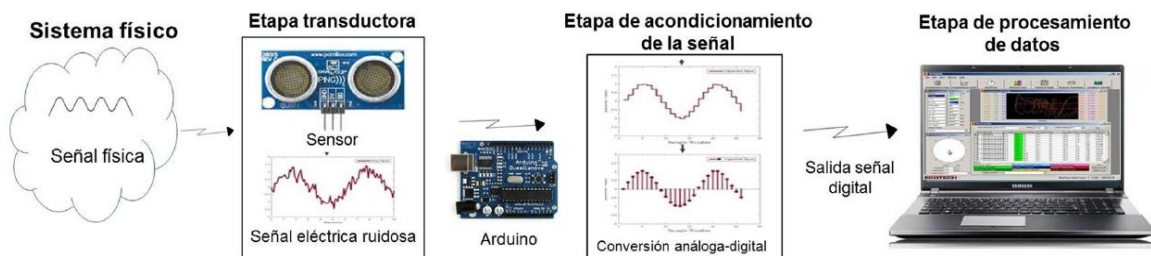


Figura 1. Distintas etapas de un SAD. Tomado de Cardona y López (2017, p. 3)

Adicionalmente, en pos de las posibilidades que ofrecen los SAD para la clase de física, estas autoras mencionan que en la actualidad existen muchos sensores con bajo costo. Así, éstas firman que:



Facultad de Educación

para enseñanza de la física son el potenciómetro, que posibilita la medida de la posición angular de un péndulo en función del tiempo; la termocupla para medir temperaturas; el fotodiodo para medir la intensidad de la luz; el sensor de efecto Hall para medir campo magnético; la fotocpuerta para medir diferentes tipos de movimiento de los cuerpos; entre otros (p. 2).

Los sensores son clasificados en analógicos y digitales. Los primeros miden de forma continua los cambios presentados por las variables; en cambio, los digitales miden de una forma discreta, pues sólo interpretan de manera binaria los voltajes: encendido o apagado. Algunos de los sensores que las autoras mencionan sobre esta clasificación son: las termocuplas, micrófonos, potenciómetros pertenecen al campo de los analógicos; los fotodiodos e interruptores magnéticos pertenecen al de los digitales.

A partir de esto, los SAD, como recursos pertenecientes a las TIC, se consideran pertinentes para esta investigación, ya que, como sostienen las autoras, éstos tienen amplios insumos en la formación de profesores de física por su oportunidad de mejorar la comprensión de fenómenos físicos, la obtención de autonomía, el compromiso con el aprendizaje y la posibilidad que ofrecen para que los estudiantes desarrollen habilidades de orden superior en cuanto al análisis de datos experimentales se refiere.

3.3.2. Los analizadores de video para la enseñanza de la física.

Los analizadores de video componen el segundo recurso que se implementa en esta investigación. Para iniciar, Navarrete, Almaguer, Navarrete y Flores (2015) mencionan en su trabajo que un video es una secuencia programada de fotografías, que al ser mostradas de forma consecutiva producen una imagen que temporalmente produce la sensación de



movimiento; además, el video puede proporcionar un registro de movimientos de objetos

Facultad de Educación
reales. En ese sentido, los autores proponen que el análisis de video es una técnica que permite, a partir de un archivo video digital y mediante un programa computacional, obtener datos de un fenómeno físico.

El programa computacional mediante el que se realiza este tipo de análisis es llamado un Analizador de Video (AV). En particular, Tracker es un AV que, de acuerdo con Cavalcante, Castro y Balaton (2016), es una herramienta gratuita que permite por medio de fotos videos, y por ende fotografías, analizar y modelar fenómenos físicos, tales como movimientos de objetos, patrones de interferencia, resistencia del aire, espectros de emisión, etc; además, estos autores mencionan que los recursos de calibración que posee el *software* Tracker, tales como las escalas de medida, le proporcionan precisión a las medidas sobre las magnitudes físicas que con este se hagan. Este AV fue diseñado por el proyecto Open Source Physics, en cuyo sitio web se encuentran documentos de acceso libre sobre diversas actividades experimentales acompañadas por este *software*, y direcciones para la fácil y gratuita descarga del programa (Brown y Cox, 2009).

Con esto, el Tracker, además de contribuir a la apropiación de las TIC, por parte de los profesores de física, es una herramienta que posee ventajas de costos mínimos, multiplicidad de áreas de la física en las que puede trabajar, herramientas de calibración y medición incluidas, presentación de datos organizados en tablas, posibilidad de repetir un análisis de fotografía o video cuantas veces sea necesario, reproducibilidad de análisis de un mismo archivo, pues los profesores y estudiantes pueden compartir sus fotografías o videos de fenómenos a analizar.



3.4. Las TIC y la TASC para abordar la enseñanza de la naturaleza de la luz

Facultad de Educación

En este orden de ideas, es factible deducir que si se pretende que los estudiantes expliquen la naturaleza de la luz, tomando en cuenta la definición de aprendizaje de Moreira (2000), entonces es conveniente asumir una postura de enseñanza que permita, tal y como lo establecen Gagliardi, Giordano y Recchi (2006), “repensar la física de los fenómenos luminosos para comprender los aspectos culturales y formativos, más allá de aprender los aspectos informativos” (p. 140); es decir, ir más allá de los elementos superficiales de la luz, dirigiendo la atención a aquellos planteamientos de Moreira en los principios de la TASC, pasando por el conocimiento como una construcción humana susceptible de modificaciones y la criticidad como un fortalecimiento del aprendizaje

En la época actual, la tecnología ha sido la responsable de las mayores revoluciones en innovación, cambiando las formas en la que vive la sociedad (Macías, 2007); por lo cual no es sospechoso que ésta tenga implicaciones en el ámbito escolar. Los profesores en formación y sus futuros estudiantes deben pasar a una etapa en la que las TIC superen la memorización o mecanización de los contenidos escolares. En ese sentido, es pertinente acompañar la relación existente entre la TASC y la naturaleza de la luz con recursos tecnológicos con potencial educativo que apoyen la innovación; esto es, buscar una apropiación de las TIC, en particular de los SAD y los AV, de tal manera que el aprendizaje de la naturaleza de la luz sea significativo y crítico.

En este capítulo se analizaron algunos referentes teóricos relativos a los principales tópicos del problema en los que se enmarca el trabajo. En lo que sigue, se presenta la metodología que direccionó el curso de los siguientes momentos de la investigación.



Facultad de Educación

4.1. Enfoque metodológico

A partir de los objetivos que se plantearon inicialmente para la investigación, no cabe duda que lo que se busca es una inmersión en la realidad educativa del estudiantado del curso de física de la luz de la Licenciatura en Matemáticas y Física; es decir, un propósito por implementar propuestas didácticas que promuevan el aprendizaje significativo crítico en los estudiantes, en particular, sobre la naturaleza de la luz.

Así las cosas, se ve que esta inmersión suscita una metodología coherente con lo que proponen Bonilla y Rodríguez (2000), citados por Bernal (2010), con respecto a la investigación cualitativa: aquella que “se orienta a *profundizar* casos específicos y no a generalizar. Su preocupación no es prioritariamente medir, sino cualificar y describir el fenómeno social a partir de rasgos determinantes” (p. 60). Ubicando al autor del presente texto en el papel de un investigador interpretativo, que asume la realidad como construida y modificable por los sujetos que la componen, y que se puede cualificar y describir desde esos rasgos determinantes, fue necesario para ello adoptar una metodología de Investigación Cualitativa.

Adicionalmente, en vista de que el propósito de la investigación busca interpretar desde el enfoque cualitativo un contexto particular, compuesto por varios aspectos que orientan el rumbo de esta determinada población, el tipo de investigación que se emplea en este trabajo es el estudio de caso, para lo cual se retoma la definición de Stake (2010) al respecto

Estudiamos un caso cuando tiene un interés muy especial en sí mismo. Buscamos el detalle de la interacción con sus contextos. El estudio de caso es el estudio de la particularidad y de la complejidad de un caso singular, para llegar a comprender su



Facultad de Educación

Esta definición contiene de una forma bastante amplia la ruta u orientación que tomará la metodología de investigación; no obstante, se requiere de una mayor especificidad en cuanto a los estudios de caso se refiere para determinar con mayor profundidad el enfoque metodológico apropiado.

Con esto, al haber analizado los planteamientos de Stake (2010), y considerando el problema inicial junto con los objetivos específicos de la presente investigación, se encontró que el tipo de estudio de caso más apropiado para el cumplimiento de lo propuesto aquí es el estudio de caso instrumental, puesto que "nos encontraremos con una cuestión que se debe investigar, una situación paradójica, una necesidad de comprensión general, y consideremos que podemos entender la cuestión mediante el estudio de un caso particular" (p. 16). Para el presente caso, el instrumento de análisis se constituyó por un grupo de estudiantes que cursaban la asignatura física de la luz, con los cuales se implementó una propuesta pedagógico-didáctica.

Siguiendo a Galeano (2004), los estudios de caso son clasificados en descriptivos e interpretativos. Según los planteamientos de la autora, el descriptivo muestra de forma detallada los resultados de la situación estudiada y no se utilizan fundamentos teóricos previos. Además, éste no se enfoca en generalizar ni en el lanzamiento de hipótesis generales; su objetivo es entonces brindar información básica del tema en cuestión.

El estudio de caso interpretativo, de acuerdo con la autora, "contiene descripciones ricas y densas. Los datos de las descripciones se utilizan para desarrollar categorías conceptuales o para ilustrar, soportar o discutir presupuestos teóricos" (p. 72). En ese sentido, la distinción entre este estudio y el descriptivo se encuentra en la profundidad,



Facultad de Educación
esto y considerando el propósito de la investigación, para el presente trabajo se llevó a cabo un estudio de caso interpretativo.

4.2. Participantes

Los participantes de la investigación fueron 4 estudiantes de la Universidad de Antioquia del curso de física de la luz. Este curso se seleccionó por su coincidencia con el propósito de la investigación; ya que en éste, los profesores en formación de la Licenciatura en Matemáticas y Física llevan a cabo sus estudios sobre la naturaleza de la luz. Los 4 participantes se eligieron esencialmente por la disponibilidad de tiempo que poseían para desarrollar todas las actividades de la intervención, teniendo en consideración que estas actividades fueron desarrolladas por fuera de los espacios de clase.

En cuanto al manejo de la información, es necesario mencionar que, por aspectos de consideraciones éticas durante la investigación, los estudiantes aprobaron un consentimiento escrito (Anexo 1) en el que se les informaba de los fines, únicamente académicos, para los que la información recolectada sería empleada. Con el fin de mantener el cuidado de la privacidad de los participantes, se les denominó como: E1, E2, E3 y E4.

Durante el proceso, E1 cursaba el nivel 6 de la Licenciatura, y había cursado las siguientes asignaturas de física: introducción al pensamiento físico, física del movimiento, física de los medios continuos, física de los campos y termodinámica. E2 cursaba el nivel 5, y los cursos previamente aprobados eran introducción al pensamiento físico, física del movimiento y física de los medios continuos. E3, cursaba el nivel 5 y las asignaturas del área que había cursado eran introducción al pensamiento físico, física del movimiento, física de los medios continuos y física de los campos. E4 cursaba el nivel 4, y ya había



4.3. Técnicas e Instrumentos de recolección de información

Entre las técnicas e instrumentos más utilizados para la recolección de la información a partir del estudio de caso como tipo de investigación, según Galeano (2004), se encuentran “la observación directa en cualquiera de sus modalidades (intensiva, participativa); la entrevista (estructurada, semiestructurada, y en profundidad), y la revisión documental” (p. 75). Para esta investigación, se implementaron como técnicas e instrumentos la observación participante, la entrevista individual semiestructurada, la revisión documental, el diario de campo y los documentos aportados por los estudiantes.

La observación participante desarrollada durante la investigación, es definida por esta autora como una “estrategia interactiva utilizada por un investigador, quien en cierto grado asume el papel de miembro de un grupo y participa en sus funciones, cohabitando con la población por períodos más o menos largos (mientras transcurren los eventos que estudiar)” (p. 35). Dentro de estas observaciones se hizo hincapié en la actitud de los profesores en formación, las interacciones que entre ellos se daban, la manera como abordaban los experimentos, el uso que hacían de las herramientas tecnológicas, las preguntas que compartían y las variaciones que a partir de éstas hacían en las actividades.

La entrevista semiestructurada “es una entrevista con relativo grado de flexibilidad tanto en el formato como en el orden y los términos de realización de la misma para las diferentes personas a quienes está dirigida” (Bernal, 2010, p. 257). Este tipo de entrevista permitió que durante uno de los momentos de la intervención se lograra profundizar de



La revisión documental fue implementada durante el planteamiento del problema y en el estudio de antecedentes de la investigación. Ésta es definida por Hernández, Fernández y Baptista (2010) como una técnica con la que se detectan conceptos claves, que permite además acercarse a los métodos de recolección y análisis de datos empleados por otros investigadores en temáticas afines.

Adicionalmente, durante el proceso investigativo se registraron insumos provenientes de las múltiples observaciones concernientes al diario de campo. Este instrumento es definido por Alzate y Sierra (2000) como aquel con el que “puede verse el afuera filtrado a través de la mirada del adentro; en él conviven los mapas, los esbozos, las transcripciones, las ideas puntuales o las frases deshilvanadas o insinuadas” (p. 11); éste es asumido por los autores como una forma de disponer de diversos datos realizando un proceso pedagógico e investigativo permanentemente. En lo que sigue, se describe la propuesta de intervención.

4.4. Propuesta de intervención

Con este grupo de 4 estudiantes se realizó una intervención didáctica soportada en los SAD y el AV Tracker. Esta propuesta, sustentada por el principio del conocimiento previo y el principio de la interacción social y del cuestionamiento de la TASC, se fraccionó en varios momentos abordados desde cuestionarios y entrevistas semiestructuradas. Inicialmente, se realizó una actividad diagnóstica sobre la naturaleza de la luz, retomando los fenómenos de la reflexión y la refracción. En un segundo momento, se realizó una actividad soportada en el *software* Tracker para analizar estos fenómenos.



Facultad de Educación
análisis de una situación experimental de estos mismos fenómenos, involucrando además la intensidad de la luz. También, se realizó una evaluación final que diera cuenta de la posible evolución en el conocimiento de los estudiantes, favorecida por la propuesta de intervención. Finalmente, con dos de los participantes se llevó a cabo una entrevista semiestructurada en aras de profundizar en la concepción de éstos frente a la interacción social y el cuestionamiento. La Tabla 4 sintetiza las principales características de la propuesta de intervención.

Tabla 4. *Características de los momentos de la propuesta de intervención*

Momentos de la intervención	Duración (minutos)	Propósito	Materiales utilizados
Actividad diagnóstica	60	Identificar los conocimientos previos de los estudiantes en relación con la naturaleza de la luz, el empleo de los mismos para explicar algunas situaciones experimentales y sus implicaciones para la formulación de preguntas.	Espejos, textos, vasos de vidrio, agua, figuras de dos colores, lápices, cuestionario.
Actividad soportada en el AV Tracker	60	Analizar el intercambio de significados durante una interacción grupal, su relación con el conocimiento previo y la percepción de los participantes al estudiar los fenómenos de la reflexión y la refracción apoyados en los AV.	Computadoras con el <i>software</i> Tracker, cubetas de acrílico, agua, leche, apuntadores láser, cámaras fotográficas, papel, cuestionario.
Actividad soportada en los SAD	120	Analizar el papel de los conocimientos previos de los participantes para el establecimiento de una relación entre los SAD, la reflexión, la refracción, la intensidad de la luz de forma experimental, y la formulación de preguntas.	Computadora, placa microprocesador Arduino (Chipkit uno32), fotodiodo, papel, placas cuadradas de vidrio, papel, plastilina, cuestionario.
Evaluación final	60	Conocer la percepción de los participantes en torno al papel de	Cuestionario



los AV y los SAD en el estudio de la naturaleza de la luz durante las actividades grupales.

Entrevista final 30

Identificar las concepciones de los estudiantes sobre el papel de las preguntas en el estudio de la física, y las implicaciones de la interacción social en la formulación de éstas.

Grabadora de voz

4.4.1. Actividad diagnóstica

Para este primer momento, los 4 profesores en formación fueron reunidos en un mismo espacio y se les propuso responder un cuestionario (Anexo 2) y formular algunas preguntas, con el propósito identificar sus conocimientos previos sobre la naturaleza de la luz, particularmente de los fenómenos de la reflexión y la refracción. En el capítulo anterior de este trabajo, se profundizó en el papel de los principios 1 y 2 de la TASC, y la justificación de su papel en este trabajo; siguiendo lo anterior, se diseñó esta actividad, distribuyendo el primer momento de la siguiente manera:

- Sección 1: Preguntas indagatorias sobre los conocimientos de los profesores en formación con respecto a la naturaleza de la luz y los fenómenos físicos que se le atribuyen a ésta. Uso de recursos convencionales como vasos de vidrio, agua, lápices, textos impresos, espejos, para profundizar en el papel de estos conocimientos previos para explicar situaciones experimentales específicas.
- Sección 2: Ilustrados por una última actividad experimental relacionada con la inversión de la posición de los colores de un objeto al ser observado a través de un medio traslúcido, se generó un espacio para el cuestionamiento de los profesores en formación.



Facultad de Educación

En esta sesión de intervención, los participantes se distribuyeron por parejas e interactuaron con diversos materiales para realizar un montaje experimental que les permitiera evidenciar fenómenos alusivos a la naturaleza de la luz, como es el caso particular de la reflexión y la refracción de la luz. Luego de esto, se les propuso registrar este diseño con una cámara fotográfica, con el fin de realizar un análisis de los fenómenos ilustrados allí mediante el *software* Tracker. Posteriormente, se abrió un espacio para que los profesores en formación, ilustrados por la actividad anterior, formularan una pregunta para que su compañero la respondiese, a la vez que éstos respondían una pregunta formulada por el otro. Todo lo anterior fue registrado por los participantes y se presenta en la sección de anexos (Anexo 3).

4.4.3. Actividad soportada en los SAD

Los participantes emplearon en este momento de la intervención un SAD orientado a la intensidad de la luz. Para ello, dispusieron de otros materiales que les permitiera relacionar la reflexión y refracción con la intensidad de la luz. En esta sesión también se propició un espacio para la generación de preguntas, además de la posibilidad de responder la pregunta generada por el compañero, de manera similar a la sesión anterior.

Durante este tercer momento de la intervención, la interacción social continuó siendo objeto de análisis, por lo que toda la actividad se llevó a cabo en equipos. Los resultados que éstos compartieron al respecto se muestran en la sección de anexos (Anexo 4).



Facultad de Educación

En esta sesión, los participantes realizaron una actividad cuyo propósito fue recopilar algunos elementos de cada momento de la intervención (Anexo 5). Las respuestas de los profesores en formación se utilizaron para realizar un proceso de retroalimentación en el que éstos evidenciaran, desde su experiencia, las implicaciones que tuvo el estudio de la luz, a través de una actividad soportada en los AV y los SAD. Adicionalmente, se les propuso describir el papel del trabajo grupal y su percepción sobre los AV y los SAD a lo largo de las actividades.

4.4.5. Entrevista final

Para este último momento de la intervención, se realizó una entrevista semiestructurada con dos de los profesores en formación (E3 y E4). Esta entrevista se llevó a cabo con el propósito de establecer una relación entre las concepciones de los participantes y el principio 2 de la TASC; esto es, interpretar las respuestas de los profesores, orientando la entrevista mediante preguntas con las que se profundizará en el papel de la interacción social en el cuestionamiento. Las preguntas orientadoras se presentan en la sección de anexos (Anexo 6).

Esta entrevista se fundamentó en la opinión de los participantes frente a las actividades de formulación de preguntas: la frecuencia con la que habían realizado actividades de esta índole, el grado de complejidad que registraron en ellas, y los efectos que tuvo el desarrollo de actividades grupales para la generación de éstas.



Facultad de Educación

Con el propósito de analizar la información recolectada, se desarrolló la siguiente secuencia procedimental: Inicialmente se identificaron dos categorías de análisis, y una de ellas a su vez se subdividió en otras tres. Para el análisis de cada categoría y subcategoría se utilizaron diferentes técnicas e instrumentos de recolección, en función de los objetivos específicos de la investigación y los principios 1 y 2 de la TASC. La Tabla 5 muestra esta categorización inicial.

Tabla 5. *Categorías y subcategorías de análisis*

Objetivos específicos	Categorías	Subcategorías	Técnicas e instrumentos de recolección de información
Identificar el conocimiento previo de los profesores en formación en relación con la naturaleza de la luz y sus percepciones sobre los AV y los SAD.	Conocimiento previo y percepciones	Conocimiento previo en relación con la naturaleza de la luz. Percepciones sobre los analizadores de vídeo. Percepciones sobre los sistemas de adquisición de datos.	<ul style="list-style-type: none"> • Diario de campo • Actividad diagnóstica • Actividad soportada en los AV • Actividad soportada en los SAD • Actividad evaluativa final • Diario de campo • Entrevista semiestructurada
Describir el papel de la interacción social en el cuestionamiento durante la implementación de una propuesta pedagógico-didáctica soportada en los SAD y los AV.	Papel de la interacción social en el cuestionamiento		

En un segundo momento del análisis, se realizó una transcripción de toda la información obtenida por cada técnica e instrumento, especificando el participante al correspondía. A partir de ésta se realizó una selección por categorías; es decir, se identificaron dentro de todos los insumos cuáles de ellos aportaban información relevante para alguna categoría o subcategoría de análisis.



Facultad de Educación
categorización de la información, cuyo fin, de acuerdo con Bonilla y Rodríguez (1997), es “reducir el volumen de los datos, ordenándolos en torno a patrones de respuesta que reflejen los principales parámetros culturales que estructuran el conocimiento del grupo estudiado” (p. 132); en ese sentido, durante esta etapa del análisis se seleccionó la información relevante y se omitió la que no mostrara coincidencia con alguna de las cuatro categorías y subcategorías, y mediante una transcripción literal de la información, los datos fueron clasificados en cuatro grupos a los que se les asignó una etiqueta o código representativo para sintetizar su revisión.

Una vez que el proceso de categorización y codificación fue realizado, se dispuso de un conjunto de información relevante para los objetivos del trabajo, con lo cual se pudo realizar una triangulación. Esta etapa del análisis consistió, siguiendo a Cisterna (2005), en

La acción de reunión y cruce dialéctico de toda la información pertinente al objeto de estudio surgida en una investigación por medio de los instrumentos correspondientes, y que en esencia constituye el corpus de resultados de la investigación. Por ello, la triangulación de la información es un acto que se realiza una vez que ha concluido el trabajo de recopilación de la información. (p. 68)

Una vez realizada la triangulación de la información, se continuó con el análisis del contenido. Este análisis, según Abela (2002) “se trata de una técnica que combina intrínsecamente, y de ahí su complejidad, la observación y producción de los datos, y la interpretación o análisis de los datos” (p. 2). Además, siguiendo a Krippendorff, citado por el autor, esta técnica permite “formular, a partir de ciertos datos, inferencias reproducibles y válidas que puedan aplicarse a su contexto” (p. 3).



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Los principales resultados obtenidos a partir de las etapas aquí descritas se

presentan en el siguiente capítulo.
Facultad de Educación



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



Facultad de Educación

En el presente capítulo se describen los principales hallazgos de esta investigación.

En aras de mostrar los aspectos de mayor relevancia durante este proceso investigativo; para el análisis de la información se recurrió a dos categorías apriorísticas soportadas en los principios de la TASC: el conocimiento previo y la percepción sobre los recursos empleados, y el papel de la interacción social en el cuestionamiento. Sobre la primera categoría, cabe resaltar que, al representar un aspecto bastante amplio de la estructura cognitiva de los participantes, fue necesario subdividirla en tres subcategorías: el conocimiento previo en relación con la naturaleza de la luz, sobre la percepción de los AV y los SAD. Sobre la segunda categoría se determinaron las implicaciones que tuvo la interacción social entre los participantes, para la formulación de preguntas durante las actividades de intervención, y la relación de estos aspectos con el aprendizaje significativo crítico.

5.1. Categoría 1. Conocimiento previo y percepciones

Al iniciar el análisis de esta categoría, se pretendía indagar por el conocimiento previo en relación con la naturaleza de la luz, los AV y los SAD; sin embargo, con base en la información recolectada durante la implementación de la propuesta pedagógico-didáctica se identificó que con respecto a los AV existía un conocimiento previo muy superficial y sobre los SAD manifestaron no conocerlos. Razón por la cual, sobre estos dos últimos elementos se hizo énfasis en las percepciones de los profesores en formación sobre las potencialidades de estos recursos para el estudio de la naturaleza de la luz.



En esta subcategoría se encontró información sumamente relevante, ya que dos profesores en formación se refirieron a la luz como “una onda electromagnética”, mientras que los demás la explicaron en términos de partículas viajeras. En ese sentido, se determinó que todos los participantes de la investigación conocían alguno de los dos modelos que son empleados en la ciencia para describir su comportamiento.

Además, cuando se les preguntó por los fenómenos que caracterizan la luz, tres de los participantes (E1, E3 y E4) hablaron de la refracción y dos de ellos (E1 y E3) aludieron a la reflexión. Estos fenómenos junto con la intensidad, fueron el foco del diseño de la propuesta implementada; adicionalmente, los profesores en formación hicieron referencia a fenómenos como el relámpago, el arcoíris, la difracción y la dualidad de su comportamiento. Estos insumos permitieron asumir que todos los profesores en formación poseían en su estructura cognitiva conocimientos concernientes a situaciones representativas del estudio de la luz.

El papel del conocimiento previo en relación con la física, y de manera particular con la óptica, les permitió de manera recursiva y pertinente, a los profesores en formación, explicar situaciones experimentales, tales como las analizadas en la actividad diagnóstica. Por ejemplo, para el caso de un texto que se ve invertido a través de la pantalla del móvil, algunas de las explicaciones en las que se hizo mención a los conceptos de espejo, reflejo o rayos de luz fueron las siguientes: “*El texto queda en sentido contrario (al revés). Este fenómeno se podría dar debido a que si se considera que hay un rayo de luz incidente y el rayo luego se refleja en el espejo, la forma en que llega el rayo afecta la forma en que se ve*” (E1); “*al poner la pantalla del celular frente a un logotipo se observa que las letras*



Facultad de Educación
temas como los espejos cóncavos y convexos” (E2). Incluso E4 acompañó su explicación

con un diagrama, como se muestra en la Figura 2.

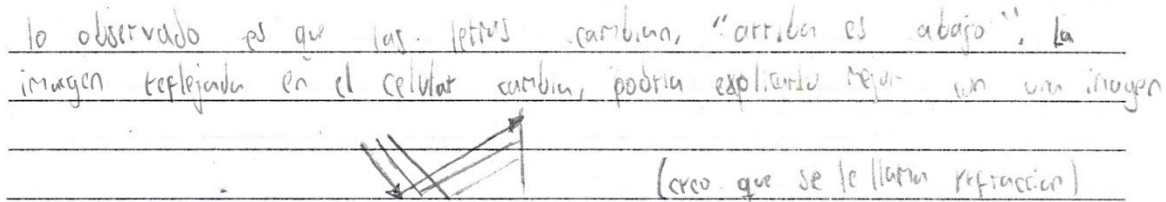


Figura 2. Esquema empleado por E4 para explicar una situación característica de la reflexión de la luz

Se halló, además, información relativa a la manera en que los profesores en formación experimentaron, empleando sus conocimientos previos sobre la luz, concretamente, al interactuar con los SAD. Si bien fue la primera experiencia de los participantes con estos sistemas, es importante resaltar que éstos pusieron en juego sus conocimientos previos para inferir los efectos que fuentes de luz externas al láser podían producir en sus mediciones; recurriendo así a diferentes estrategias para cubrir el fotodiodo.

El conocimiento previo de los participantes frente a la naturaleza de la luz estuvo enriquecido incluso por relaciones entre variables que ya conocían. Así, por ejemplo, E4 en la sección de formulación de preguntas de la actividad soportada en los AV, respondió al porqué de la diferencia entre ángulos de reflexión, incidencia y refracción, como sigue: “Esto se debe a la igualdad de la ley de Snell. El rayo al cambiar de medio cambia su ángulo de incidencia debido a la densidad del medio y al cambio de la velocidad de la luz”.



En esta categoría cabe mencionar que, inicialmente los participantes, en la actividad grupal soportada en los AV, mencionaron experiencias previas con el *software* Tracker; sin embargo, éstos se habían enfocado en los experimentos propios del campo de la mecánica y no de la óptica. En ese sentido, el uso de herramientas del *software* relativas a la medición de ángulos, se constituyó en nuevo conocimiento que fue puesto en interacción con los conocimientos previos de los participantes, a través del análisis de fotografías que revelaron el cambio de dirección de la luz cuando pasaba de un medio a otro o se reflejaba en la frontera entre éstos, como se muestra en la Figura 3.

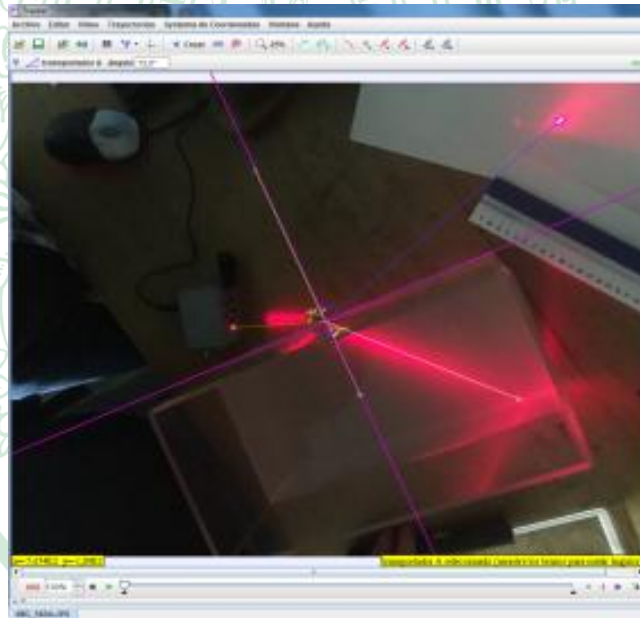


Figura 3. Análisis hecho por los participantes sobre los fenómenos de la reflexión y la refracción mediante el software Tracker.

La siguiente fotografía (Figura 4) presenta los montajes realizados por los profesores en formación durante la primera actividad de intervención, junto con las herramientas virtuales que proporcionó el AV para llevar a cabo el análisis de los fenómenos de la reflexión y refracción, mediante una comparación de los ángulos



Figura 4. Proceso de diseño de montajes para el estudio de la reflexión y la refracción de la luz.

Dentro los resultados de la investigación, se destacan los siguientes planteamientos de los profesores en formación: *“Con la aplicación Tracker observamos que el ángulo de incidencia y el reflejado con respecto a la normal tienen una medida muy similar, en cambio, el incidente con el refractado son de menor medida”* (E3 y E4); *“dicho software tiene grandes aportes en cuanto al análisis que se puede llevar a cabo, sea con una foto o un video, lo que hace que se logre una mayor precisión y comprensión en las actividades experimentales”* (E1).

En este orden de ideas, es pertinente mencionar que los profesores en formación reconocieron en el Tracker una forma de optimizar tiempo, para dedicar mayor tiempo al análisis de lo que fuese de su interés. E4 lo compartió, diciendo que *“El cálculo de datos mediante Tracker es muy sencillo, optimiza el tiempo y es suficientemente exacto para confiar en él”*. E2 manifestó que *“este mecanismo es de mucha ayuda, ya que por medio de*



esto, se evidenció en los participantes una apropiación de las principales herramientas del Tracker y su relación con la naturaleza de la luz, junto con el reconocimiento de la posibilidad de reducir la inversión de tiempo en los algoritmos matemáticos. Los registros de la actividad realizada dieron cuenta del conocimiento previo de los profesores en formación con respecto a la naturaleza de la luz en cuanto a la generación de preguntas, ya que los dos grupos emplearon los conceptos de aproximación de la luz como rayo, la reflexión y refracción de ésta para el diseño y apropiación del montaje experimental; el papel de la experimentación en la construcción del conocimiento científico y las variaciones que sobre ésta se hacen; en cuanto al manejo del *software*, se hizo énfasis en la valoración que los participantes hicieron del Tracker en su primera experiencia para el estudio de la luz y de las herramientas de óptica propias de éste.

5.1.3. Categoría 1.3. Percepciones sobre los sistemas de adquisición de datos

Para esta subcategoría de análisis, es importante mencionar que los participantes manifestaron no haber interactuado previamente con algún SAD; con lo cual, la actividad soportada en este recurso constituyó una experiencia nueva en la que sus conocimientos previos sobre la luz, la experimentación, y las relaciones entre variables cumplieron un papel de suma relevancia; así, para esta actividad se hizo hincapié en la descripción de la percepción que los estudiantes mostraron con respecto a este recurso como soporte para el estudio de la naturaleza de la luz. Las fotografías que se presentan en las Figuras 5 y 6 muestran, los montajes experimentales implementados por los dos grupos: G1 y G2, respectivamente. En ambos montajes aparecen los apuntadores, dirigiendo los rayos de luz

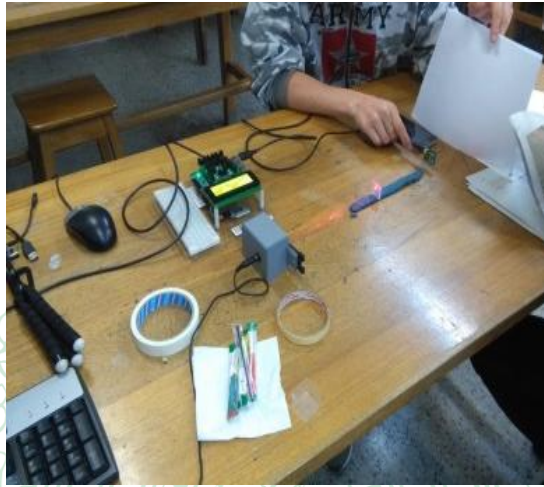


Figura 5. Montaje experimental diseñado por los participantes E1 y E2 para el estudio de la naturaleza de la luz durante la refracción.



Figura 6. Montaje experimental diseñado por los participantes E3 y E4 para el estudio de la naturaleza de la luz durante la refracción.

Ilustrados por lo anterior, los profesores en formación identificaron una relación entre la intensidad de la luz y la refracción que se producía en las placas de vidrio. En sus informes, los participantes aludieron esta relación mencionando que *“se pudo observar que al momento de analizar la intensidad cuando el rayo incide directamente al sensor y cuando este incide a través de un medio externo, la intensidad disminuye”* (E1 y



Los resultados evidenciaron, adicionalmente, que el papel que le otorgaron los participantes a los SAD para el estudio de la luz ubicó a estos recursos de las TIC como facilitadores y optimizadores. Tal como lo presentó uno de los profesores en formación (E4), éstos le permitieron realizar *“una observación más precisa de lo que ocurre en la luz”*, además manifestó que *“facilitan muchas cosas: ya no hay que utilizar tantos instrumentos, sino que todos están en uno”*; en el caso de E2, éste afirmó que *“estos sistemas más que todo agilizan los cálculos del procedimiento matemático”*.

En ese orden ideas, la información analizada para esta subcategoría sirvió como insumo para reconocer el papel de las TIC en el estudio de la luz como uno de los muchos campos de trabajo de la física, y cómo éstas le permitieron a los participantes reflexionar de forma cualitativa, cuantitativa y con cierta precisión, sobre el comportamiento de la luz en relación con su reflexión, refracción e intensidad.

En términos generales, para esta primera categoría de análisis se encontró información de sumo valor; los resultados de la intervención ofrecieron una oportunidad para acercarse a la forma en la que los participantes interactuaron con situaciones experimentales, ligadas al estudio de la luz y soportadas tanto por los AV como los SAD. Además de los conocimientos previos de los profesores en relación con los aspectos previamente descritos, hubo un elemento adicional de bastante relevancia durante la investigación; éste se presenta a continuación a través de la última categoría de análisis, cuyo foco de atención es la interacción social y el cuestionamiento, como principios facilitadores del aprendizaje significativo crítico.



5.2. Categoría 2. El papel de la interacción social en el cuestionamiento

Facultad de Educación

Para esta categoría, la información recolectada permitió describir el cuestionamiento por parte de los estudiantes a lo largo de las actividades desarrolladas, a partir de la interacción mutua que entre ellos se dio.

Se encontró durante la actividad diagnóstica que al compartir significados durante la experimentación, se pudieron resolver algunas preguntas o generar nuevas. Para la explicación de la inversión de los colores sufrida por una figura vista a través de un vaso con agua, se halló información importante sobre la manera en que el profesorado en formación aprovechó la interacción social: E2 ubicó el objeto que se muestra en la Figura 7 de forma vertical, de tal manera que en sus observaciones no se registró cambio alguno en la figura y se preguntó al respecto de esta invariancia. A partir de esto E3, le sugirió pintar un punto junto a la figura (Figura 8), para que verificara su cambio de posición a través del vaso con agua; con lo cual, verticalmente se encontrarían variaciones en la figura a través del vaso. Esta situación evidenció el aporte que tuvo la interacción social para quien formuló la pregunta: impulsado por la presencia de personas adicionales, compartió un evento en el cual se encontró con una situación inesperada, formulando a su vez algunas preguntas que, posteriormente, serían analizadas por sus compañeros.



Figura 7. Figura de colores visualizada a través de un vaso con agua.

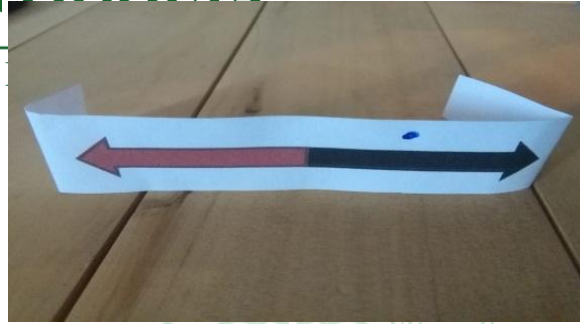


Figura 8. Marca hecha en la figura de colores para el estudio de la naturaleza de la luz.

Otro de los hallazgos que se encontraron en relación con la interacción social resultó de la propuesta de uno de los participantes durante la actividad diagnóstica para ubicar, no un vaso entre el observador y la imagen, sino dos. Esto detonó inmediatamente varios cuestionamientos: “¿Cómo se puede predecir la forma en que ha de variar la dirección de las flechas si se usan dos vasos?” (E1); “¿qué pasaría si pusiéramos tres vasos?” (E4); “¿cómo varía el fenómeno si cambiamos el fluido?” (E1).

Así, lo anterior desencadenó una evidencia del papel de la interacción social en el cuestionamiento, y de cómo éste propicia nuevamente oportunidades para que la interacción se mantenga en el proceso de aprendizaje. Esto se muestra en la situación descrita previamente, al notar que un profesor en formación propuso algo mientras interactuaba y se cuestionaba con sus compañeros, posteriormente llevando a cabo la situación experimental determinante para resolver este cuestionamiento y finalizando con algunas conclusiones y nuevas preguntas al respecto.

Sugerirles a los profesores en formación durante todas las actividades, que formularan preguntas con respecto a aquello que analizaban, llevó a la generación de cuestionamientos de sumo valor para el estudio de la luz. Para la actividad soportada en los AV, se encontraron preguntas que suscitaban una necesidad por la experimentación, cuyo origen provino de interacciones entre los participantes. Algunos de estos cuestionamientos



fueron: “¿Por qué los ángulos de incidencia, reflexión y refracción no son iguales?” (E4);

Facultad de Educación
“¿por qué el ángulo de refracción es menor al de reflexión?” (E3), “¿Cómo afecta el medio y el recipiente (material) al fenómeno de refracción?” (E1).

Estas preguntas ilustradas por la actividad soportada en el Tracker, develaron el potencial de este recurso TIC en el cuestionamiento, permitiéndole a los participantes analizar una situación cuantas veces quisieran en el ordenador, reflexionando sobre el comportamiento de la luz y formulando preguntas, que, en la línea de la TASC, no son más que los orígenes de procesos de construcción de conocimiento.

En relación con la actividad experimental soportada en los SAD, los participantes indagaron sobre la absorción por parte del material que se produce durante la refracción de la luz, cuestionando si ésta se producía sólo en el vidrio o también en el aire. En aras de responder a la pregunta, realizaron un montaje de láminas de vidrios separados (Figura 9), identificando así en las mediciones hechas por los SAD que la absorción por parte del aire era mínima, e incluso despreciable para dicha situación, comparada con la hecha por las placas de vidrio.

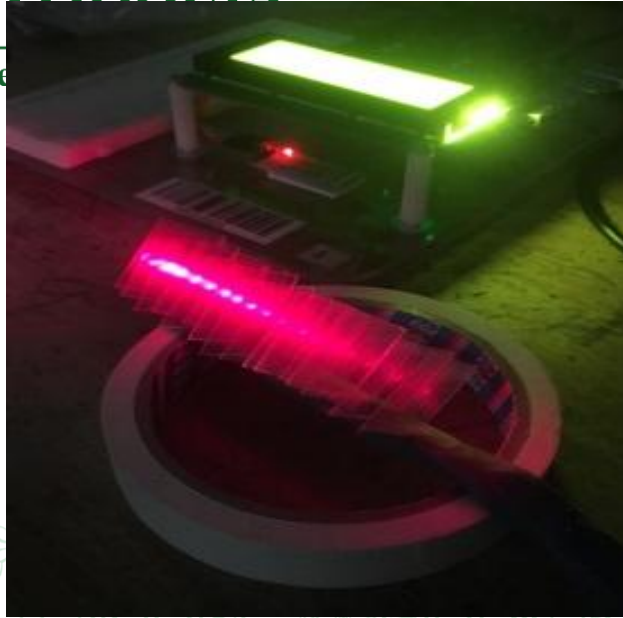


Figura 9. Diseño experimental hecho por los estudiantes para estudiar la intensidad de la luz durante la refracción.

Impulsados por esta misma actividad y manteniendo la interacción con sus compañeros, los participantes formularon preguntas con las que se extendió el objetivo de dicha actividad. Algunas se enfocaron en la variedad de instrumentos y formas de experimentar sobre la luz y su intensidad; es decir, ir más allá de la situación particular de aquel momento, dirigiendo la atención a una amplitud de posibilidades para estudiar la física, particularmente la luz. Otras hicieron hincapié en el efecto que las variables externas al experimento tuvieron en sus resultados, motivando posteriormente la respuesta a estas preguntas por parte ellos.

Estas preguntas formuladas por los participantes develaron una curiosidad epistemológica, a la que Moreira (2000) se refiere cuando hay una aproximación a los objetos cognoscibles, que en el presente caso se relacionaron con la naturaleza de la luz. Algunas de aquellas se muestran como sigue:

- “¿Qué pudo haber afectado los resultados del experimento?” (E1).



Facultad de Educación

refractada, y a su vez el que arroja el sistema sin filtro alguno para el rayo?” (E3).

- *“¿Por qué al separar los filtros no altera la intensidad que recibe el fotodiodo?” (E4).*
- *“¿Por qué hay materiales que reflejan o refractan más la luz?” (E4).*
- *“Si no se tuviera el sensor utilizado, ¿de qué otra forma se puede medir la intensidad de la luz?” (E1).*

Sobre estas preguntas, en relación con los principios de las TASC, se encontró en la información recopilada que los participantes concebían éstas como formas de construir conocimiento. Se tienen, por ejemplo, los siguientes registros de planteamientos hechos por ellos durante la entrevista semiestructurada: *“mirar de dónde salieron ese tipo de cosas (...), porque a base de preguntas se llega a las raíces de las cosas” (E4); “es lo que estamos estudiando, es lo que nos apasiona y esas inquietudes es con lo que convivimos nosotros, y ahí encontramos un medio, un espacio para compartir lo que cada uno podía entender del resultado o de las observaciones” (E3).*

En ese sentido, a lo largo de la intervención se encontraron preguntas que promovieron nuevas formas de experimentar, la realización de cambios en los materiales, la exploración de las limitaciones de una situación experimental y todo ello, proveniente de los conocimientos previos de los participantes, junto con la interacción de estos entre sí. La Tabla 6 sintetiza las características evidenciadas en las diferentes preguntas.

Tabla 6. *Características de las preguntas registradas acompañadas de un ejemplo representativo*

Característica de la pregunta	Pregunta representativa
Nuevas formas de experimentar: Preguntas que promueven la consideración de formas alternativas para estudiar la luz, enriqueciendo, en ese sentido, la reflexión de la relación teoría-experimento de la	<i>“si no se tuviera el sensor utilizado, ¿de qué otra forma se puede medir la intensidad de la luz?” (E1).</i>



Cambios en los materiales empleados:
Indagaciones sobre los resultados de un experimento cuando se generan variaciones en sus condiciones iniciales o variables representativas.

Limitaciones de una situación experimental:
Preguntas que, previamente, contienen la asunción de la ciencia como una actividad que posee limitaciones, y que las reflexiones sobre las mismas hacen parte del mismo estudio y trabajo científico.

“¿Depende de la forma del recipiente o del material?” (E4).

“¿Qué pudo haber afectado los resultados del experimento?” (E1)

Este tipo de cuestionamientos, siguiendo a Moreira (2000), fueron, en ese sentido, evidencias de un aprendizaje cuestionador y en el que se omitieron irrelevancias; esto es, mostraron rasgos característicos de un aprendizaje significativo crítico. Siguiendo esto, la interacción social cumplió un papel fundamental en el cuestionamiento, ya que promovió la construcción de conocimiento, puesto que éste, de acuerdo con el autor, es concebido como la respuesta a alguna pregunta. En uno de los participantes (E4) se hizo bastante evidente este planteamiento, al compartir lo siguiente durante la entrevista semiestructurada:

“cuando estuvimos en la primera actividad, hubo alguien que puso dos vasos. Era la concavidad del vaso la que producía la distorsión, pero luego hubo alguien que se le ocurrió poner dos vasos a ver si esa distorsión se cuadraba al poner los dos vasos, porque claro, uno la invertía y el otro lo cuadraba, y empezamos a hacernos preguntas a base de ese hecho, de poner dos vasos consecutivos. Y a mí no se me habría ocurrido poner dos vasos consecutivos”.

Posteriormente, al preguntarle a este participante por el papel de sus compañeros en las actividades de estudio de la luz, manifestó que “Los compañeros son muy importantes, la verdad, porque permiten que haya más creatividad. Algo más versátil en el sentido que la actividad sea más movida, más versátil. Sin compañeros uno prácticamente va a lo que



muchas maneras distintas, cosa que no se me había ocurrido a mí”. Esta clase de comentarios, dejaron ver que los participantes se encontraban en un posición diferente al de receptores pasivos; se identificaron, por el contrario, como sujetos que negociaron significados durante su interacción con otros, dudando de las construcciones humanas que constituyen el conocimiento de cualquier área, generando múltiples preguntas al respecto, lo cual, en consecuencia, permitió asumir que los profesores en formación exhibieron evidencias de criticidad en sus aprendizajes.

En general, esta categoría permitió describir las implicaciones que tuvo la interacción social en las actividades de formulación de preguntas llevadas a cabo durante la intervención. Así, con esta categoría se finaliza el análisis de la información recolectada en la investigación.



6.1. Conclusiones

En este trabajo se encontró que la propuesta pedagógico didáctica soportada en el uso de recursos tecnológicos como los AV y los SAD, junto con recursos convencionales, generó espacios para que los profesores en formación negociaran significados con sus compañeros durante la explicación de fenómenos alusivos a la naturaleza de la luz.

Dentro de los hallazgos relacionados con el objetivo específico *Identificar el conocimiento previo de los profesores en formación en relación con la naturaleza de la luz y sus percepciones sobre los AV y los SAD*, se encontró que el conocimiento previo sobre la naturaleza de la luz posibilitó la interacción con el nuevo conocimiento y una mayor apropiación de éste; y en lo relativo a sus percepciones sobre los recursos utilizados, se destacan potencialidades referentes a la precisión para la realización de medidas, la optimización del tiempo en la toma de las mismas, la omisión de ciertos algoritmos matemáticos para la obtención de datos y la agrupación de diversas funciones en un mismo recurso.

Sobre el objetivo específico relacionado con *Describir el papel de la interacción social en el cuestionamiento durante la implementación de una propuesta pedagógico-didáctica soportada en los SAD y los AV*, se identificó que el cuestionamiento es una actividad humana que responde a la construcción de conocimiento; además, éste se vio supremamente nutrido por la interacción registrada entre los profesores en formación. Fue evidente que la negociación de significados entre pares, les permitió a los participantes formular diversos cuestionamientos enfocados a la profundización del aprendizaje de la



La interacción social se mostró como un potenciador del cuestionamiento. Algunos de los participantes lo manifestaron así durante la investigación, mencionando incluso que, dentro de los aspectos trabajados, hubo muchos que se lograron únicamente por la presencia de los compañeros. En consecuencia, sobre las principales implicaciones que se encontraron para los resultados obtenidos en las actividades de formulación de preguntas se halló que la interacción social permitió una mayor versatilidad en el desarrollo de actividades, detonando cuestionamientos y procedimientos sorprendidos en los grupos de trabajo de una manera gratificante para los procesos de aprendizaje, dirigiendo la atención de los participantes a elementos enriquecedores en el estudio de la física, particularmente de la luz.

A lo largo de esta investigación se puso de manifiesto, en términos generales, que la propuesta pedagógico-didáctica soportada en los AV y los SAD, y orientada por los principios 1 y 2 de la TASC, promovió alternativas para que los profesores en formación de la Licenciatura en Matemáticas y Física estudiaran los fenómenos de la reflexión y la refracción, aprendiendo de manera significativa y crítica sobre la naturaleza de la luz.

En cuanto al ámbito científico, particularmente de la física, este trabajo de grado propició una oportunidad para realizar un acercamiento a dos recursos tecnológicos recientemente empleados para la enseñanza de la física. Esta investigación, en consecuencia, presentó una valiosa oportunidad para estudiar la relación entre los SAD y los AV con una teoría de aprendizaje que, al igual que estos recursos, exhibe un gran potencial investigativo y afinidad para el aprendizaje de la física, tal y como se evidenció con el estudio de la naturaleza de la luz por parte de los profesores en formación, lo cual



permitió ir más allá de aspectos meramente descriptivos o algorítmicos en el estudio de la física. **Facultad de Educación**

Finalmente, cabe mencionar que el aporte que tiene la realización de este trabajo a la formación como futuro profesor es bastante amplio. Inicialmente se concibe en este ejercicio una forma de fortalecer las habilidades de lectoescritura, ya que éstas son fundamentales para la labor docente; siempre, como profesores y como humanos, la escritura y la lectura proporcionarán crecimiento personal y apertura a los nuevos y ya existentes discursos. Además, el trabajo del profesor se encuentra estrechamente ligado al contacto con los contextos socioculturales, lo cual ubica a la interpretación como insumo principal de la interacción con personas; en consecuencia, el ejercicio investigativo de tipo cualitativo que se realizó, aportó una experiencia significativa respecto al contacto con los sujetos y al estudio de su realidad; la cual, más que un asunto sólo descriptible, se trata de algo interpretable, que a su vez enriquece las habilidades o competencias para intervenir en la misma, contribuyendo al mejoramiento de las condiciones educativas que actualmente vive el país.

6.2. Recomendaciones

Es pertinente mencionar que las reflexiones en torno al proceso investigativo se orientaron desde una perspectiva cualitativa y valorativa, acorde al paradigma investigativo adoptado; a partir de esto, se sugiere que para un futuro trabajo afín a esta línea de investigación, éste se aborde desde este mismo enfoque metodológico, en aras de indagar por nuevas evidencias que cualifiquen los procesos de construcción de conocimiento.

Adicionalmente, para quienes deseen llevar a cabo una investigación en este mismo campo, es importante tener en consideración algunos asuntos relacionados con lo siguiente:



- Una familiarización previa con el uso de los recursos.

Facultad de Educación

- La importancia del trabajo en grupo durante las actividades para favorecer la interacción social y la negociación de significados.
- No se requiere de un dominio de lenguajes de programación para el uso de los AV y los SAD.
- El uso de estos recursos no precisa de conexión a internet, excepto para la descarga del *software* Tracker.
- Disposición de un espacio físico apropiado para la interacción con la luz.

Sería ambicioso suponer que todo lo relativo a los SAD y los AV en relación con la naturaleza de la luz, y en general con la física, ha quedado resuelto en este trabajo. En ese sentido, se formulan las siguientes preguntas que dan pie a contemplar futuras investigaciones en un campo tan promitante como el de las TIC para la enseñanza de la física. Estas son: ¿Qué aportes al aprendizaje significativo crítico de la física tiene el uso de los recursos AV y SAD con grupos numerosos? ¿Qué implicaciones en el aprendizaje de la naturaleza de la luz tiene el uso de estos recursos con la participación de profesores en formación de niveles avanzados o en ejercicio? ¿Qué aportes tendrían los SAD y los AV para procesos de estudio interdisciplinarios, en los que no sólo la física se tome como fundamento conceptual? ¿Cómo contribuyen otros recursos TIC al aprendizaje significativo crítico de la física?



Facultad de Educación

Abela (2002). *Las técnicas de análisis de contenido: una revisión actualizada*. Sevilla:

Fundación Centro de Estudios Andaluces.

Alzate y Sierra (2000). El diario de campo. Instrumento de trabajo educativo. *Gaceta didáctica*, 3, 11 – 13.

Araujo y Veit (2008). *Anais da 14 Jornada nacional de educação*. Santa María: Editora da Unifra.

Arribas, Beléndez, Nájera, Márquez, Villalba, Gallego, Ortuño, Francés, Álvarez, Neipp y Pascual (2012). Some activities on educational technology innovation in Physics, optics and telecommunications. *Latin-American Journal of Physics Education*, 6(1), 296-300.

Ayala (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-Posições*, 17(1), 19-37.

Bagnato y Pratavieira (2015). Luz para o progresso do conhecimento e suporte da vida. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 37(4), 4206-1 – 4206-8.

Bernal (2010). *Metodología de la investigación. Administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Bogotá D.C.: Pearson Education.

Bonilla y Rodríguez (1997). *La investigación en ciencias sociales. Más allá del dilema de los métodos*. Bogotá D.C.: Ediciones Uniandes.

Bravo, Eguren y Rocha (2010). El rol del docente en la enseñanza de la visión en educación secundaria. Un estudio de caso. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9(2), 283-375.



Brown y Cox (2009). Innovative uses of video analysis. *The Physics Teacher*, 47(3), 145-150.

Capuano (2011). El uso de las TIC en la enseñanza de las ciencias naturales. *Virtualidad, educación y ciencia*, 2 (2), 79-88.

Cardona y López (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), e4404-1 - e4404-11.

Carvalho y Han (2016). A simple experimental setup for teaching additive colors with arduino. *The Physics Teacher*, 54(4), 244-245.

Cavalcante, Castro y Balatón (2016). Estudo das cores com o Arduino Scratch e Tracker. *Física na Escola*, 14(1), 27 – 33.

Cervantes, Rubio, y Prieto (2015). Una propuesta para el abordaje de la refracción y reflexión total interna utilizando el GeoGebra. *Revista do Instituto GeoGebra de São Paulo*, 4(1), 18-28.

Cisterna (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria*, 14(1), 61 – 71.

Corrêa y Almeida (2011). Relatos de aulas de óptica no ensino médio: o quê eles nos revelam sobre a atuação do professor?. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 28(2), 297- 324.



- Faria, Reis y Peralta. (2016). La formación de profesores: ¿formación continua o formación postgraduada? Perspectivas de profesores y de líderes de las escuelas. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 19(2), 289-296.
- Gagliardi, Giordano y Recchi, (2006). Un sitio web para la aproximación fenomenológica de la enseñanza de la luz y la visión. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didáctica*, 24 (1), 139-146.
- Galeano (2004). *Estrategias de investigación social cualitativa. El giro de la mirada*. Medellín: Editorial Lealon.
- González (2008). ¿Qué es la luz?. *Latin-American Journal of Physics Education*. 2(1), 51-53.
- Haag, Araujo y Veit (2005). Por que e como introducir a aquisição automática de dados no laboratório didático de física?. *Física na Escola* 6 (1), 69-74.
- Hernández, Fernández y Baptista (2010). *Metodología de la investigación*. Mc Graw-Hill: Ciudad de México.
- Hernández y Hernández (2011). Hacia un modelo dinámico y eficiente de formación del profesorado. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 14 (1), 53-66.
- Hurovich, Azpiazu, Cucci y Joselevich (2015). Hacia la integración de las TIC en el aula: una propuesta de trabajo sobre cinemática utilizando sensores electrónicos de distancia. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27(extra), 525-531.
- Krapas (2011a). Livros didáticos: Maxwell e a transposição didática da luz como onda eletromagnética. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 28(3), 564-600.



- Llera, Scagliotti y Jorge (2017). Conectando ciencias: interfaces educativas usando el entorno Arduino. *Revista de Enseñanza de la Física, 29(extra), 381-389.*
- López, Araujo y Veit (2012). El uso del diagrama AVM como instrumento para la implementación de los principios de la teoría del aprendizaje significativo crítico en actividades de modelación computacional para la enseñanza de la física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 29(especial 2), 935-964.*
- López, Veit y Araujo (2014a). La formulación de preguntas en el aula de clase: una evidencia de aprendizaje significativo crítico. *Ciência & Educação, 20(1), 117-132.*
- López, Veit y Araujo (2014b). La modelación computacional con diagrama AVM en la formación de profesores de física: un aporte al desarrollo de una visión crítica sobre la ciencia y la modelación científica. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias, 9(2), 58-72.*
- Lupión y Blanco (2016). Reflexión sobre la práctica de profesorado de ciencias de secundaria en un programa formativo en torno a la competencia científica. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 19 (2), 195-206.*
- Macías (2007). Las nuevas tecnologías y el aprendizaje de las matemáticas. *Revista Iberoamericana de Educación, 4 (42), 1-17.*
- Martín y Lupión (2014). Profesorado de ciencias en formación inicial ante la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias: ¿perfil innovador o tradicional?. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 17 (1), 149-163.*
- MINTIC (2009). *Ley 1341 de 2009*. Recuperado de <https://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-3707.html>



Moreira (2000). *Actas del III Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo*, 33-45.

Moreira (2006). *Conferência de cierre del V Encontro Internacional sobre Aprendizaje Significativo*.

Moreira (2014). Enseñanza de la física: aprendizaje significativo, aprendizaje mecánico y criticidad. *Revista de Enseñanza de la Física*. 26(1), 45-52.

Moura (2016). Newton versus Huygens: como (não) ocorreu a disputa entre suas teorias para a luz. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 33(1), 111-141.

Navarrete, Almaguer, Navarrete y Flores (2015). El análisis de video como alternativa para la integración de teoría y práctica en los cursos introductorios de física. *Latin-American Journal of Physics Education*, 9(3), 3402-1 – 3402-8.

Oon y Subramaniam (2009). The nature of light: I. A historical survey up to the pre-Planck era and implications for teaching. *Physics Education*, 44(4), 384-391.

Osuna, Martínez, Carrascosa y Verdú (2007). Planificando la enseñanza problematizada: el ejemplo de la óptica geométrica en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(2), 277-294.

Porto y Mosteiro (2014). Innovación y calidad en la formación del profesorado universitario. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 17 (3), 141-156.

Rahnama (2015). Shedding light on the concept of light pressure. *Latin-American Journal of Physics Education*, 9(3), 3302-1 – 3302-4.



Facultad de Educación. movimiento oscilatorio. *Latin-American Journal of Physics Education*, 11(1), 1307-1 – 1307-4.

Rodrigues y Carvalho (2014). Teaching optical phenomena with Tracker. *Physics Education*, 49(6), 671-677.

Rodrigues, Marques y Carvalho (2016). How to build a low cost spectrometer with Tracker for teaching light spectra. *Physics Education*, 51(1), 014002.

Romero, Morcillo, García, Tobón, Quinto, Mejía, Amelines, Giraldo y Aguilar (2017). *La experimentación en la clase de ciencias. Aportes a una enseñanza de las ciencias contextualizada con reflexiones metacientíficas*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.

Rúa, Gómez, Salazar, y Aguilar (2013). A propósito de la óptica newtoniana: un proceso de recontextualización en la enseñanza de la física. *Revista Electrónica EDUCyT*, (extraordinario) 1-16.

Silva y Martins (2009). Jurí simulado: um uso da história e filosofia da ciencia no ensino da óptica. *Física na Escola*, 10(1), 17-20.

Sokoloff (2012). Active learning of introductory optics: Strategies for the U.S. and the developing World. *Latin-American Journal of Physics Education*, 6(1), 16-22.

Sokoloff (2016). Active learning strategies for introductory light and optics. *The Physics Teacher*, 54(1), 18-22.

Souza, Silva, Huguenin y Balthazar, 2015. Discutindo a natureza ondulatória da luz e o modelo da óptica geométrica através de uma atividade experimental de baixo custo. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 37(4), 4311-1 – 4311-6.

Stake (2010). *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Ediciones Morata, S.L.



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

UNESCO (2014). *Enfoques estratégicos sobre las TIC en educación en América Latina y*

Facultad de Educación
el Caribe. Santiago: UNESCO.

Vázquez, Jiménez, Mellado Jiménez y Martos (2009). Formación y Enseñanza de las Ciencias. Estudio de caso de una profesora de Ciencias de Secundaria. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 12 (3), 99-109.



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3



Facultad de Educación

En esta última sección del trabajo, se anexan los documentos mencionados a lo largo del análisis de los resultados que representan los de los cuestionarios utilizados dentro de las técnicas e instrumentos de recolección de información de la investigación. Además, se muestra el consentimiento informado con el que se explicita el uso meramente académico de la información.



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3



Facultad de Educación

**PROTOCOLO DE COMPROMISO ÉTICO Y ACEPTACIÓN DE LOS Y LAS
PARTICIPANTES EN LA INVESTIGACIÓN**

**APORTE DE UNA PROPUESTA PEDAGÓGICO-DIDÁCTICA SOPORTADA EN LOS
SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y LOS ANALIZADORES DE VIDEO AL
APRENDIZAJE DE LA NATURALEZA DE LUZ**

Investigador:

Jorge Andrés Hernández González

La presente investigación tiene como propósito el análisis del aporte que los analizadores de video y los sistemas de adquisición de datos tienen para el aprendizaje significativo crítico de la naturaleza de la luz, mediante una propuesta pedagógico-didáctica con la participación de estudiantes del curso de Física de la Luz de la Licenciatura en Matemáticas y Física. Estos dos recursos hacen parte de las múltiples dimensiones y categorías en las que se pueden clasificar las TIC, por lo cual, se espera con esta investigación que los profesores en formación se apropien de alternativas innovadoras para la enseñanza de la física.

El desarrollo de la investigación está contemplado durante el semestre 2018-2. La recolección de información dentro de la investigación requiere procedimientos propios de la metodología de investigación cualitativa, tales como la observación participante, la entrevista semiestructurada, el registro audiovisual y el desarrollo de actividades propuestas para la intervención.

Confidencialidad:

Entendemos como imperativo y deber, hacer uso adecuado y discrecional de la información recolectada en el marco de esta investigación, con el único fin de lograr los objetivos del estudio en cuestión. El uso discrecional y adecuado de la información recogida y de su análisis, implica que la misma sólo será utilizada para los propósitos enunciados en el marco de este trabajo investigativo, que se evitará la alusión a nombres propios y se valorará con respeto y responsabilidad los aportes de cada uno de los participantes. Los análisis y resultados serán dados a conocer en primera instancia a los participantes. Desde esta perspectiva, la persona que firma este documento autoriza a los investigadores para que las fuentes de información como escritos, entrevistas, observaciones, fotos, grabaciones en audio y video, etc.; se constituyan en datos para dicha investigación, y puedan ser publicados en el informe final de investigación, así como en cualquier otro medio de divulgación como eventos académicos, publicación en revistas, entre otros. Gracias por su colaboración.

Aceptación de la participación:



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Después de haber leído y comprendido completamente la información suministrada en este documento, y de que los investigadores han resuelto mis inquietudes, voluntariamente doy mi consentimiento para participar de forma libre y autónoma en la investigación “aporte de una propuesta pedagógico-didáctica soportada en los sistemas de adquisición de datos y los analizadores de video al aprendizaje de la naturaleza de luz”.

Facultad de Educación

FIRMA DEL PARTICIPANTE

FECHA



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



Facultad de Educación

Diagnóstico inicial para actividad experimental sobre la naturaleza de la luz: El caso de la reflexión y la refracción.

Estudiante: _____ **Fecha:** _____

Responde a las siguientes preguntas

a. ¿Qué es para ti la luz?

b. ¿Qué fenómenos son característicos de la luz?

c. Utiliza un espejo o la pantalla de tu teléfono móvil apagado frente algún texto de tu cuaderno, logotipo de algún producto que tengas a la mano y léelo a través del espejo. Describe qué le sucede a este texto y explica lo observado.

d. Introduce un lápiz en un vaso con agua con la punta hacia el fondo. Mira el lápiz desde el extremo opuesto hacia la punta. Describe lo que observas y explícalo.



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

e. ¿A qué fenómenos de la física consideras hacen referencia las situaciones planteadas anteriormente?

Facultad de Educación

f. ¿Qué otras situaciones físicas se explican de manera similar?

Espacio para el planteamiento de preguntas

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



Facultad de Educación

Actividad 1. Uso del Tracker para el estudio de la naturaleza de la luz: El caso de la reflexión y la refracción.

Estudiantes: _____ Fecha: _____

Objetivo: Analizar fenómenos que ilustran la reflexión y la refracción de la luz mediante el *software* Tracker.

Materiales: Cubeta de acrílico, agua, apuntador láser, espejo, papel, leche, cámara fotográfica.

Realiza lo siguiente agrupándote con otro compañero.

- a) Utilizando los materiales disponibles, realiza un montaje experimental que te permita evidenciar los fenómenos de la reflexión y la refracción de la luz. Explica lo que sucede, y analiza con el *software* Tracker algunos de los modelos que se pueden emplear allí.
- b) Ilustrados por la actividad anterior, formula una pregunta para que tu compañero(a) la responda, y responde una pregunta formulada por éste(a).

Pregunta formulada por

 UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1 8 0 3

Pregunta formulada por

 UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1 8 0 3



Facultad de Educación

Actividad 2. Uso de Sistemas de Adquisición de Datos para el estudio de la naturaleza de la luz: El caso de la relación entre la reflexión y la refracción con la intensidad de la luz.

Estudiantes: _____ **Fecha:** _____

Objetivo: Analizar la relación existente entre los fenómenos de la reflexión y la refracción con la intensidad de la luz.

Materiales: Juego de 15 pequeñas placas cuadradas de vidrio, apuntador láser, fotodiodo sujeto a una plataforma Arduino, papel, plastilina.

Introducción al sistema empleado: Para esta actividad se cuenta con un sistema de adquisición de datos compuesto por los siguientes elementos. Un fotodiodo, cuya principal función es la de convertir los estímulos dados por una fuente luminosa en cambios de corriente eléctrica. Estas variaciones de corriente o señales son acondicionadas por una placa Arduino, que a su vez las modifica digitalmente para el procesamiento de datos, que posteriormente pueden ser analizados en una computadora. En conjunto, los objetos anteriores constituyen un sistema de adquisición de datos relativo a la intensidad de la luz. La siguiente figura representa el sistema completo.



- a) Utilizando los materiales disponibles, diseña con tu compañero un procedimiento experimental que les permita describir la relación que hay entre fenómenos de la



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

reflexión y la refracción, con la intensidad de la luz. Explica lo que sucede en la situación diseñada. Describe el papel que cumplió el sistema de adquisición de datos para dicho diseño.



b) Dialoga con tu compañero e identifica una relación entre el número de placas de vidrio, el fotodiodo y la intensidad de la luz.



c) Ilustrados por la actividad anterior, formula una pregunta para que tu compañero(a) la responda, y responde una pregunta formulada por éste(a).

Pregunta formulada por





**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Facultad de Educación

Pregunta formulada por



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3



Facultad de Educación
Actividad evaluativa de la intervención didáctica

Estudiante: _____ **Fecha:** _____

a. ¿Qué es para ti la luz?

b. Formula algunas preguntas con respecto a este objeto de estudio de la física que te surjan a partir de las actividades realizadas.

c. ¿De qué manera te apoyó el *software* Tracker en las actividades relativas al estudio de la luz?

**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3



- d. ¿De qué manera te apoyaron los Sistemas de Adquisición de Datos en las actividades relativas al estudio de la luz?

- e. ¿Qué características puedes destacar del trabajo en grupo para tu proceso de aprendizaje, a partir del desarrollo de estas actividades?



Facultad de Educación

- ¿Cómo te parecieron las actividades de formulación de preguntas?
- ¿Habías tenido actividades similares en otros momentos?
- ¿Qué grado de complejidad tuvo para ti la actividad de formulación de preguntas?
- ¿Qué aspectos consideras que originan la formulación de preguntas?
- ¿Se vieron favorecidas estas actividades por la presencia de tus compañeros?
- ¿Cómo afectaron éstos, en general, el desarrollo de las actividades?

