



ALGUNAS EXPLICACIONES SOBRE LA ACCIÓN DE VER OBJETOS OPACOS RESULTADO DE EXPERIENCIAS CON ESTUDIANTES DE GRADO UNDÉCIMO

SOME EXPLANATIONS OF THE ACTION OF SEEING OPAQUE OBJECTS AS A RESULT OF EXPERIENCES WITH ELEVENTH GRADE STUDENTS

ALGUMAS EXPLICAÇÕES SOBRE A ACÇÃO DE VER OBJETOS OPACOS RESULTANTE DAS EXPERIÊNCIAS COM ALUNOS DO DÉCIMO PRIMEIRO ANO

Marlon Camilo Aldana Boada^{✉*}, Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda^{✉**}

Cómo citar este artículo: Aldana, M. y Hernández, L. (2023). Algunas explicaciones sobre la acción de ver objetos opacos resultado de experiencias con estudiantes de grado undécimo. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 18(2), 288-300. DOI: <https://doi.org/10.14483/23464712.19551>

Resumen

En este artículo se muestra el análisis de uno de los momentos presentados en una tesis de posgrado elaborada por los autores. A partir de la pregunta “¿Cuáles son las representaciones y explicaciones que pueden generar los estudiantes de grado undécimo sobre los fenómenos de la reflexión y refracción de la luz, a través de una serie de experiencias y experimentos dirigidos por los docentes?”, se presentan algunas ideas de pensadores a través de la historia, como Euclides, Alhazen, Kepler y Newton. Se aborda el papel de la experiencia y el experimento en la Enseñanza de las Ciencias. Con estos elementos, se plantea una propuesta de aula basada en experiencias y experimentos que posibiliten la construcción de explicaciones respecto al fenómeno de ver un objeto. Por su parte, mediante la sistematización de una sesión virtual de clase con estudiantes de grado undécimo de un colegio de Bogotá, ubicado en la localidad de Bosa, se constituyeron diferentes criterios de análisis con base en las explicaciones que estos le dan al fenómeno de estudio. Por último, se identificaron aspectos relacionados con la acción de ver mediante explicaciones verbales y representaciones, como la importancia de la luz, la posición del observador, las fuentes de luces primarias y secundarias, y los objetos opacos o no opacos.

Palabras clave: reflexión, Enseñanza de las Ciencias, acción de ver, representaciones, explicaciones verbales, experiencia y experimento.

Recibido junio de 2022; aprobado diciembre de 2022

* Magíster en Docencia de las Ciencias Naturales, Colegio Agustiniño Ciudad Salitre, Colombia. Correo electrónico: mcaldanab@gmail.com

** Magíster en Docencia de las Ciencias Naturales, Colegio de Inglaterra: The English School, Colombia. Correo electrónico: linahsc@gmail.com.

Abstract

This paper shows the analysis of one of the moments presented in a graduate thesis elaborated by the authors. From the question: What representations and explanations can students generate eleventh grade on the phenomena of reflection and refraction of light, through a series of experiences and experiments led by teachers? Some ideas of thinkers throughout history such as Euclid, Alhazen, Kepler and Newton are presented. The role of experience and experiment in science education is addressed. With these elements, a classroom proposal is proposed based on experiences and experiments that make possible the construction of explanations regarding the phenomenon of seeing an object. On the other hand, through the systematization of a virtual classroom session with eleventh grade students of a school in Bogotá, located in the district of Bosa, different criteria of analysis were constituted based on the explanations that they give to the phenomenon under study. Finally, aspects related to the action of seeing were identified through verbal explanations and representations, such as the importance of light, the position of the observer, primary and secondary light sources, and opaque or non-opaque objects.

Keywords: reflection, Science Teaching, action of seeing, representations, verbal explanations, experience and experiment.

Resumo

Este artigo exposição a análise de um dos momentos apresentados numa tese de pós-graduação elaborada pelos autores. A partir da pergunta: Quais são as representações e explicações que podem gerar os estudantes de grau undécimo sobre os fenômenos da reflexão e refração da luz, através de uma série de experiências e experimentos dirigidos pelos docentes? São apresentadas algumas ideias de pensadores ao longo da história como Euclides, Alhazen, Kepler e Newton. O papel da experiência e da experimentação na educação científica é abordado. Com estes elementos, é proposta uma proposta de sala de aula baseada em experiências e experiências que permitem a construção de explicações sobre o fenômeno de ver um objecto. Por outro lado, através da sistematização de uma sessão de aula virtual com alunos do décimo primeiro ano de uma escola de Bogotá, situada no distrito de Bosa, foram constituídos diferentes critérios de análise com base nas explicações que eles dão ao fenômeno em estudo. Finalmente, foram identificados aspectos relacionados com a acção de ver através de explicações e representações verbais, tais como a importância da luz, a posição do observador, fontes de luz primária e secundária e objectos opacos ou não opacos.

Palavras chave: reflexão, Ensino das Ciências, ação de ver, representações, explicações verbais, experiência e experiência.

1. Introducción

En este artículo se presentan algunos resultados de una investigación cualitativa, desarrollada en la Universidad Pedagógica Nacional, en el programa de Especialización en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico. Participaron estudiantes de grado undécimo de un colegio femenino de Bogotá ubicado en la localidad de Bosa.

La investigación se centró en el análisis de las explicaciones generadas por las estudiantes sobre *reflexión y refracción de la luz*, a partir del planteamiento de experiencias y experimentos relacionados con la acción de ver, en torno a diferentes situaciones con espejos, objetos opacos y no opacos, y la incidencia de varias fuentes de luces primarias y secundarias. La problemática de la investigación surgió de la revisión de algunos libros de texto de Física y páginas web que comúnmente consultan los estudiantes, como Wikipedia o FisicaLab, donde se describen la reflexión y refracción de la luz sin hacer énfasis en aspectos importantes para su comprensión, como: la concepción de luz representada como rayo, la ubicación del observador y el rol de las fuentes de luz, entre otros. Además, emergió de la revisión de algunas ideas de pensadores a lo largo de la historia como: Euclides, Alhazen, Kepler, Ptolomeo y Newton, quienes formularon explicaciones acerca de lo que concebían por reflexión y refracción y su incidencia en la acción de ver. Lo anterior permitió contrastar las descripciones que se evidencian en los libros de texto con las de dichos autores, teniendo en cuenta que resaltaban la importancia de los aspectos que no se tenían en cuenta en los libros de texto y que se mencionaron anteriormente.

Por último, se tuvo en cuenta la importancia del estudiante como protagonista en la construcción de sus propias explicaciones a partir de experiencias, ya que las actividades se encaminaron a que los estudiantes generaran sus propias ideas acerca de los fenómenos abordados. Por tanto, surgió la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las representaciones y explicaciones que pueden generar los estudiantes de grado undécimo sobre los fenómenos de

la reflexión y refracción de la luz, a través de una serie de experiencias y experimentos dirigidos por los docentes?

La investigación se realizó con el siguiente objetivo: diseñar e implementar una propuesta de aula basada en experiencias y experimentos, que posibilite la construcción y ampliación de las explicaciones propias de los estudiantes de grado undécimo sobre la reflexión y refracción de la luz. Para este artículo, se presenta el análisis de algunas de esas explicaciones sobre aspectos importantes en la acción de ver, que se constituyeron en la base para sus futuras interpretaciones de los fenómenos de la reflexión y la refracción de la luz. Esto, porque comúnmente no se tienen en cuenta aspectos para describir dichos fenómenos en los libros de texto, que están asociados a dicha acción, como ya se mencionó. Para el análisis se tuvieron en cuenta las explicaciones que construyeron los estudiantes en el transcurso de una de las sesiones de clase, en la que se desarrollaron discusiones en torno a los aspectos que permiten ver un objeto y la importancia de la luz en este proceso. Dicha sesión fue grabada y transcrita con el fin de abstraer información, y así elegir datos para su respectivo análisis.

Inicialmente se expone el marco teórico respecto a algunas descripciones de pensadores sobre ciertos aspectos relacionados con la acción de ver. Luego, se describe brevemente qué se entiende por *experiencia* y *experimento* en el estudio de fenómenos físicos, y por qué se toman como recursos en la Enseñanza de la Física y en la generación de explicaciones desde un punto de vista fenomenológico. Después, se presentan los datos (representaciones y explicaciones verbales) que se recolectaron de la grabación de la sesión, los cuales fueron analizados. Por último, se plantean los resultados y conclusiones.

2. Marco de referencia

Es importante destacar el valor de la historia de las ciencias en la enseñanza, ya que esta es entendida como un espacio de conocimiento que permite investigar, analizar, reflexionar, comprender,

contextualizar y recontextualizar los problemas, fenómenos y productos científicos; de esta manera, los docentes y estudiantes están en la capacidad de entender los fenómenos que están abordando y así realizar un estudio amplio de este. Como afirma GARAY (2011):

Un estudio de la historia de la ciencia desde un enfoque definido, pero ni único ni fijo, desde los personajes, los instrumentos, los métodos o los textos como un proceso de reconstrucción cultural del saber científico, permite reelaborar la visión de ciencia y de la naturaleza de esta. Esto es mostrar la ciencia como una construcción no ajena a un cotidiano que interactúa constantemente con este, en un proceso dinámico y cíclico, en el sentido de que parte de una u otra, y retorna con modificaciones, reestructuraciones o nuevas demandas y necesidades. Proceso realizado por seres humanos, con habilidades, procesos, aptitudes y actitudes que les posibilitaron construir, reconstruir, formular o proponer posibles formas de ver, explicar y entender el mundo. (p. 54)

Desde esa perspectiva histórica, se retoman diferentes ideas de autores que se mencionan a continuación, quienes describen la luz y su relación con el observador y el objeto de una manera diferente, pero, a su vez detallan elementos importantes en la acción de ver: las fuentes de luz, la ubicación del observador, la dirección de la luz, la clasificación de objetos opacos y no opacos, entre otros, los cuales inspiran la realización de experiencias y experimentos. También, se menciona brevemente qué se entiende como *experiencia* y *experimento*, a partir de una óptica fenomenológica.

a. La acción de ver según algunos autores a través de la historia

La conceptualización del comportamiento de la luz y, en especial, su representación ha cambiado a través de la historia. Desde la antigua Grecia se reconocen explicaciones de fenómenos que se vinculan con la acción de ver y su relación con

el comportamiento de la luz y el observador, por ejemplo, las descritas por Euclides en su libro *Óptica*, que, como lo esboza BARRERA (2016), hace referencia a la idea de que la luz viaja en línea recta (rayos), y formula matemáticamente las leyes de la reflexión de la luz por medio del estudio de experiencias con espejos. Además, realiza una descripción de los rayos rectilíneos de luz que divergen indefinidamente y forman un cono cuyo vértice se encuentra en el ojo y la base en los extremos de los objetos vistos; por tanto, las cosas se vuelven visibles cuando los *rayos visuales* golpean sobre los objetos, de no ser así, estos no se podrían ver (Figura 1).

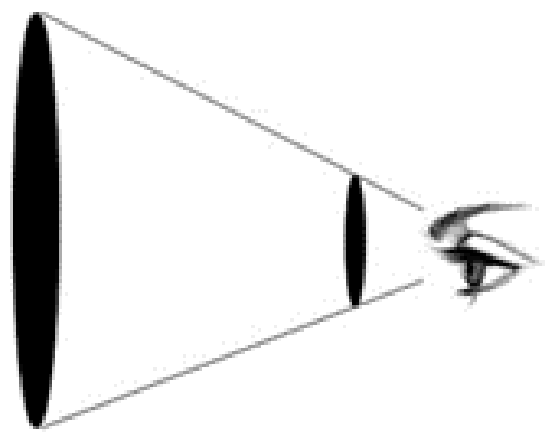


Figura 1. Representación cónica de la luz según Euclides.

Fuente: ALDANA, HERNÁNDEZ, 2020.

Después de los griegos, se continuaron instaurando nuevas teorías acerca de los fenómenos ópticos a través de la historia. Se destacan así las ideas de Ptolomeo, quien caracterizó, a partir de las ideas de Euclides la representación de ángulos visuales y la visión cónica en cuanto a su eje. Sin embargo, agregó los términos de *oblicuidad* y *distancia*; así, dependiendo de la inclinación con la que se observan los objetos, estos podrían variar su tamaño y forma, y el flujo visual de luz se representaría con líneas rectas. Además, diseñó un experimento con el que logró obtener ángulos de incidencia y refracción que resultaron ser muy precisos para la época, mediante la utilización de dos regletas y un disco dividido en 360 partes iguales que sumergió en un recipiente con agua.

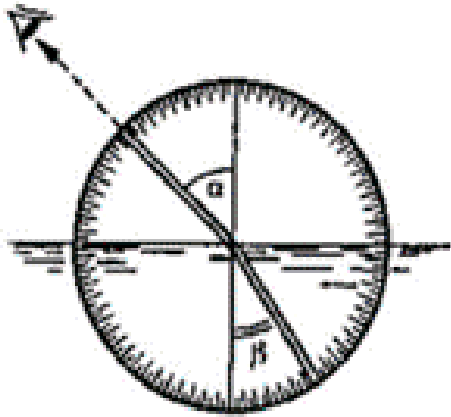


Figura 2. Experimento de Ptolomeo para medir los ángulos de incidencia y de refracción.
Fuente: TARÁSOV, TARÁSOVA, 1985.

Otro personaje para exaltar es Alhazen, porque reestructuró las explicaciones de Euclides y dio una nueva perspectiva a la acción de ver, a través de la modificación de la dirección del cono de luz, que ahora se representa desde el objeto hacia el ojo. En palabras de GONZÁLEZ (2015), Alhazen mostró una plausibilidad de un esquema, en el que la luz procede, según trayectorias rectilíneas, de cada punto del objeto e incide en el ojo, y este es el agente de la sensación visual.

Esta concepción resultó ser importante para la instauración del concepto de fuentes de luz y su clasificación en primarias y secundarias, lo cual resulta fundamental para la descripción de la reflexión de la luz y lo que permite ver un objeto. Así bien, Alhazen describió ciertas condiciones para que fuera posible observar un objeto, según MARTÍNEZ (2002): i) lo visible debe ser un ente que despida luz por sí mismo o debe ser iluminado por algún otro objeto; ii) lo visible debe estar presente frente al ojo, es decir, que entre ambos se puede trazar una recta que los conecte; iii) el medio que separa al ojo del objeto visible debe ser transparente y sin que se interponga un obstáculo opaco; iv) el objeto visible debe ser más opaco que el medio (p. 51). Luego, Kepler sostuvo que los rayos de luz son emitidos en todas las direcciones desde cada punto, por lo que es necesario seguirlos y realizar una correspondencia uno a uno entre dichos puntos

que envían la luz y los que golpean a otro medio, por ejemplo: el agua (URIBE, 2015). Es decir que su teoría sostiene que los rayos de la luz son emitidos en todas las direcciones desde cada punto que está inmerso en el campo visual. Kepler descubrió que las imágenes se proyectan invertidas en la retina del ojo y contradice la idea de Alhazen en el sentido de los conos de luz, cuya base ahora es parte del propio objeto luminoso.

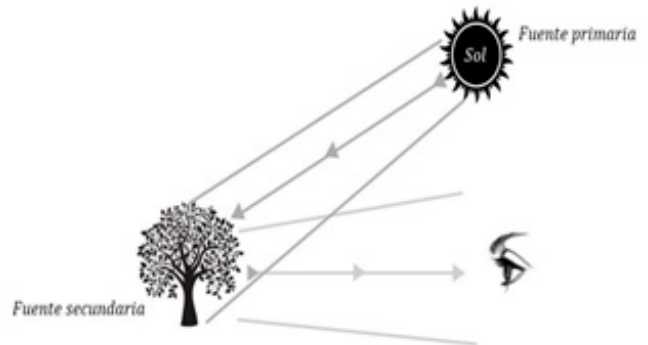


Figura 3. Representación de Alhazen de las fuentes primaria y secundaria de luz.
Fuente: ALDANA, HERNÁNDEZ, 2020.

La descripción de Kepler fue diferente a la de los autores mencionados, ya que él no hizo referencia a un cono visual o a un cono de luz para representar la trayectoria de la luz, sino que afirmó que existían puntos luminosos en el objeto, los cuales emanaban rayos de luz en todas las direcciones, hasta llegar al ojo, que es una analogía con la cámara oscura.

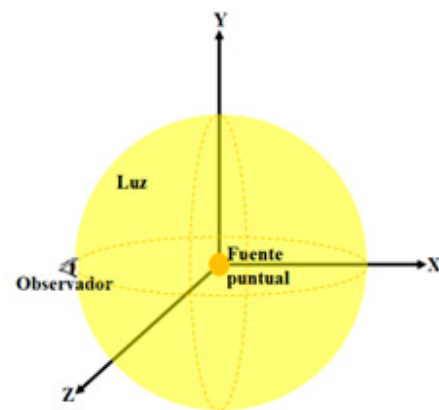


Figura 4. Representación de una fuente puntual que emite luz en todas las direcciones junto a un observador que la percibe cuando llega a él.
Fuente: ALDANA, HERNÁNDEZ, 2020.

Por su parte, Isaac Newton describió que el problema del estudio de la luz en una experiencia con un prisma no radicaba en el fenómeno óptico del color, sino en la deformación geométrica del rayo de luz refractado en dicho prisma, lo que dio origen a la formulación de diferentes experimentos, entre ellos, el *experimento crucial*.

En una habitación oscura, Newton mostró cómo una fuente de luz pasaba por un pequeño orificio que denominó *obturador*, hasta ser enfocada por una lente, y atravesaba un prisma que estaba sobre una mesa. Al pasar esto, la luz blanca se dividió o se refractó hasta chocar con una pantalla que cuidadosamente Newton puso en la parte posterior; allí se mostraba el espectro de luz (donde se describen diferentes colores que no necesariamente son siete, sino también cinco o seis, dependiendo de la repetición y condiciones de su experimento), y el cual tenía una forma oblonga, diferente a lo esperado, ya que se creía que debía formarse una circunferencia (DU SAUTOY, 2020).

Con esto, Newton pudo identificar cómo la luz blanca del Sol al atravesar el prisma, producía una mancha oblonga y no circular, como se esperaba, y fue el comienzo de la explicación de cómo aquella luz blanca es una mezcla de rayos de diferentes colores con un grado de refrangibilidad distinto, con lo cual es posible asegurar que los colores son propiedades innatas de la luz.

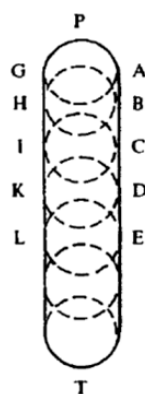


Figura 5. Los diferentes círculos PGA, HB, IC, KD, LE, etc., representan a la mancha producida por un rayo distinto, de diferente color. En conjunto se obtiene la forma oblonga PT que vio Newton.

Fuente: GRANÉS, 1998.

Por otro lado, Newton supuso que la luz estaba formada por corpúsculos materiales, que eran lanzados a gran velocidad por fuentes luminosas. Su representación se basó en que la luz estaba formada por estas pequeñas partículas y describían trayectorias rectilíneas que, unidas, constituían los rayos luminosos que alcanzaban los objetos que al reflejarse hacía el ojo del observador los hacía visibles.

b. Experiencia y experimento

Otro eje para la elaboración de esta investigación fue la experiencia y el experimento, características esenciales en el aprendizaje de los estudiantes. A partir de la perspectiva fenomenológica, estos son afines con la construcción de explicaciones propias, ya que se fundamentan como modos efectivos para que los estudiantes analicen, reflexionen y comprendan diferentes situaciones, que pueden ser comunes o no, pero que normalmente no se describen de una forma detallada, como para este caso, los aspectos que están inmersos en la acción de ver.

La experiencia se ha vinculado a situaciones del diario vivir, siendo esta un conector entre el conocimiento adquirido y su aplicación, para estudiar y resolver problemas de su entorno. Todas las personas han tenido experiencias que los hacen adquirir conocimientos con respecto a situaciones. En este punto, es importante mencionar que no existe una única experiencia que pueda describir todos los fenómenos de estudio; es decir, las experiencias pueden tener diferentes puntos de vista y, por ende, distintos análisis.

Cuando hemos señalado el privilegio por la experiencia y la percepción se debe entender que esta no es estática, es una experiencia que se ha reconfigurado en cada relación que establecemos con los objetos de estudio [...]. Por tanto, para la Enseñanza de las Ciencias es importante la construcción de explicaciones en torno a las experiencias y por supuesto de una base fenomenológica. (SANDOVAL *et al.* 2018).

Al organizar intencionalmente la experiencia en el ambiente escolar, los estudiantes pueden llegar a

configurar los fenómenos que se están estudiando, y con esto construir explicaciones que tienen coherencia para ellos y así ampliar su conocimiento sobre el mundo. Entonces, con las experiencias se puede lograr instaurar formalizaciones del fenómeno, que no necesariamente son matemáticas, sino que se extienden a descripciones relacionadas con sus cualidades, generalizaciones, estructuras, entre otras. Por otro lado, el experimento se entiende como una acción que se ejecuta para ampliar y organizar la experiencia. Además, es intencional, y en él se privilegia la construcción de explicaciones y comprensiones de los fenómenos. El sujeto es quien interviene directamente en esto último, es decir, es quien lo define, observa, analiza y explica (ALDANA, HERNÁNDEZ 2020). Desde esta perspectiva, se sigue la idea de AYALA *et al.* (2006):

El papel de las actividades experimentales en la Enseñanza de las Ciencias va más allá de la verificación de las bases teóricas, en cuanto permiten: la ampliación de la base fenomenológica o de hechos de observación, el planteamiento de problemas conceptuales en torno a la organización de los fenómenos y la formalización de procesos de organización de la experiencia y de construcción de magnitudes y formas de medida. (p. 1)

Es decir, se debe dejar de pensar el experimento como demostrador de leyes y teorías que, generalmente, es organizado a partir de guías de laboratorio en donde se debe seguir una serie de pasos para obtener unos resultados a modo de *receta*, como afirman CARRASCOSA *et al.* (2006). Por lo anterior, se destaca que desde el planteamiento de experimentos el estudiante debe lograr cambiar parámetros desde su análisis, de tal manera que intervengan personalmente en el desarrollo y elaboración de este, lo cual lo lleve a construir explicaciones propias y lo posicionen como protagonista en su proceso de aprendizaje.

En síntesis, y según UBAQUE (2009), el papel de la experiencia y el experimento en el desarrollo de las ciencias y, en particular, en el de la Física, es fundamental y debe ser tenido en cuenta en los procesos de enseñanza y aprendizaje de esta. Se evidencia,

entonces, que esto es importante para el alumno y para el docente, ya que el primero puede lograr un entendimiento más completo del fenómeno de estudio debido a la observación y la práctica, y el segundo, a su vez, fortalece su interés investigativo por la ciencia.

3. Metodología

El artículo se centra en un análisis cualitativo, con un enfoque fenomenológico, en el que se destacan algunas de las ideas del libro *Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*, de STRAUSS, CORBIN (1998). En donde se resalta el estudio de técnicas y procedimientos aplicados por diferentes investigadores, de los cuales se pueden abstraer aspectos que fueron utilizados en esta investigación cualitativa.

En este sentido, se recogen las ideas de los estudiantes, con el fin de obtener explicaciones acerca de los fenómenos estudiados. Por tanto, se acude a una aproximación interpretativa fenomenológica; con la que se busca generar cercanía con algunos aspectos sobre la acción de ver y el fenómeno de la reflexión de la luz. Por una parte, se presenta el análisis de los datos del primer momento de la investigación, la cual se centró en plantear experiencias y formular preguntas sobre la acción de ver, asociadas con la identificación de la luz, el observador y las fuentes, como indispensables para la explicación del fenómeno.

En el primer momento, y en general, la investigación se llevó a cabo con treinta estudiantes de grado undécimo, durante una sesión de clase de aproximadamente dos horas, en una video llamada por la plataforma virtual *Google Meet*. Para el registro de la información se desarrolló una página web: <https://licaheal.wixsite.com/reflexionyrefraccion>

Esta se organizó en siete momentos, cada uno ubicado en una sección, con el fin de que las estudiantes subieran sus registros y que estos estuvieran organizados. En el caso específico del momento 1, las alumnas no solo tenían la opción de hacer

explicaciones verbales, que fueron grabadas, sino que también realizaron representaciones: dibujos, que adjuntaron en la página web.

En la guía del momento 1 se planteó la siguiente experiencia, junto a una pregunta: “Ubíquese de espaldas a una ventana con entrada de luz solar, luego observe un objeto que esté de frente a usted. ¿Por qué es posible ver el objeto?”. Se solicitó elaborar una representación gráfica que mostrara la perspectiva del estudiante, en cuanto a cómo la luz que ilumina el objeto llega hasta el observador, la cual fue socializada junto con sus explicaciones verbales.

Esta guía y en general el momento 1, fueron estructurados a través de preguntas, con el propósito de que las estudiantes identificaran algunos aspectos importantes en la acción de ver, como la luz, las fuentes, la dirección de la luz y el rol del observador. Ahora bien, de estas preguntas surgieron nuevos interrogantes, los cuales permitieron la construcción de explicaciones propias de las estudiantes, lo cual fue tomado como herramienta analítica que se usó en esta investigación y que se presenta en este artículo.

Para la construcción de los datos investigativos, se transcribió la grabación. Luego, se organizaron los datos y se clasificaron por explicaciones similares, es decir, cuando se encontraban aspectos similares en cuanto a sus explicaciones verbales y representaciones.

A partir de la recolección de datos, se realizó una sistematización en la que se identificó qué aspectos reconocen las estudiantes en la acción de ver. Para esto, se usaron tablas comparativas donde se iban organizando las explicaciones y representaciones de ellas, mediante palabras claves, que luego se relacionaron y fueron base importante para la estructuración de los criterios de análisis.

Se usaron principalmente dos herramientas analíticas en el proceso: la primera, la formulación de preguntas, para indagar sobre los datos: “¿Por qué es importante el observador, las fuentes o la dirección de la luz en la acción de ver?” o “¿Cuándo se ponen en evidencia tales relaciones con el poder ver un objeto?”. Las respuestas a estas generaron

interpretaciones para el planteamiento de los criterios de análisis, relacionados con la acción de ver. La segunda herramienta fue el énfasis que se les dio a las palabras que mencionaban las estudiantes. Comúnmente se encontraron las palabras *luz*, *observador* o *fuentes de luz* en sus explicaciones. Entonces, cuando estas se analizaron en profundidad, se evidenciaron diferentes interpretaciones y grados de importancia en las relaciones que estructuraban, en cuanto a la acción de ver, entre otras: las relaciones luz/objeto (como fuente secundaria), objeto/observador o luz/objeto/observador. Lo anterior condujo a reconocer aspectos importantes para la estructuración de las explicaciones y representaciones.

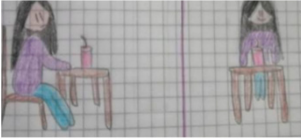
4. Representaciones y explicaciones de las estudiantes

Aquí se presentan y analizan cuatro datos correspondientes a las explicaciones verbales, a partir de la construcción de las representaciones de las estudiantes en relación con las preguntas formuladas en la sesión de clase. Para este caso, las estudiantes se referencian con un número del 1 al 30 para señalar sus explicaciones y proteger sus identidades.

5. Análisis de las explicaciones y representaciones de las estudiantes

Como se evidencia en las imágenes 1 y 2 (Tabla 1), según las representaciones, la luz del Sol incide o se presenta en dirección al objeto después de entrar por la ventana, por lo que es necesario esto para poder verlo. Por otro lado, se identifica que la luz se representa con múltiples rayos que iluminan total o parcialmente la habitación; aquí se destaca cómo la estudiante 22 denota uno de ellos como modo de describir que golpea el objeto, y la estudiante 25 al colorear fuertemente dichos rayos. Además, en la imagen se identifica un efecto de luz “medio esférica” que indica cómo, para la estudiante, la luz no ilumina completamente el objeto, sino una parte de este, por lo que termina apareciendo sombra (ALDANA, HERNÁNDEZ, 2020).

Tabla 1. Algunas explicaciones y representaciones de las estudiantes.

| Representación | Explicación verbal |
|--|--|
|  <p>Imagen 1. Representación estudiante 22. Fuente: estudiante 22</p> | <p>“Intenté en mi representación mostrar los rayos de luz y cómo iluminan los objetos” (Estudiante 22, 2020).</p> |
|  <p>Imagen 2. Representación estudiante 25. Fuente: estudiante 25.</p> | <p>“Objeto – Luz solar – Ventana” (Estudiante 25, 2020).</p> |
|  <p>Imagen 3. Representación estudiante 14. Fuente: estudiante 14.</p> | <p>“Ahora el factor que más se implica es el espacio (ubicación)” (Estudiante 14, 2020).</p> |
|  <p>Imagen 4. Representación estudiante 1. Fuente: estudiante 1.</p> | <p>“Las fuentes de luz pueden ser primarias o secundarias. Las primarias producen la luz que emiten. Las secundarias reflejan la luz de otra fuente; por ejemplo, la Luna no produce luz, sino reflejar la luz producida por el Sol. A su vez, entre las fuentes primarias se puede distinguir entre fuentes naturales (el Sol) o artificiales (una lámpara) otras fuentes de luz son: las estrellas, los bombillos, las luciérnagas, el espejo, los fósforos, las lámparas, el sol” (Estudiante 1, 2020).</p> |

Fuente: ALDANA, HERNÁNDEZ, 2020.

Para el caso de la imagen 3 (Tabla 1), la estudiante describe que el factor más importante no es la luz, sino el espacio o ubicación del observador, el cual debe estar en un punto donde pueda fijar su mirada al objeto, por lo que se entabla una relación entre el objeto y el observador. Además, a diferencia de las demás representaciones, no representa la ventana, ni ningún objeto que emita luz; así, deja clara su postura. La imagen 4 (Tabla 1) muestra diferentes aspectos: resaltar el hecho de que existen diferentes fuentes que, según sea su tipo, emiten o no luz por sí solas,

o cómo esta viaja hasta llegar al observador después de golpear al objeto (fuentes secundarias). En otras palabras, se describe una relación no solo de existencia de la luz, el objeto y el observador, sino además se sostiene que estos tres elementos son necesarios para poder ver el objeto y están ligados por la dirección que sigue la luz. A partir de esta premisa, se señala que la luz sale de una fuente primaria (Sol, estrellas o fuego de la vela), llega hasta los objetos, los ilumina, y de allí se dirige hasta el observador, quien los puede ver.

6. Resultados

En el momento 1 de la propuesta de aula que se presenta en este artículo, se propiciaron discusiones acerca de la pregunta “¿Cómo es posible ver un objeto?”. Con esto, las estudiantes describieron situaciones que dejaban distinguir la importancia que ellas le dan a la luz, como “algo” importante para poder ver, ya que lo muestran en sus explicaciones y representaciones. Sin embargo, y como se observa en las imágenes 1, 2, 3 y 4 (Tabla 1), se puede identificar, también, la necesidad de describir el papel que tiene el observador y el objeto –importantes en la acción de ver–, por lo que se les da un papel fundamental, para así construir relaciones entre estos y la luz.

Esto indica cómo las explicaciones de los libros de texto de Física y páginas web –en los que se exponen temas como la acción de ver y su incidencia en los fenómenos de reflexión y refracción–, equidistan de las explicaciones que las estudiantes pueden hacer al respecto. En tal caso, estas últimas también tienen en cuenta la importancia del observador y el objeto (como fuente de luz secundaria), que no se describen en los libros.

Ahora bien, si se comparan las explicaciones de las estudiantes con las de algunos pensadores a través de la historia, se reconoce que, en conjunto, Euclides, Alhazen, Kepler y Newton estructuran a su modo los aspectos anteriormente mencionados. Es decir, Euclides habla de la luz y el observador; Alhazen añade el término *fuentes de luz*; Kepler destaca cómo se propaga la luz a través del espacio, al darle un orden a la relación de *luz*, *fuentes* y *observador*, y Newton destaca cómo esas relaciones tienen vínculos directos con el fenómeno de la refracción. Así bien, esto se termina asociando con las explicaciones y representaciones de las estudiantes, mostrando de esta forma la comprensión del fenómeno de estudio, dejando atrás las explicaciones con líneas rectas incidiendo en espejos y lentes que se suelen consultar.

Con base en lo anterior, el análisis de las distintas explicaciones y representaciones de las cuatro

estudiantes evidencia tres relaciones diferentes que emergieron de la experiencia planteada que están asociadas con la acción de ver. Estas se vinculan con, la luz y cómo ilumina a los objetos, el observador y su *campo visual*, y por supuesto las fuentes primarias como emisoras de luz hacia el objeto (fuente secundaria) y al observador. A partir de esto, se derivan las siguientes clasificaciones en tres criterios, los cuales se organizan según se expone a continuación.

a. La relación luz/objeto en cuanto a la acción de ver

Las imágenes 1 y 2 (Tabla 1) representan las ideas de las estudiantes 22 y 25, respectivamente, las cuales aportan en la construcción de este criterio. A pesar de que las estudiantes dibujan a la persona, parece ser que esta no tiene un papel contundente en la acción de ver. Se identifica que solo tiene en cuenta la luz hasta que llega al objeto, o se dirige a este y lo ilumina, pero, no se hace una descripción de cómo llega hasta el observador.

Otro elemento es que, para las estudiantes, la luz se representa mediante rayos que de alguna manera llegan hasta el objeto y lo iluminan, a pesar de que en sus explicaciones verbales nunca mencionan esta palabra. Esto puede ser indicio de que ellas han visto o trabajado con modelos de este tipo lineal, en que se representa la luz mediante rayos.

En la imagen 1 (Tabla 1), se muestra una cantidad considerable de luz que incide en el objeto y los alrededores, y hace que estos se iluminen. Sin embargo, en la imagen 2 (Tabla 1), se representa la luz mediante cuatro rayos que rodean al observador y se dirigen al objeto, por lo que, al parecer, para esta estudiante, la interacción de la luz y el observador es mínima y la acción de ver se centra en la iluminación de los objetos.

b. La relación objeto/observador en cuanto a la acción de ver

En la imagen 3 (Tabla 1), se evidencia que para la

estudiante existe un aspecto más importante en la acción de ver, que solo la luz, y es el observador como protagonista. Bajo esa mirada, deja de lado en sus dibujos las representaciones de la luz, y se centra en describir cómo el observador y el objeto tienen una relación en lo que ella considera la acción de ver. De esta forma, no solo lo hace gráficamente, sino también por medio de sus explicaciones donde destaca que la posición del observador es el factor clave, así como que no se interpongan objetos que tapen aquella visión que se tiene.

Por tanto, en esta representación se explicita que la ubicación del observador es determinante para ver el objeto, por lo cual se elabora el dibujo de la persona desde dos perspectivas diferentes. Con respecto a lo anterior, se aclara que la estudiante sí tiene en cuenta la luz en la acción de ver, solamente que, en el ejercicio de representar la actividad, parece ser más elocuente que el observador sea el principal protagonista, y da a conocer que sin este no es posible visualizar los objetos. Añade la importancia de su posición, en la que parece ser que ubicarse de frente al objeto –sin interrupciones de otros materiales en lo que algunas denominan su *campo visual*, como lo hacía Euclides, resulta la mejor opción para identificar y ver el objeto.

c. La relación fuentes de luz/objeto/observador en cuanto a la acción de ver

En la imagen 4 (Tabla 1), se muestra la explicación de la estudiante acerca de la relación entre las fuentes de luz, el objeto donde la luz llega y es reflejada hacia el observador. Se identifica que su forma de interpretar cómo la luz llega a los objetos se da en una relación ordenada, donde primero golpea a los objetos y luego se dirige al observador; este último es más visible. Se identifica que, como esta estudiante, existen otras que representan la luz mediante rayos o líneas rectas, aunque en sus explicaciones escritas no lo describen así, por lo que parece ser que ellas ya han tenido cercanía con representaciones que describen a la luz de esta forma; por ejemplo: programas de televisión,

caricaturas, libros, páginas web o espacios académicos. Sin embargo, estas fuentes de conocimiento no nublan sus explicaciones escritas o verbales, en las que se habla de *luz* y como esta viaja en diferentes direcciones.

Por último, este ejercicio de experiencias sencillas, pero dirigidas, resultan interesantes, por cuanto gracias a ellas se encuentran explicaciones comunes en ciertos puntos, con los de pensadores a través de la historia –Euclides o Alhazen–, pues estas se asocian con campos visuales y fuentes de luz, respectivamente. En este sentido, la observación y el análisis a situaciones comunes pueden resultar apropiados para construir unas primeras explicaciones sobre fenómenos más complejos como la reflexión y refracción.

7. Conclusiones

Mediante este análisis, se identificó que las estudiantes vinculan algunas ideas de Euclides, Alhazen y Kepler en sus explicaciones y representaciones, sin haberlas estudiado o conocido con anterioridad. Esto se evidenció, cuando ellas elaboraron explicaciones donde resaltan al observador, las fuentes de luz (teniendo en cuenta al objeto como fuente secundaria), la dirección de la luz y la relación que tienen estos aspectos en común con la acción de ver. Además, según sus representaciones, las estudiantes conocen algunos aspectos en la acción de ver: la existencia de la luz, cómo esta ilumina a los objetos y la importancia del observador. Esto, debido a sus experiencias cotidianas, por lo que es posible construir algunas explicaciones sobre los aspectos necesarios para ver un objeto.

La idea de rayo de luz, como se muestra en libros de texto, no es una concepción que las estudiantes construyen a primera vista; de hecho, se pudo evidenciar que esta representación no se hace presente en ninguna de las explicaciones iniciales de las diferentes actividades planteadas en la propuesta de aula. En este sentido, para las estudiantes, la luz es un aspecto principal para ver un objeto, pero no la representan en forma de rayo.

De este ejercicio se resalta la pertinencia de la construcción de las ideas y explicaciones a través de la experiencia y el experimento, porque generan discusiones en las cuales las estudiantes identifican elementos imprescindibles en la acción de ver: luz, observador y fuentes de luz. El análisis de situaciones comunes puede resultar apropiado para configurar unas primeras explicaciones sobre fenómenos más complejos, como la reflexión y refracción de la luz.

El papel de las experiencias y experimentos en el desarrollo de las clases es importante, ya que posibilita ampliar el estudio de los fenómenos de una forma dinámica, además de la construcción de explicaciones a partir de la experiencia de ver un objeto. Por otro lado, los experimentos planteados por los docentes complementan ese conocimiento relacionado con las experiencias propias de las estudiantes, e integran las ideas que buscaron en algunas fuentes de conocimiento, con el fin de llegar a generalidades. De estas, se destaca que las experiencias y los experimentos no funcionan para corroborar teorías, sino para ampliar los conocimientos en la Enseñanza de las Ciencias.

No sobra mencionar que, para discutir y ampliar estas ideas, es necesario el acompañamiento del docente, que más que un trasmisor de conocimiento, debe ser un guía que pone de manifiesto problemáticas que los estudiantes, mediante experiencias y experimentos, van analizando y respondiendo. Por esto, se destaca que la construcción de explicaciones no se obtiene espontáneamente, sino que es un proceso permeado por análisis y discusiones de todos los participantes en el aula, que permiten estructurar ideas y plantear nuevos interrogantes que motivan un estudio más elocuente y profundo del tema.

8. Referencias

- ALDANA, M.; HERNÁNDEZ, L. Algunas explicaciones sobre la reflexión y refracción de la luz. Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. Bogotá: Colombia, 2020.
- AYALA, M.; *et al.* **El experimento en la Enseñanza de las Ciencias como una forma de organizar y ampliar la experiencia.** Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. III Congreso Nacional de la Enseñanza de la Física, III. Bogotá: Colombia, 2006.
- BARRERA, R. Los diferentes caminos de la Luz. **Revista Ciencia**, México, vol. 67, n.º 3, pp. 10-19. 2016.
- CARRASCOSA, J.; *et al.* Papel de la actividad Experimental en la Educación Científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, vol. 23, n.º 2, pp. 157-181. 2006.
- DU SAUTOY, M. El experimento crucial con el que Isaac Newton derrocó el mundo antiguo y le dio paso a la ciencia moderna. **BBC News Mundo**. 2020. <https://www.bbc.com/mundo/noticias=53412005-#:~:text=Newton%20hab%C3%ADa%20descubierto%20una%20ley,el%20arco%20iris%20son%20inmutables>.
- GARAY, F. Perspectivas de historia y contexto cultural en la enseñanza de las ciencias: discusiones para los procesos de enseñanza y aprendizaje. **Revista Ciencia & Educación**, Bauru, vol. 17, n.º 1, pp. 51-62. 2011.
- GONZÁLEZ, C. Alhazen: una revolución óptica. **Arbor**, Madrid, vol. 191, n.º 775, pp. 1-12. 2015. dx.doi.org/10.3989/arbor.2015.775n5001.
- GRANÉS, J. La teoría de Newton sobre la óptica de los colores y el debate con el empirismo científico. Necesidad matemática y causalidad física. En: **Newton y el empirismo**. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá: Colombia, 1998. pp. 1-4.
- MARTÍNEZ, R. Del ojo Ciencia y Representación. **Revista de Cultura Científica**, México, vol. 1, n.º 66, pp. 46-57. 2002.
- SANDOVAL, S.; *et al.* **El planteamiento de una perspectiva fenomenológica. Una perspectiva fenomenológica para la Enseñanza de las Ciencias.** Universidad Nacional de Colombia. Bogotá: Colombia, 2018.
- STRAUSS, A.; CORBIN, J. **Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada.** Editorial Universidad de Antioquia. Bogotá: Colombia, 1998. pp. 3-28.
- TARÁSOV, L.; TARÁSOVA, A. **Charla sobre la refracción de la Luz.** Editorial MIR MOSCÚ. Madrid: España, 1985.

UBAQUE, K. Experimento: una herramienta fundamental para la enseñanza de la física. **Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, Bogotá, vol. 4, n.º 1, pp. 35-40. 2009.

URIBE, M. El ojo exterior. Visión y artificio a principios del siglo XVII. **Contrastes: Revista Internacional de Filosofía**, Málaga, vol. 21, n.º (3), pp. 11-21. 2015. <https://doi.org/10.24310/Contrastescontrastes.v21i3.2426>

