



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**LA EXPERIMENTACIÓN SOBRE REFLEXIÓN Y
REFRACCIÓN DE LA LUZ: UNA PROPUESTA
PEDAGÓGICO-DIDÁCTICA DESDE NUESTRO ANÁLISIS
EPISTEMOLÓGICO DE LA PERSPECTIVA ONDULATORIA**

Andrés Felipe Justacaro Flórez
Sebastián Vásquez Barrientos

Universidad de Antioquia
Facultad de educación, Departamento de Enseñanza de
las Ciencias y las Artes
Medellín, Colombia

2019



La experimentación sobre reflexión y refracción de la luz: una propuesta pedagógico-didáctica desde nuestro análisis epistemológico de la perspectiva ondulatoria

Andrés Felipe Justacaro Flórez

Sebastián Vásquez Barrientos

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Licenciado en Matemáticas y Física

Asesora:

Olga Luz Dary Rodríguez Rodríguez, Magíster en Docencia de la Física

Línea de Investigación:

Epistemología, historia y enseñanza de la física.

Universidad de Antioquia

Facultad de Educación, Departamento de Enseñanza de las Ciencias y las Artes.

Medellín, Colombia

2019.

Este trabajo está dedicado a nuestras familias y amistades que fueron nuestro pilar y fuente de motivación:

Que con tanto esmero y amor nos apoyaron en este proceso. Por ser una fuente incondicional de perseverancia para alcanzar nuestro sueño. A nuestros padres, abuelos, hermanos e hijos y para aquellos que ya no se encuentran con nosotros, salvo en nuestros corazones. A todos ellos dedicamos este trabajo de investigación con cariño y un muy grande agradecimiento.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a la profesora Olga Luz Dary Rodríguez Rodríguez por su dedicación y compromiso, su labor es muy valiosa. Por su esfuerzo en acompañarnos durante todo este proceso investigativo, por inspirarnos a ver de manera diferente la enseñanza de las ciencias y la construcción de conocimiento científico, nuestros más sinceros agradecimientos por su paciencia y su ayuda invaluable para con nosotros. Por sembrar en nosotros valores para la vida y finalmente por estimular en nosotros la curiosidad y la investigación.

Agradecemos a nuestros maestros quienes contribuyeron continuamente en nuestra formación, por la pasión y amor que nos contagiaron en el acto de enseñar. A todos los profesores que aportaron y forjaron lo que hoy somos.

A las profesoras Angélica Liliana Molano Zarate y Diana Lucia Londoño Londoño queremos reconocer, agradecer y exaltar sus labores que cada una de ustedes realizan día a día con responsabilidad, paciencia, vocación y liderazgo. Con cariño y respeto gracias por sus consejos y orientaciones en nuestra experiencia docente.

CONTENIDO

CAPÍTULO I: Enseñanza de la reflexión y la refracción de la luz desde nuestra formación escolar y universitaria.....	1
Nuestra reflexión crítica sobre la enseñanza de la reflexión y refracción de la luz: caracterizada por la teorización y el carácter algorítmico.....	1
Objetivos de la investigación	9
Objetivo general.....	9
Objetivos específicos	9
CAPITULO II: Nuestra alternativa sobre la enseñanza de la reflexión y la refracción de la luz desde la perspectiva ondulatoria	10
La experimentación en nuestra construcción de conceptos físicos	10
El rol de la analogía en nuestra interpretación de la propagación ondulatoria de la luz	13
Nuestra interpretación de la teoría ondulatoria de la luz: referente a los fenómenos de la reflexión y la refracción.....	17
Aporte que nos brinda Huygens sobre la teoría ondulatoria. Reflexión y refracción de la luz	17
Aportes que nos brinda Fresnel sobre la teoría ondulatoria. Reflexión y refracción de la luz	22
Metodología de la investigación: una oportunidad para reflexionar sobre nuestra formación y práctica docente.....	29
CAPITULO III: Nuestra propuesta pedagógico - didáctica para el estudio de la reflexión y la refracción de la luz	31
Introducción	31
¿Cómo llevar a cabo las prácticas experimentales en clase de física que permita a nuestros estudiantes plantear nuevas preguntas y reflexiones frente al fenómeno estudiado?.....	32
Actividad experimental N°1: reflexión y refracción de la luz.....	33

Especifiquemos escenarios donde desarrollamos nuestra práctica y el papel que jugamos en el proceso investigativo.	35
Taller Experimental 1: “El mundo de las ondas”	41
Justificación de la actividad experimental N°1	42
Taller Experimental 2: “El medio”	45
Justificación de la actividad experimental N°2	47
Plenaria previa al taller experimental 3 y 4	51
Taller Experimental 3: “El vaivén de la luz”	52
Justificación de la actividad experimental N°3	54
Taller Experimental 4: “Caminos separados”	57
Justificación de la actividad experimental N°4 “caminos separados”	60
CAPITULO IV: Análisis sobre el papel de la experimentación, el conocimiento común y debates en la enseñanza de la óptica geométrica, a partir de nuestra propuesta pedagógico-didáctica	63
Introducción	63
La importancia del conocimiento común y la experimentación para nuestra construcción de conocimiento en física	63
Construcción de conceptos a partir de socializaciones y debates que surgen en el aula	72
La reflexión y la refracción de la luz desde una perspectiva ondulatoria	80
CONCLUSIONES	84
Preguntas para el lector	86
REFERENCIAS.....	87

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Paralelo entre gráficos previos de los estudiantes en comparación con la experimentación.....	71
--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Procedimiento - Laboratorio de física de la luz.....	6
Figura 2: Informe de laboratorio física de la luz. Imagen propia	7
Figura 3: Ejemplo sobre reflexión. (formación de imágenes en espejos)	8
Figura 4: Rango de iluminación.....	16
Figura 5: Reflexión de la luz	18
Figura 6: Espesor de un rayo de luz reflejándose.	19
Figura 7: Refracción de la luz. Huygens	21
Figura 8: Refracción de la luz. Huygens	22
Figura 9: reflexión de la luz. Fresnel.	25
Figura 10 Refracción de la luz. Fresnel.....	27
Figura 11: La película mágica que muestra la desaparición en el agua. (a) imagen en el aire y (b) imagen en el agua.....	34
Figura 12: Lápiz sumergido en agua.....	34
Figura 13: Protocolo ético página 1	38
Figura 14: Protocolo ético página 2.	39
Figura 15: Montaje cubeta de ondas	42
Figura 16: Objeto sumergido y comportamiento ondulatorio.	43
Figura 17: Ondas generadas en el agua.....	47
Figura 18: Montaje experimental bomba de vacío, baffle y linterna	49
Figura 19: Extracción del aire con la bomba de vacío	50
Figura 20: Cubeta con agua.....	54
Figura 21: Rango de iluminación de una linterna	55
Figura 22: Cubeta con agua y laser.....	60
Figura 23: Luz blanca refractada y prisma	61
Figura 24: Descomposición de la luz blanca en colores	61
Figura 25: Explicación relacionada con posibles formas de alterar el agua.....	64
Figura 26: Explicación relacionada con una perturbación en 2 lugares diferentes.....	65
Figura 27: Explicación relacionada con perturbación del agua estando dos objetos sumergidos.	66
Figura 28: Modificación montaje experimental.....	67

Figura 29: Ondas al pasar por una rendija.	68
Figura 30: Gráfica del gua alterada por una roca.....	69
Figura 31: Agua alterada experimentalmente en un punto.....	69
Figura 32: Perturbación simultánea en dos puntos. Gráfica 1	69
Figura 33: Perturbación simultánea en dos puntos. Grafica 2	70
Figura 34: Primera perturbación simultánea en dos puntos	69
Figura 35: Segunda perturbación simultánea en dos puntos experimentalmente	70
Figura 36: Reflexión de la luz gráficamente	70
Figura 37: Refracción de la luz gráficamente	70
Figura 38: Reflexión de la luz experimentalmente	70
Figura 39: Refracción de la luz experimentalmente	70
Figura 40: Rango de iluminación gráficamente.....	71
Figura 41: rango de iluminación experimentalmente	71
Figura 42: Socialización durante la experimentación del taller 2.....	79
Figura 43: Explicación de lo que sucede al incidir un láser sobre una cubeta con agua.....	80
Figura 44: Reflexión de la luz	81
Figura 45: Refracción de la luz.....	82
Figura 46: Explicación de la luz al pasar por un prisma.	83
Figura 47: Explicación de la luz al pasar por un prisma.	83

RESUMEN

Desde nuestro análisis crítico sobre la formación que recibimos, tanto en la escuela como en la universidad, nos permite caracterizar y reconocernos en un enfoque tradicional, en el que planteamos los contenidos de la óptica geométrica desde la “teoría” exclusivamente, en consecuencia, nos restringimos al tratamiento algorítmico, a la resolución de ejercicios y a la naturaleza corpuscular de la luz. La metodología que utilizamos en la investigación es la biográfica-narrativa, puesto que nos permite ser protagonistas al valorar nuestra perspectiva y nuestra práctica como docentes. Como primer resultado logramos consolidar nuestra posición epistemológica frente a la construcción conceptual sobre la reflexión y refracción de la luz; con nuestra interpretación del *Tratado de la luz* de Huygens y Fresnel articulamos la dimensión teórica y la experimental; segundo, identificamos a partir de nuestra interpretación de la lectura de sus tratados una ruta alternativa, que nos permitió construir una propuesta pedagógico-didáctica basada en experiencias de la vida cotidiana, en los conocimientos que cada sujeto posee (conocimiento común) y nutrida por los debates y socializaciones que se llevaron a cabo; éstas nos abren, de un lado, las puertas para establecer un vínculo entre la teoría y la experimentación; y de otro lado, nos permitió comprender la construcción conceptual de la luz como onda donde la experimentación juega un papel central en su vínculo con la teoría y en la construcción fenomenológica.

Palabras clave: Experimentación, Construcción, luz, Reflexión, Refracción.

ABSTRACT

From our critical analysis of the training we receive, both in school and in the university, it allows us to characterize and recognize ourselves in a traditional approach, in which we propose the contents of geometric optics from the "theory" exclusively, consequently, we restrict ourselves to algorithmic treatment, the resolution of exercises and the corpuscular nature of light. The methodology we use in research is biographical-narrative, since it allows us to be protagonists in valuing our perspective and our practice as teachers. As a first result we managed to consolidate our epistemological position in the face of conceptual construction on reflection and refraction of light; with our interpretation of the Treaty of Light of Huygens and Fresnel we articulate the theoretical and experimental dimension; second, we identified from our interpretation of the reading of their treaties an alternative route, which allowed us to build a pedagogical-didactic proposal based on the experiences of daily life, on the knowledge that each subject possesses (common knowledge) and nurtured by the debates and socializations that took place; these open the doors to us on the one hand to establish a link between theory and experimentation; and on the other hand, it allowed us to understand the conceptual construction of light as a wave where experimentation plays a central role in its link with theory and phenomenological construction.

Keywords: Experimentation, Construction, Light, Reflection, Refraction.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de investigación construimos desde nuestra experiencia una narrativa autobiográfica sobre la práctica pedagógica y la formación que hemos recibido, mediante diferentes reflexiones en las que reconocemos el conocimiento común en pro de la construcción de conocimiento científico, las socializaciones o debates las consideramos como eje dinamizador y didáctico dentro de los procesos de formación y el uso del experimento al interior del aula, asumiéndolo como la observación precisa de un grupo de fenómenos, acompañado de su interpretación; lo cual nos permitió entrar en diálogo constante con los estudiantes.

Este trabajo consta de cuatro capítulos: El primero abarca la problemática evidenciada desde nuestra etapa como estudiantes de educación media, hasta nuestro proceso de práctica pedagógica. El segundo capítulo incluye el marco teórico dividido en: Las teorías científicas desde las que analizamos los fenómenos de reflexión y refracción de la luz, el enfoque pedagógico-didáctico que asumimos en el aula y la metodología de investigación. En el tercer capítulo se encuentra la propuesta que diseñamos, ésta se argumenta en un enfoque experimental con el uso del conocimiento común, elementos construidos por nosotros y las plenarias como una oportunidad para promover, validar y enriquecer los argumentos de nuestros estudiantes. Finalmente, situamos las reflexiones de los educandos que nos permitieron dar pie al análisis de nuestra propuesta pedagógico-didáctica que aplicamos en el aula y legitimamos a partir de aquellos resultados obtenidos, con el fin de validarla como alternativa en la construcción del conocimiento científico.

El primer capítulo lo justificamos desde aquellas prácticas de nuestros maestros en la secundaria y la educación universitaria, además de nuestras experiencias pedagógicas como docentes de física, en donde la enseñanza de esta área era orientada primero, mediante la reproducción del contenido de los libros texto, el planteamiento de éstos desde la “teoría” exclusivamente, y en consecuencia que se restrinja al uso algorítmico y a la resolución de ejercicios; segundo, que el experimento se use de forma predeterminada como un recetario. Las anteriores estrategias nos generan la siguiente pregunta de investigación: ¿para qué transformar

nuestra imagen tradicional sobre la física, la cual prioriza lo algorítmico, la resolución de ejercicios y la naturaleza corpuscular de la luz?

El segundo capítulo aborda el componente conceptual que fundamenta la investigación; por tal motivo, basados en la historia y epistemología de la ciencia, consideramos las obras científicas que nos ayudan a interpretar la forma como los teóricos reflexionaron sobre los fenómenos de reflexión y refracción de la luz, con el objetivo de conocer y analizar la forma en que ellos construyeron conceptualmente estos fenómenos y su proceder experimental, y a partir de dicho análisis, diseñar la propuesta alternativa que implementamos en el aula. Además, reúne el enfoque didáctico y pedagógico que adoptamos en el momento de orientar las clases que diseñamos; en este sentido, destacamos autores como: Guidoni, Duhem y Mach, quienes nos hablan de: una correspondencia entre experiencia, lenguaje y conocimiento; de la necesidad de rescatar la experimentación y con ésta el rol del sujeto como intérprete; y la formación de los conceptos potentemente sostenida por el lenguaje y las relaciones que el hombre establece con sus compañeros.

La metodología que utilizamos es la biográfico-narrativa, la cual nos hace protagonistas de la investigación; ésta nos permite reflexionar sobre nuestras experiencias y asumir la importancia de nuestra propia formación como maestros, a la vez nos hace sujetos dinámicos dentro de la investigación. A esto añadimos, que concientizarnos de nuestra práctica para asumirla como objeto de pensamiento por medio de los relatos pedagógicos en los que repensamos las experiencias del aula y nos vimos como maestros en ejercicio; permitió que reflexionáramos y articuláramos nuestros conocimientos actuales, en pro de adquirir nuevos, modificar o reestructurar los existentes de tal forma que identificamos una transformación significativa desde este enfoque metodológico.

El tercer capítulo pretende formarnos como maestros críticos y reflexivos por medio de una propuesta alternativa que consta de cuatro talleres experimentales, en los que argumentamos el camino establecido para construir conocimiento científico en torno a los fenómenos de reflexión y refracción de la luz, tenemos en cuenta nuestros saberes específicos sobre los temas desarrollados y las diferentes experiencias que vivimos a diario, las cuales pueden ser

reflexionadas desde la física, además de esto, el conocimiento común facilita la explicación de diferentes fenómenos naturales con los que interactuamos diariamente.

Para finalizar, en el cuarto capítulo realizamos un análisis de los talleres diseñados, revisamos las interpretaciones escritas y dichas por los estudiantes en los escenarios de socialización. Allí encontramos diversos puntos de vista, que ponen en juego una mirada de la ciencia que se construye por medio de la experimentación, de debates y conversaciones en las que maestros y estudiantes damos significados para llegar a un consenso, en la medida posible sobre los conceptos de reflexión y refracción de la luz desde la perspectiva ondulatoria.

CAPÍTULO I: Enseñanza de la reflexión y la refracción de la luz desde nuestra formación escolar y universitaria

Nuestra reflexión crítica sobre la enseñanza de la reflexión y refracción de la luz: caracterizada por la teorización y el carácter algorítmico

Desde nuestra experiencia como estudiantes en las diferentes instituciones educativas¹ y ahora como maestros en formación, desempeñándonos como profesores en las áreas de matemáticas y física en nuestro centro de práctica², identificamos que, en éstas, gran parte de los estudiantes prefieren las ciencias sociales y humanas frente a la física, la matemática, la química y, en general, las ciencias naturales. Dicha preferencia fue notada en nuestros compañeros de bachillerato, quienes mostraban apatía a la hora que nos correspondían aquellas clases; además, las observaciones realizadas en el colegio donde nos encontramos en la realización de nuestra práctica pedagógica, arrojó resultados similares, por ejemplo, si hacemos referencia a nuestras narrativas plasmadas en nuestros diarios de campo, encontramos que los estudiantes en clase de física desarrollan talleres de áreas diferentes, lo cual nos llevó a indagar a qué se debía esto y nos manifestaron que, “yo no necesito hacer eso, yo ya entendí el tema, además esos talleres son muy malucos”.

A partir de lo anterior, pudimos constatar lo que dijimos al inicio, pues notamos que se conserva esa apatía y rechazo a las clases de ciencias naturales y exactas; esto que mencionamos, radica en la forma en que hemos llevado a cabo el proceso de enseñanza, es decir, enfocados en una limitación de los contenidos a la teorización y a un carácter algorítmico. Esto es lo que de manera precisa presentamos actualmente en las aulas de clase, en el sentido que no llevamos a cabo una profundización en los temas que abarcamos en el área de física y evidenciamos una restricción a la transferencia de información sin dar cabida a espacios de reflexión.

¹ Institución Educativa Rural El Salto (Gómez Plata) e Institución Educativa La Inmaculada Concepción (Guarne).

² Institución Educativa Presbítero Antonio José Bernal Londoño, en la cual desarrollamos nuestro proceso de práctica pedagógica durante los semestres 2018-2 y 2019-1.

Ahora bien, basados en los contenidos de los “Estándares Básicos de Competencias en ciencias naturales”³, los cuales estuvieron vigentes desde el 2006 y que fueron la guía sobre lo que nosotros “deberíamos” saber y saber hacer con lo que aprendemos; a esto se añade, que no abordamos el conjunto de saberes referentes al tema de la luz en el grado octavo y noveno como está señalado en éstos; uno de los estándares en relación a la física establece que, al finalizar el noveno grado “reconozco y diferencio modelos para explicar la naturaleza y el comportamiento de la luz”⁴ (p. 139), según lo establecido en el estándar anterior no contamos con la enseñanza de lo que hace referencia este, por lo que nos preguntamos ¿cómo se lleva a cabo la enseñanza de la óptica en los escenarios educativos? ¿será que actualmente por negligencia o por omisión no se dan estos temas?

Análogamente con el análisis que realizamos acerca de los “estándares básicos de competencias”, aclaramos que en la década comprendida entre el año 2006 al 2016 hubo una transformación curricular, donde los contenidos referentes a la óptica se dan en el grado undécimo, los cuales encontramos en los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA)⁵, planteados por el Ministerio de Educación Nacional Colombiano (MEN)⁶. En la institución educativa en donde realizamos nuestras prácticas no se abordaron los temas referentes a óptica; en la programación que se llevó a cabo durante el año, solamente evidenciamos que dentro de la malla curricular había aplicabilidad del tema dicho en renglones anteriores a partir del segundo semestre del año 2018. En este mismo orden de ideas, encontramos que hay cierta dificultad para abordar los contenidos del tema tratado (óptica) y de esta manera, rescatamos la iniciativa que por parte del cuerpo docente encargado llevó a finalización dicho proceso, a pesar de los

³Según el MEN, M. D. (2006) “los estándares básicos de competencias constituyen uno de los parámetros de lo que todo niño, niña y joven debe saber y saber hacer para lograr el nivel de calidad esperado a su paso por el sistema educativo y la evaluación externa e interna es el instrumento por excelencia para saber qué tan lejos o tan cerca se está de alcanzar la calidad establecida con los estándares (Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas. p.9).

⁴ *Ídem*.

⁵Según el MEN, M. D. (2015) “Los (DBA), son la base fundamental para estructurar los aprendizajes de un grado y en sí, de un área en particular. De esta misma manera, los aprendizajes vistos como conjunción de unos conocimientos, habilidades y actitudes; y estructurante en tanto que pueden edificar el desarrollo futuro del individuo”. (p.6)

⁶ El Ministerio de Educación Nacional de Colombia (Min Educación) es un ministerio de la República de Colombia encargado de formular la política de educación nacional y fomentar el desarrollo de la educación.

impases que quizá pudiésemos haber encontrado en el camino de enseñanza y asimismo, observamos que la actividad de los montajes prácticos para explicar los procesos físicos que se llevaron a cabo en el aula de clase, fue un aliciente para que los estudiantes tomaran conciencia de la utilidad que tiene la física dentro de nuestro contexto actual.

Adicionalmente, notamos en nuestra práctica que dichos contenidos son abordados implícitamente desde una perspectiva corpuscular, con esta mirada nos referimos a la planteada por Isaac Newton, quien nos señala que la luz está compuesta por un flujo de pequeñas partículas emitidas por una fuente luminosa y que se propagan de forma rectilínea (Serway y Jewett, 2014). Y no se brindó lugar para analizar otras teorías existentes.

Por ende, notamos que no se cumplió con uno de los derechos que allí está constatado para el grado undécimo donde establece que el estudiante, al finalizar el grado *“Comprende la naturaleza de la propagación del sonido y de la luz como fenómenos ondulatorios (ondas mecánicas y electromagnéticas, respectivamente)”* (p.37). A tal causa, consideramos que nuestra formación recibida en educación media, ninguno de nosotros tuvo cercanía con temáticas en torno a este campo, pues las dinámicas del colegio y en ocasiones la metodología utilizada por el profesor no permitió avanzar en las mismas.

Así que, al transitar por la educación recibida en nuestra carrera de pregrado licenciatura en Matemáticas y Física, el curso de física de la luz que presenciamos en el mismo semestre académico, que fue dictado desde el tablero, con la realización de diferentes ejercicios y donde utilizamos espacios de laboratorio; a esto añadimos que el énfasis en talleres nos llevó a la utilización de fórmulas o algoritmos, las cuales después de ser demostradas matemáticamente, eran utilizadas en ejercicios, ejemplo de esto: es el principio de Huygens *“todo frente de onda puede ser considerado como fuente de otros frentes de onda que se propagan con la misma velocidad, frecuencia y longitud”* (Serway, R. Jewett, J. 2014, p.990) aplicado a la reflexión y la refracción de la luz, donde el profesor lo hace precisar y lo demuestra geoméricamente hasta

obtener la “ley de reflexión $\theta_1 = \theta_1'$ (donde θ_1 es el ángulo de incidencia y θ_1' es el ángulo reflejado)” Sepúlveda, A. (2016) y la ley de la refracción de Snell $n_1 \text{ sen } \theta_1 = n_2 \text{ sen } \theta_2$ ⁷.

Contrario a las prácticas experimentales que no tuvimos en el bachillerato, dichas prácticas en la universidad por su parte presentaban una serie de elementos que conllevaban a la realización de diferentes tipos de actividades, lo cual nos destinaba a seguir paso a paso unas instrucciones previamente entregadas y determinadas, que en cierta medida no dejaba que exploráramos el campo en sí. Los temas de reflexión y refracción, de alguna manera fueron abordados desde una perspectiva superficial, donde nosotros como estudiantes no tuvimos la oportunidad de generar un pensamiento crítico-reflexivo para llevar a cabo un buen proceso en la construcción de estos conceptos.

Así las cosas, la educación tradicional ha sido por muchos momentos en la historia un componente que en algunas ocasiones no ha dejado que esta misma trascienda y tome visos diferentes, ya sea desde el aspecto crítico-reflexivo o investigativo. Sin embargo, nosotros como docentes en formación, estamos en el deber de darle nuevos horizontes a la enseñanza de tal asignatura (física) para que se redescubra la importancia de esta en su totalidad y así se pueda generar un espacio de aquellos elementos que mencionábamos en líneas anteriores, con la finalidad de armonizar los momentos álgidos del conocimiento. Una ilustración es el siguiente ejercicio, el cual fue propuesto en el segundo taller para la preparación del segundo examen de física de la luz, donde evidenciamos con este ejercicio que los talleres indicados para la evaluación se reducen a la sustitución y utilización de fórmulas: “Un rayo de luz inicialmente en el agua entra a una sustancia transparente formando un ángulo de incidencia de 37° , y el rayo transmitido es refractado a un ángulo de 25° . Calcule la velocidad de la luz en la sustancia transparente. RESPUESTA: $1,58 \times 10^8 \text{ m/s}$ ”.⁸

Identificamos en el transcurso de nuestro caminar educativo, como sujetos de la facultad de educación, la importancia que tiene la Física en el devenir de la historia, la cual permea en

⁷Donde n_1 es el índice de refracción del primer medio y n_2 es el índice de refracción del segundo medio; θ_1 es el ángulo de incidencia y θ_2 es el ángulo refractado.

⁸ Taller 2: Guía para el segundo examen de física de la luz. Universidad de Antioquia.

muchos factores el momento actual que presenciamos y ello, genera así posibilidad de dar solución a las exigencias que el mundo plantea, ya sean de índole científico u otros.

Consideramos ahora, que los cursos de física de nuestra carrera han hecho énfasis en el aspecto del saber pedagógico-didáctico, es decir, se profundiza lo suficiente en la parte conceptual. ¿Cómo cambiar las diferentes prácticas que se nos han presentado en la universidad donde debemos seguir un paso a paso?

A pesar que en bachillerato no tuvimos un lugar específico para llevar a cabo nuestras prácticas experimentales en física, notamos que tampoco existía movilización alguna por parte de los profesores y la falta de estrategias o alternativas que promovieran el experimentar en nuestras clases. Seguidamente, podemos dar cuenta que, en gran parte de los cursos, todas las prácticas de laboratorio, como daremos a conocer en las siguientes imágenes, tienen instrucciones y se denota que en la minoría de los cursos restantes nos encontramos primero con cursos de física moderna(relatividad y cuántica) en los que no hubo cabida a la experimentación y segundo, hubo cursos(electromagnetismo, física de los medios continuos y termodinámica) donde las prácticas de laboratorio tuvieron un carácter exploratorio y espacios para la reflexión y discusión.

En la figura 1, presentamos el procedimiento de una guía de laboratorio en el que consideramos cómo la actividad experimental es dirigida tipo receta, es decir, nos presenta un paso a paso de lo que tenemos que realizar. Un ejemplo claro de esto es el laboratorio de óptica geométrica propuesto en el curso de física de la luz, donde el procedimiento que nos presentan allí, piden explícitamente que expresemos todos los cálculos de las medidas de la distancia focal de lentes para hallar imágenes con sus respectivos errores y medidas(ver figura 1); además, si procedemos a hallar la medida de la distancia focal, la cual es la medida del punto medio entre el lente y el objeto, encontramos que en la guía de laboratorio nos proponen una forma para desarrollar las actividades y cómo debemos mover los diferentes objetos(lentes) para poder obtener dicha medida descrita anteriormente.

10.4 Procedimiento

Todas las medidas y cálculos expréselos con error. Exprese las distancias en cm.

10.4.1 Medida de la Distancia Focal

El Método del Objeto Lejano

Se basa en la Ec. (10.1), $1/p - 1/q = 1/f$, con $p \gg q$. En este caso, $1/p - 1/q \approx -1/q = 1/f$, de donde $f = -q$: la distancia imagen del objeto lejano —basta con pocos metros para las lentes disponibles— coincide en magnitud con la longitud focal.

Con la lente 1:

Sea el objeto P , Fig. 10.2, alguna lámpara o ventana del salón retirada de la lente. Ponga la lente y la pantalla sobre la regla; puede hacer algo de oscuridad en la pantalla con una hoja o un

cuaderno encima de la pantalla. Mueva la lente hasta que observe la imagen más clara e intensa posible de P sobre el lado milimetrado de la pantalla (no sobre el lado que tiene un espejo); a esta la llamamos la imagen Q del objeto P .

Mida $q' = q \pm \Delta q$ como se indica a continuación: El error Δq en q es mayor que la apreciación de la regla con que lo mide (1 mm), puesto que la imagen se observa nítida a lo largo de todo un segmento en el que se mueve la lente, mucho mayor que 1 mm. Moviendo la lente determine la longitud de este segmento y tome la mitad de esta longitud como el error Δq (Fig. 10.2). Deje la lente en la mitad del segmento y mida a q como la distancia de la lente hasta la pantalla. Tenga en cuenta que al escribir un dato numérico debe pensar en el signo que le antecede, pues nuestras reglas de medida adolecen del defecto de no dar el signo; este debe ponerlo usted. Proceda de igual manera en situaciones donde haya incertidumbre a lo largo de un segmento (vea la sección A.5, p. 92, *Errores Apreciativos*). Ahora sí, aplique $f' = -q'$. La longitud focal debe dar positiva pues las lentes que estamos utilizando son convergentes o de *borde delgado*.

Repita con la lente 2.

Figura 1: Procedimiento - Laboratorio de física de la luz⁹

Notemos que en la figura 1 hacemos referencia al procedimiento del laboratorio óptica geométrica, cuyos objetivos son utilizar lentes convergentes y comprobar ecuaciones. De la anterior imagen, vemos que en este laboratorio “óptica geométrica”, se encuentra preestablecido por la señalización en rojo de la figura anterior, lo que tenemos que hacer y encontrar. Además, las preguntas que allí nos plantean ya están definidas, es decir, nos dan las respuestas sin darnos cabida a la argumentación o a diferentes interpretaciones, por lo que no nos permiten ahondar en el fenómeno estudiado (formación de imágenes a través de lentes por medio de la reflexión y refracción de la luz) e igualmente dichas preguntas propenden a solicitar cálculos, sustituir datos y hallar valores. Ver figura 2¹⁰.

⁹ Manual de Laboratorios de Ondas. Óptica geométrica. Universidad de Antioquia (Tomada de Álzate, H. (2013), p.p. 70-73).

¹⁰ Imagen tomada del informe de laboratorio “óptica geométrica” realizado para el curso física de la luz.

V. ANALISIS Y RESULTADOS.

- *El método del objeto lejano*

Para la lente 1:

$$p' = 26,5 \pm 0,2 \text{ cm}$$

$$q' = 26,3 \pm 0,2 \text{ cm}$$

$$f'_1 = \frac{pq}{p+q} \quad f'_1 = \frac{(26,5+0,2)(26,3+0,2)}{(26,5+0,2)+(26,5+0,2)}$$

$$f'_1 = (26,5)(26,3) \pm 696,95 \left(\frac{0,2}{26,5} + \frac{0,2}{26,3} \right)$$

$$f'_1 = 696,95 \pm 10,56 \text{ cm}$$

$$f'_1 = 6,96 \pm 0,1 \text{ m}$$

Para la lente2:

$$p' = 78,5 \pm 0,2 \text{ cm}$$

$$q' = 76,5 \pm 0,2 \text{ cm}$$

$$f'_2 = \frac{pq}{p+q} \quad f'_2 = \frac{(78,5+0,2)(76,5+0,2)}{(78,5+0,2)+(76,5+0,2)}$$

$$f'_2 = (78,5)(76,5) \pm 6005,25 \left(\frac{0,2}{78,5} + \frac{0,2}{76,5} \right)$$

$$f'_2 = 6005,25 \pm 31 \text{ cm}$$

$$f'_2 = 60,05 \pm 0,3 \text{ m}$$

Figura 2: Informe de laboratorio física de la luz¹¹

En la figura previa (figura 1.) observamos que esta guía¹² de laboratorio hace énfasis en solicitarnos específicamente la distancia focal entre dos lentes, y realizar estos procedimientos con sus respectivos márgenes de error como podemos observar en la figura 2. Así pues, esta práctica de laboratorio, limitándose a un carácter algorítmico, que enfatiza en la prueba teórica, y que, por ende, nos condiciona en cuanto a que no podemos realizar configuraciones diferentes para proceder frente a la elaboración del montaje, el cual consta de dos lentes, una fuente de luz y una varilla de 15cm o indicador y el análisis del mismo.

Al tener en cuenta nuestras prácticas pedagógicas I y II, descubrimos que éstas nos han permitido como futuros maestros, desarrollar posturas y acciones propias que resultaron de la indagación que llevamos a cabo en las aulas de clase. Así pues, hemos notado que los temas de reflexión y refracción son abordados de tal manera que se hace énfasis en la transmisión de información; con ello queremos decir que los temas mencionados anteriormente, nos motivan a

¹¹ Informe de laboratorio: documento donde registramos nuestros datos, gráficos, cálculos y conclusiones.

¹² Guía de laboratorio: documento que nos otorgan con algunas instrucciones para realizar una actividad propuesta.

entender la forma en sí que estos tienen para identificar la relación que hay respecto de la teoría dada en clase. Ahora bien, debemos denotar que faltó iniciativa para que se llevara a cabo las prácticas de laboratorio en la Institución, donde estas trasciendan más allá de una corroboración teórica y comprobación de fórmulas. Una ilustración es el siguiente ejercicio propuesto a manera de ejemplo (figura 3) en el libro Santillana física 2¹³, texto base para la preparación de clase de algunos maestros.

*** EJEMPLO**

Para mejorar la vigilancia, los dueños de un almacén, deciden poner un espejo de distancia focal 240 cm. Si una persona se encuentra en un pabellón a 6 m del espejo.

- Localizar la imagen de la persona.
- ¿Cómo es el tamaño de la imagen de la persona con respecto a su tamaño real?
- Describir las características de la imagen.
- Si la persona mide 2 m, ¿cuál es el tamaño o la altura de su imagen?

Solución:

- Como la distancia focal es negativa el espejo es esférico y convexo. Por tanto se tiene que:

$$\frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o} = \frac{1}{f}$$

$$d_o = 600 \text{ cm} \quad \text{Al expresar en cm}$$

$$\frac{1}{600 \text{ cm}} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{-40 \text{ cm}} \quad \text{Al reemplazar}$$

$$\frac{-16}{600 \text{ cm}} = \frac{1}{d_i} \quad \text{Al calcular}$$

$$d_i = -\frac{600 \text{ cm}}{16} = -37,5 \text{ cm} \quad \text{Al despejar } d_i \text{ y calcular}$$

La distancia de la imagen al espejo es $-37,5 \text{ cm}$, el signo menos indica que es una imagen virtual.

Figura 3: Ejemplo sobre reflexión. (formación de imágenes en espejos)¹⁴

En este sentido ¿por qué darle prioridad al uso del tablero, a la exposición objetiva de una información sobre los contenidos y delegarnos como estudiantes un papel pasivo como meros receptores?

En la figura anterior, podemos ver como el libro texto es utilizado en algunos contextos académicos para “despejar, reemplazar y calcular”. Así pues, ¿será posible ir más allá de ver

¹³ Hipertexto Santillana Física 2 & Física para ciencia e ingeniería.

¹⁴ Imagen tomada de Romero, O., y Bautista, M. (2011), P.117.

imágenes por reflexión para analizar la forma como se propaga la luz? o ¿cómo llega la luz hasta los objetos y por qué los podemos ver?

En suma, consideramos que el aspecto tradicional de la enseñanza en física no ha sido el mejor, puesto que hemos evidenciado durante la trayectoria de dicha enseñanza un anquilosamiento para con esta, lo cual ha permeado nuestro proceso formativo y no ha dejado que exploremos otras alternativas de enseñanza, es decir los procesos pedagógicos y didácticos. Así las cosas, indicamos que, durante nuestra práctica profesional, hicimos uso masivo del tablero y enfatizamos en la revisión algorítmica de los contenidos, lo cual deja prever una alineación hacia la parte “teórica” y abandono del componente didáctico, ello nos lleva a preguntarnos:

¿Para qué transformar nuestra imagen tradicional sobre la física, la cual prioriza lo algorítmico, la resolución de ejercicios y la naturaleza corpuscular de la luz?

Objetivos de la investigación

Objetivo general

Construir y legitimar una propuesta pedagógico-didáctica alternativa para abordar desde una perspectiva ondulatoria los fenómenos de la reflexión y la refracción de la luz.

Objetivos específicos

- Sensibilizar acerca del papel que juega la experimentación en la enseñanza-aprendizaje de la física.
- Propiciar las condiciones para generar espacios de discusión sobre las interpretaciones de los estudiantes en torno a reflexión y la refracción.
- Tomar conciencia de la experiencia vivida en torno a la metodología biográfico-narrativa, la cual nos permite caracterizarnos como sujetos activos dentro de la investigación.

CAPITULO II: Nuestra alternativa sobre la enseñanza de la reflexión y la refracción de la luz desde la perspectiva ondulatoria

La experimentación en nuestra construcción de conceptos físicos

Recordemos que en el capítulo anterior manifestamos nuestra imposibilidad de trascender en nuestras prácticas de laboratorio, por lo que al llevar a cabo un experimento notamos que, desde la física no nos basta únicamente con saber realizar un montaje o con la simple observación de lo que transcurre en el fenómeno¹⁵, sino que, nos comprometemos a reflexionar con base en nuestros conocimientos acerca de las teorías que nos permiten interpretar la experimentación; traemos a colación un ejemplo de Duhem, el cual es el experimento realizado por Arago y Foucault en donde el primero quería demostrar que la luz avanza a mayor velocidad en el agua que en el aire e indicó un procedimiento que era inaplicable, en cambio el segundo, realizó las modificaciones necesarias según sus conocimientos y halló que la luz se propagaba a menos velocidad en el agua que en el aire desde donde pudo mostrar que la teoría era incompatible con los hechos. pp (245-246). En este orden de ideas, al igual que Duhem (1914,2003) compartimos que el experimento en física consta de dos partes [...]

En primer lugar, en la observación de ciertos hechos. Para hacer esta observación, es suficiente estar atentos y tener los sentidos bien agudos: no es necesario saber física [...]

En segundo lugar, consiste en la *interpretación* de los hechos observados; y para ello, no basta con tener la atención despierta y la mirada atenta, hay que conocer las teorías aceptadas, hay que saber aplicarlas, hay que ser físico (p. 191).

Además de estar atentos y tener los sentidos bien agudos como establece Duhem, también requerimos conocimientos para acompañar el fenómeno de una interpretación, que nos abra las puertas para comprender físicamente lo que nos quiere mostrar la experiencia que se analizará, en nuestro caso experiencias que giran en torno a la reflexión y la refracción de la luz y obtener el mejor provecho de estas. Por otro lado, al dedicarnos a interpretar los resultados de un experimento de física, emitimos juicios e interpretaciones que se basan en un lenguaje abstracto

¹⁵ Fenómeno: acontecimiento propio de la naturaleza, que podemos reproducir e interpretar a través de los sentidos.

y teórico, que es construido a lo largo de la historia por la comunidad científica, un ejemplo de ello es la teoría ondulatoria de la luz propuesta por Huygens y Fresnel. Por ende, no podemos seguir en la realización del análisis sobre las teorías que mencionamos sin analizar primero las leyes enunciadas por dicha comunidad para un determinado fenómeno como lo son la reflexión y la refracción de la luz, es por esto que *“el objetivo de cualquier teoría física es la representación de las leyes experimentales”* (Duhem, 1914/2003, p. 237).

En efecto, coincidimos en lo que plantea este autor y consideramos necesario saber de teorías que posteriormente pueden ser estudiadas por medio de la experimentación y añádase a esto que, como experimentadores no simplemente nos podemos reducir a relatar los hechos observados durante la experimentación, sino a interpretar por medio de teorías establecidas correlaciones con lo observado para que tanto experimento como teoría se permeen uno al otro de forma paralela y conjunta. A tal causa, traemos a colación la siguiente cita de Arcá, Guidoni y Mazzoli (1990), la cual reza: “la interacción de la experiencia, lenguaje y conocimiento, constituyen el punto de partida de todo proceso de comprensión y determina su desarrollo” (p. 16). Es decir, consideramos que la esencia de toda experimentación es brindarnos herramientas para construir, comprender y por medio del lenguaje expresar lo que nos enseñan los fenómenos.

De lo anterior, consideramos pertinente aclarar que la experimentación en física no es sólo una constatación de hechos, sino que trasciende nuestras formas de interpretar el mundo, en la medida que la veamos como agente constructor de conocimiento. Duhem (1914/2003) nos refiere a que el experimento físico además de tener interpretación teórica es el enunciado de un juicio que relaciona entre sí ciertas nociones abstractas y simbólicas, cuya correspondencia con los hechos realmente observados la establecen solamente las teorías. Esto que nos plantea resulta ser verídico, basados en nuestras prácticas pedagógicas donde asumimos la experimentación como aquella que no se queda en una verificación de fórmulas o teorías, sino que permite a través de nuestras interpretaciones construir conocimiento.

A continuación, resaltamos un aspecto fundamental de la física, dicho aspecto es la relación indisoluble entre el conocimiento y la experimentación, como en su momento lo llegó a establecer Robert Boyle citado por Shapin y Schaffer (2005) quien nos permitió identificar que el

conocimiento debía ser generado a través del experimento, y que el fundamento de ese conocimiento debía estar constituido por los hechos producidos experimentalmente, lo cual consideramos como uno de los ejes principales de nuestro trabajo, pues nos permitirá con el experimento llevar a cabo dicha construcción de conocimiento, donde nosotros en conjunto con los estudiantes edifiquemos explicaciones que legitimen ese conocimiento. Seguidamente desde las lecturas que Shapin y Schaffer (2005) realizaron sobre Robert Boyle y Hobbes establecemos lo importante que son los diálogos, socializaciones, debates y todo ello lo vemos como un proceso inherente a la construcción de conocimiento científico que se valida a través de esa relación entre pares o relaciones sociales que a su vez son un testimonio colectivo y aquellas que son a partir de “experiencias ordinarias o comunes” según Hobbes las aliadas y los mejores testigos de los fenómenos de la naturaleza y las interpretaciones que les damos.

Así pues, “un experimento físico es la observación precisa de un grupo de fenómenos acompañada de la INTERPRETACION de estos fenómenos” (Duhem, 1914,2003 p.193). Al momento de experimentar consideramos importante dejar claro que la observación y la interpretación nos llevan a reflexionar con base a los conocimientos que poseemos, y además la interpretación nos abrirá las puertas para comprender tanto desde la postura física (conocimiento físico) como la personal (conocimiento común) ya que esto es a los que nos lleva la experiencia. De igual forma, interpretar lo asumimos como traducir desde nuestra propia postura y luego conceptualizar de acuerdo con las teorías conocidas. Esta interpretación nos acerca, nos familiariza con las causas y acontecimientos que surgen e influyen en el asombro, la interrogación, predicción y otras dinámicas que nos fortalecen a la hora de comprender lo que conlleva la experimentación.

Al igual que Arcá, Guidoni y Mazzoli (1990): Vemos, pues, que hay experiencias, hay modos de hablar, hay cosas de las que se puede hablar, y hay conocimientos. “El problema más complicado es, quizá, cómo entender «conocimiento» respecto de «experiencia» y «lenguaje»: si experiencia es aquello que se vive en la interacción directa con la realidad, conocimiento es aquello que viene como «desprendido» de la realidad misma, y reconstruido, a través de un lenguaje de manera autónoma” (p. 28). Así las cosas, logramos identificar que a través de los diálogos, socializaciones, argumentos, discusiones o debates que damos en torno al análisis de la

experimentación, se deja entrever que dichos elementos sirven como ejes principales para construir conceptos, donde estos a su vez juegan un papel importante de interacción. De esta manera, Mach (1948) nos dice: *“el hombre forma sus conceptos (...) potentemente sostenido por el lenguaje y por las relaciones con sus compañeros”* (pp. 111-112)

El rol de la analogía en nuestra interpretación de la propagación ondulatoria de la luz

Dentro de nuestro proceso de análisis a los autores Huygens y Fresnel, nos encontramos con la posibilidad de dar utilidad a una forma de pensamiento, que se basa en entretener e hilar comparaciones de situaciones ya conocidas por nosotros gracias a la experiencia con la construcción de nuevos conocimientos; así mismo, nos basamos en establecer relaciones con ciertas “cosas, conceptos e ideas” que proceden de nuestro conocimiento actual y que tienen sus propias estructuras y significados, posteriormente las analizamos de forma minuciosa hasta la medida posible y a partir de allí construir otras “cosas, conceptos e ideas” en las que hacemos cambiar el significado de los elementos originales. A partir de lo anterior con Arcá, Guidoni y Mazzoli (1990), analizamos que este argumento nos conduce a las analogías y estos autores al respecto nos indican que:

(...) los jóvenes se dan cuenta no sólo del poder, sino también de los límites de este trabajar entre lo general y lo particular, mediante analogías y comparaciones, o mediante semejanzas y diferencias. ¿Por qué características un gato puede ser considerado similar a un niño (o un niño a un gato) ?; ¿por cuáles, en cambio, se diferencia profundamente de él? ¿y cómo comprender no sólo de qué modo diversos gatos pueden considerarse iguales entre sí (tanto que es posible llamarlos a todos con el nombre de «gato»)? (...) (p. 96)

A partir de lo anterior, interpretamos que la analogía nos dota de herramientas para comprender y pensar en todas las semejanzas y diferencias existentes entre ondas mecánicas y ondas lumínicas; de acuerdo con las comparaciones que establecemos podemos preguntarnos. ¿qué características hacen que podamos considerar similares las ondas sonoras y las ondas luminosas? ¿qué diferencias podemos establecer entre las ondas producidas en el agua al arrojar una roca y las ondas provenientes de una fuente de luz? ¿y cómo comprender que diferentes

ondas pueden considerarse iguales entre sí (tanto que es posible llamarlas a todas con el nombre de “ondas mecánicas u ondas electromagnéticas)?

Adicionalmente, esta forma de razonar nos permitirá comprender los fenómenos de la reflexión y la refracción de la luz desde la perspectiva ondulatoria, dicha forma la consideramos como una ruta en la que la analogía a partir de lo que interpretamos de Arcá, Guidoni y Mazzoli (1990), nos permite rápidamente convertir los pensamientos en objeto de reflexión, estudio y desarrollo, con referencia a ello, nos indican que:

En cualquier nivel, en efecto, se tiene la capacidad de individualizar semejanzas y diferencias significativas; y se pueden reagrupar con el mismo criterio también procesos y relaciones que se encuentran en niveles diversos, tomando como ayuda sistemas de analogías y de metáforas (puestas en evidencia a veces por las mismas estructuras de nuestro lenguaje) (p.104)

Al respecto, interpretamos que poseemos esas capacidades para establecer relaciones y a partir de ello surgen comparaciones en las que hacemos paralelos de las posibles semejanzas o diferencias del concepto, tema o situación que analizamos.

En este sentido, consideramos que establecer analogías con situaciones conocidas a través de la experiencia que adquirimos, y servirnos de ella para interpretar otras situaciones menos familiares, como las que analizaremos a continuación respecto a la naturaleza de la propagación de la luz, donde identificamos que Huygens (1690/1945) en su tratado, se refiere que así como el sonido se propaga en el aire formando superficies esféricas que se amplían constantemente hasta llegar a nuestros oídos, así mismo, la luz se propaga como el sonido por superficies y ondas esféricas hasta llegar a nuestros ojos. Resaltamos además, la analogía hecha en relación con el concepto de onda, interpretamos que para que se establezca dicha analogía, el científico llama ondas a las semejantes a aquellas que se forman en el agua al arrojar una roca sobre la superficie de ésta, y a la vez forman ondas que se propagan sucesivamente en forma circular.

De lo anterior, desde el análisis que hicimos a lo propuesto por Arcá, Guidoni y Mazzoli (1990), interpretamos que Huygens utiliza fragmentos de situaciones cotidianas, adaptándolas y transformándolas por analogía a situaciones diversas como las que mencionamos en el párrafo anterior. Resaltamos además, la importancia que se da a las experiencias de la vida cotidiana, pues a veces, al resultarnos complejo explicar un concepto de física, recurrimos en muchas ocasiones a experiencias cotidianas que pueden ser familiares a quien tratamos de explicarle, es por esto, que al traer estas experiencias probablemente despertemos el interés y la curiosidad por el tema que tratamos.

Una vez establecida la propagación de la luz de forma circular y ondulatoria por medio de analogías, procedemos a analizar ahora una experiencia hecha por Huygens (1690/1945) donde nos propone; encerrar un cuerpo sonoro (bafle) en un recipiente de vidrio al cual le extraemos el aire con la máquina de Boyle, donde observó que:

no solamente nuestro aire que no penetra el vidrio es la materia por la cual se propaga el sonido; sino también que no es este aire, sino otra materia quien propaga la luz, puesto que, habiendo extraído el aire del recipiente, la luz no deja de atravesarlo como al principio. (p.47)

Por lo anterior, inferimos que la luz no solo se propaga de forma ondulatoria y circular, sino que posee propiedades diferentes a las del sonido que hacen posible su viaje a través del vacío. Es por esta razón que aún después de haber extraído el aire, la luz de la linterna no deja de atravesar el recipiente, así concluimos igual que Huygens que la onda se propaga al interior y a través de esta clase de cuerpos tanto sólidos como el vidrio, o líquidos como el agua, los aceites, etc. (p. 63)

A la experiencia precedente añadimos lo analizado de Huygens (1690/1945), donde establece que: “toda fuente de iluminación está comprendida por dos líneas rectas trazadas desde el punto luminoso y por tanto, todo objeto que se encuentre dentro del rango de iluminación que está determinado por estas dos rectas podrá ser observado” (pp.52-53) para ejemplificar este asunto observemos la siguiente figura.

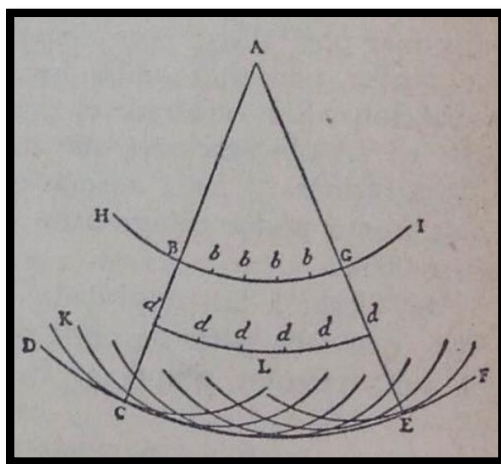


Figura 4: Rango de iluminación.¹⁶

De la figura anterior, analizamos que la onda BG que tiene como centro el punto luminoso A se propaga en el arco CE limitado por las rectas ABC y AGE, e inferimos que todo cuerpo que se encuentre fuera del área que determinan las dos rectas ya mencionadas no podrá ser observado.

Lo anterior, nos lleva a retomar el fenómeno de refracción a partir de la siguiente experiencia, donde tenemos una fuente de luz y ubicamos en frente de esta un prisma, por ende, del análisis anterior interpretamos que, el prisma podrá verse debido a que se encuentra dentro del rango de iluminación de la fuente pero ¿qué efectos hay detrás de iluminar un prisma?; así pues, para dar respuesta a este interrogante e ir más allá de la observación Fresnel plantea que:

Resulta de este fenómeno [fenómeno de óptica que siempre acompaña la refracción, se le ha dado el nombre de *dispersión*] que los rayos de los diversos colores no son refractados igualmente o, en otras palabras, que las ondas de diferentes longitudes no se propagan con la misma velocidad en los mismos medios, pues es una consecuencia necesaria de la explicación sobre la refracción (p.246).

¹⁶ Imagen tomada de Huygens, C. (1690/1945), P. 53

En conclusión, logramos analizar que detrás del hecho de iluminar un prisma, nos encontramos con los fenómenos de refracción y dispersión de la luz, donde podremos apreciar la descomponían de la luz blanca en todos los colores que la conforman, producto de la refracción de la luz que se da con el prisma.

Nuestra interpretación de la teoría ondulatoria de la luz: referente a los fenómenos de la reflexión y la refracción

Nuestros estudios como futuros maestros nos han permitido identificar que, a lo largo del tiempo, han estado vigentes dos teorías que nos indican que la luz está compuesta por corpúsculos y la otra en donde la luz presenta un comportamiento ondulatorio; en nuestro caso, daremos utilidad a la teoría de las ondulaciones y traemos a colación lo mencionado en el capítulo uno, donde dejamos constatado que comprender la naturaleza de la propagación de la luz desde los fenómenos ondulatorios es un derecho básico de aprendizaje en ciencias.

Ahora bien, hemos decidido desde nuestros propósitos resaltar algunos aspectos importantes de esta teoría acerca de la naturaleza de la luz y nos enfocaremos en ella para desarrollar la construcción de los conceptos sobre los fenómenos de la reflexión y la refracción, esta teoría al igual que otras existentes nos sirve para explicar los fenómenos que conciernen a la luz. Para llevar a cabo este objetivo recurrimos a la teoría ondulatoria propuesta y defendida por Cristian Huygens y Agustín Fresnel.

Aporte que nos brinda Huygens sobre la teoría ondulatoria. Reflexión y refracción de la luz

A partir de lo propuesto por Huygens¹⁷ en su obra “tratado de la luz” (1690/1945), analizamos e interpretamos sus razonamientos geométricos, para dar explicaciones a algunos

¹⁷ Cristian Huygens, nacido el 14 de abril de 1629 en la ciudad de La Haya y Fallece allí mismo el 8 de julio de 1695, fue miembro de la Royal Society y se destacó en las áreas de astronomía, física y matemáticas. Su obra más notoria es el Tratado de la luz, considerado como “*la obra maestra de Huygens en la óptica*”, su obra completa termino de imprimirse en enero de 1690, donde explicó la naturaleza ondulatoria de la luz. (Cortés, Pla. (1945), pp. 25-30).

fenómenos de la óptica como reflexión y refracción de la luz desde la perspectiva ondulatoria, como mostraremos a continuación.

Antes de realizar un análisis entorno al fenómeno de la reflexión de la luz, consideremos una superficie plana y pulida como lo hizo Huygens para facilitar su demostración geométrica, aunque sabemos que nuestra experiencia nos indica que la reflexión de la luz puede darse en la mayor parte de superficies sin importar su forma o tamaño; es decir, ya sea que el cuerpo sea redondo, cuadrado, o de forma triangular, la reflexión de la luz se dará. Así pues, Huygens (1690/1945) nos expone lo siguiente:

Sea la línea AC inclinada sobre AB una parte de una onda de luz cuyo centro esta tan lejano que puede considerarse a AC como una línea recta. (...) si se considera luego, los otros puntos H de la onda AC, estos no solamente habrán llegado a la superficie AB siguiendo las rectas HK paralelas a CB, sino que además habrán engendrado en la superficie, ondas esféricas particulares con centros en K y que están representadas por las circunferencias cuyos radios son iguales a los KM. (ver figura 5) (p.59)

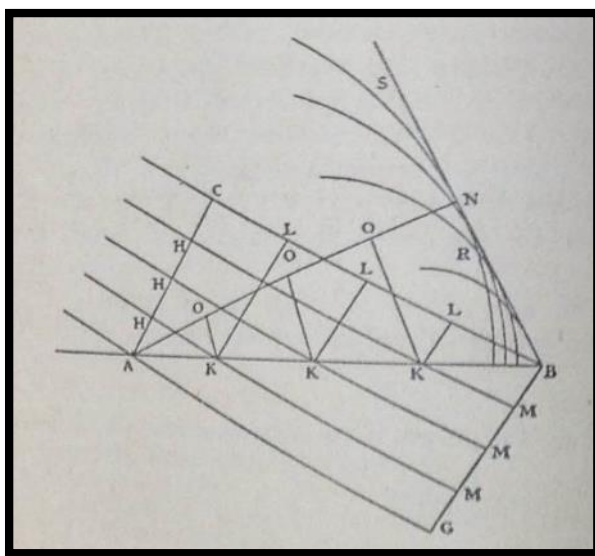


Figura 5: Reflexión de la luz¹⁸

¹⁸ Imagen tomada de Huygens, C. (1690/1945), P. 58.

Según lo expuesto anteriormente, si observamos nuevamente la imagen anterior (figura 4), interpretamos que la onda AC y todos los puntos H que la conforman e inciden en la superficie AB, generan nuevas ondas con centros en K que son reflejadas justo hacia la recta BN; es decir, si trazamos las rectas KO paralelas a BN podremos identificar la trayectoria de la onda reflejada. Adicional a esto, al realizar un análisis de la figura 5, podemos dar cuenta de la igualdad entre los ángulos de incidencia y el reflejado, y a su vez, podemos identificar que la onda incidente sobre la superficie que asumimos pulida cambia de dirección sin atravesar dicha superficie; esto precisamente lo llamamos igual que Huygens reflexión de la luz.

Igualmente, a la demostración precedente que acabamos de analizar, Huygens (1690/1945) refiere que un rayo visible de luz por angosto que sea tiene siempre un cierto espesor y por lo tanto para representar la onda cuyo avance determina este rayo es necesario considerar en lugar de una línea AC una figura plana, como el círculo HC. En este sentido, para aclarar lo que acabamos de exponer observemos la siguiente figura.

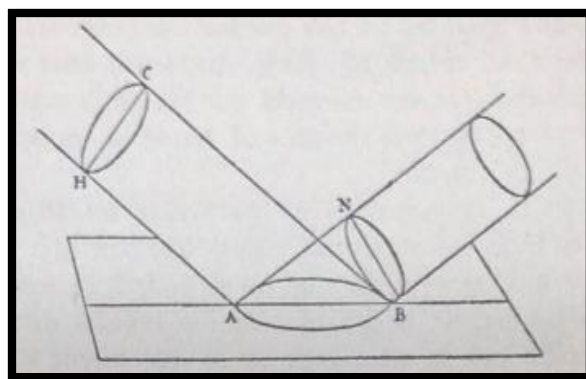


Figura 6: *Espesor de un rayo de luz reflejándose.*¹⁹

De la figura anterior, analizamos que, si asumimos que el punto luminoso se encuentra muy lejano, nos será fácil ver que cada pequeño punto de esta onda HC, al llegar al plano AB engendrará su onda particular BN (Huygens 1690/1945), así pues, de lo anterior interpretamos que por muy delgado que parezca un rayo de luz, este siempre tendrá un espesor, y la propagación y reflexión de las ondas se dará conforme mostramos en la figura anterior.

¹⁹ Imagen tomada de Huygens, C. (1690/1945), P. 61.

Ahora bien, en la misma forma que hemos analizado e interpretado los efectos del fenómeno de reflexión mediante ondas de luz que se reflejan, pasemos entonces a dar explicaciones a los efectos del fenómeno de refracción, valiéndonos igualmente de ondas de luz desde nuestra interpretación de Huygens, donde cierta cantidad de ondas se reflejan en la superficie de contacto y otra cantidad atraviesan dicha superficie.

Así las cosas, nos encontramos con que Huygens (1690/1945), se refiere a que el progreso de ondas de luz debe ser un poco más lento en el interior de los cuerpos, en razón de las pequeñas desviaciones que originan las mismas partículas que componen dicho cuerpo. Por lo que las desviaciones que se producen provocan una disminución en la velocidad de la luz, a causa de la refracción.

En este sentido, interpretamos que, la velocidad de las ondas de luz al atravesar un cuerpo disminuye, debido a que cada partícula que compone dicho cuerpo produce desviaciones en las ondas y es por esta razón que se nos es posible apreciar experimentalmente que hay un cambio en la dirección. Notemos además que el autor añade lo siguiente, lo cual nos permite identificar algunas de las características del fenómeno de refracción donde establece que

La principal propiedad de la refracción es que un rayo de luz como AB (Ver figura. 6) viniendo del aire a incidir oblicuamente sobre la superficie pulida de un cuerpo transparente como FG, se quiebra en el punto de incidencia B, de manera que con la recta DBE que corta perpendicularmente a la superficie, forma un ángulo CBE menor que ABD que es el formado por la misma perpendicular con el rayo situado en el aire. (p.68)

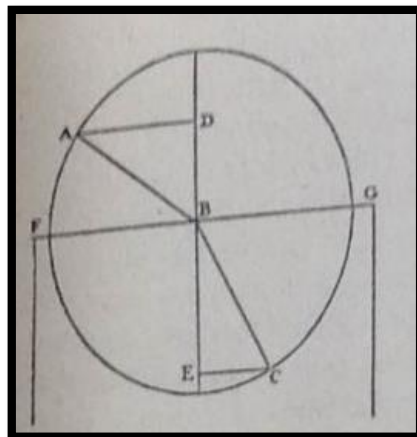


Figura 7: Refracción de la luz. Huygens²⁰

Es decir, si analizamos la figura anterior, podremos dar cuenta que un rayo incidente de luz AB, al llegar a la superficie de contacto se quiebra y atraviesa la superficie con un ángulo menor al de incidencia; el cual es una característica del fenómeno de refracción. Además, otra de las características importantes y que aluden al fenómeno de refracción de la luz es la propuesta por el mismo autor donde establece que:

Las refracciones son recíprocas entre los rayos que entran en un cuerpo transparente y los que salen, es decir, que si el rayo AB entrando en el cuerpo transparente se quiebra según BC, también CB siendo considerado como un rayo en el interior del cuerpo, al subir se desviara según BA (p.68).

En otras palabras, lo que el autor nos da a entender, es que todo rayo de luz que pasa a través de una superficie transparente se desvía con un ángulo determinado; pero, si consideramos el mismo rayo de luz, al hacerlo incidir nuevamente hacia la superficie que acaba de atravesar, este rayo se desviará con el mismo ángulo que había incidido inicialmente para atravesar dicha superficie, (ver figura 9)

²⁰ Imagen tomada de Huygens, C. (1690/1945), P. 68.

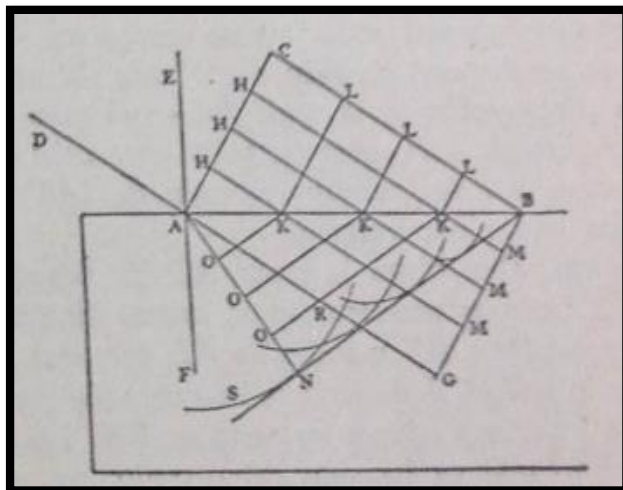


Figura 8: Refracción de la luz. Huygens²¹

observemos cómo la figura anterior nos sirve para ejemplificar la relación que acabamos de describir, es decir, las refracciones concuerdan con los rayos que entran y los que salen.

Aportes que nos brinda Fresnel sobre la teoría ondulatoria. Reflexión y refracción de la luz

Para continuar, analicemos ahora las construcciones teóricas ofrecidas por Agustín Fresnel²², ya que a partir de su obra construimos una mirada acerca de los fenómenos de reflexión y refracción de la luz que vale la pena vislumbrar, donde se presenta desde la perspectiva ondulatoria. Fresnel es un científico que consideramos como uno de los grandes influyentes en el desarrollo de la ciencia, la matemática e ingeniería; nosotros tenemos en cuenta sus principales aportes en la física óptica, especialmente sobre los fenómenos de reflexión y refracción de la luz como lo mencionamos anteriormente.

²¹ Imagen tomada de Huygens, C. (1690/1945), P. 69.

²²(1788 - 1827) Nació en Broglie y fue descendiente de una familia normanda. Podemos afirmar que se destacó en la matemática, el área de la ingeniería y las investigaciones científicas dentro de la que se rescata entre 1815 a 1819 su actividad incesante con la teoría ondulatoria, de 1819 a 1824, completa esa magna tarea ampliando la validez de la teoría a los fenómenos de polarización, doble refracción, óptica cristalina, y enunciando la más genial de sus hipótesis: la transversalidad de las vibraciones luminosas. La teoría ondulatoria de la luz (Cortés, Pla. (1945), pp. 153-157).

Dentro de las obras de Agustín Fresnel, abordamos la *Teoría de la luz (Théorie de la Lumière, 1822/1945)*, en esta obra que dedicamos a leer, constatamos una recopilación de su fructífera actividad investigativa acerca de la naturaleza de la luz; experiencia tras experiencia nos ubica en una perspectiva desde la cual notamos la importancia de analizar la teoría de las ondulaciones y el medio por el cual se propagan las ondas, históricamente dicho autor nos expresa que,

(...) desde hace largo tiempo, los físicos han tenido una discusión y división en cuanto al comportamiento de la luz. Unos suponen que es emitida por los cuerpos luminosos; y los otros, que resulta de las vibraciones de un fluido elástico, infinitamente sutil, propagado en el espacio, así como el sonido se debe a las vibraciones del aire (p. 159).

Con Fresnel nos damos cuenta que la teoría ondulatoria resurge y se apodera impetuosamente a partir de lo realizado hasta esa fecha por el científico Huygens, además experimentación tras experimentación y por medio de sus demostraciones geométricas, las afirmaciones que él realiza van confirmándose. En su trabajo, identificamos que desglosa los fenómenos que le conciernen a la óptica de forma constructiva, entre ellos los dos mencionados con anterioridad y en los cuales nos focalizaremos.

La forma de nosotros querer estudiar la naturaleza de la luz es la ondulatoria y ha sido clarificado desde inicios de nuestro trabajo, entendemos que durante la historia la luz hay dos formas de comportarse según su naturaleza; como nos lo especificó Fresnel en la cita anterior, nosotros asumiremos el estudio desde las ondas, así como las superficies circulares que se forman en un estanque al arrojar algún objeto, al igual que la propagación del sonido debido a las vibraciones del aire, que, aunque provengan de naturaleza diferente, podríamos asumirlos como ejemplos y analogías de la teoría ondulatoria. Dentro de su obra *Teoría de la luz (Théorie de la Lumière, 1822/1945)*, Fresnel recopila gran cantidad de postulados e interpretaciones experimentales que giran alrededor de los fenómenos ópticos como la difracción, dispersión, reflexión y refracción desde esta perspectiva ondulatoria, que analizaremos enseguida.

Para dar explicación acerca de la reflexión de la luz, Fresnel (1822/1945) expone lo siguiente (ver figura 9 simultáneamente):

Por una comparación sacada del choque de los cuerpos elásticos, hemos hecho ver como una parte del movimiento vibratorio era reflejado en la superficie de contacto de dos medios de densidades diferentes [...] Sean ED y FG dos rayos incidentes que han partido del mismo centro de ondulación que supongo a distancia infinita, de manera que estos rayos sean paralelos entre sí; sea AB la superficie reflejante; tracemos por el punto G la recta GI perpendicular a los rayos ED y FG: esta será la dirección de la onda incidente en el momento en que viene a encontrar en G a la superficie reflejante. De acuerdo al principio de Huygens, podemos considerar cada uno de los puntos G y D sucesivamente alcanzados por la onda, como siendo ellos mismos centros de perturbación, que, actuando aisladamente, enviarían los rayos en una infinidad de direcciones y con intensidades diferentes (pp. 236-237).

Analizamos, que las ondas de luz al encontrarse con una superficie reflejante tomarán direcciones diferentes a las que traían y de igual forma sus intensidades las veremos variar en el momento en que la onda se refleje en la superficie de contacto entre los dos medios de densidades diferentes; todo lo que nos ofrece Fresnel (1822/1945), incluido un experimento bastante familiar en el que “darle utilidad a un espejo, situándonos en una habitación oscura y luego hacer incidir sobre el espejo los rayos de un punto luminoso” (p.240), nos permitirá analizar de forma directa el fenómeno de reflexión: analicemos ahora, dos rayos de luz que sufren este cambio de dirección y variación en su intensidad en el momento en que inciden con una superficie de contacto (ver figura 9).

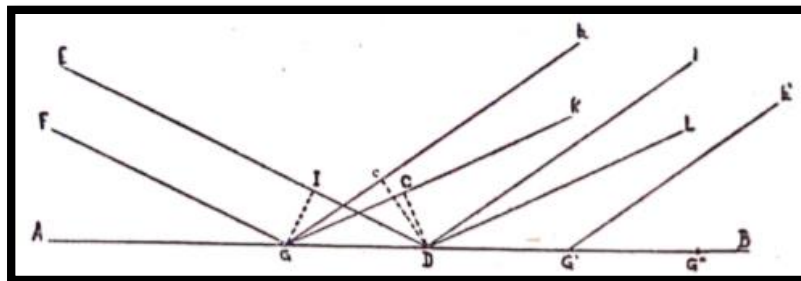


Figura 9: reflexión de la luz. Fresnel.²³

Adicional a ello, y de acuerdo con la figura 9, el autor añade que

En efecto, consideremos la onda reflejada a una distancia infinitamente grande de AB relativamente al intervalo GD y a otros intervalos del mismo orden: sean GK y DL dos rayos elementales reflejados, concurrendo hacia un mismo punto de esta onda: a causa de la distancia infinita en que este se encuentra situado, serán paralelos. Supongamos el ángulo KGB igual al ángulo EDA; es claro que las vibraciones por los rayos KG y DL en su punto de concurrencia estarán perfectamente en concordancia. En efecto, a causa de la igualdad de estos ángulos, si del punto D se baja sobre GK la perpendicular DC, los dos triángulos GCD e IDG serán iguales y por lo tanto, GC será igual a ID (Ibid., pp. 237-238).

Interpretamos, que los ángulos que intervienen en el proceso tienen una relación matemática que se basa en aspectos geométricos y radica en la semejanza de los ángulos allí presentados. Estos ángulos de incidencia y de reflexión conservan una igualdad en sus medidas y nos muestran la desviación que sufren los rayos al encontrarse con una superficie reflejante, de lo cual logramos inferir que Fresnel al igual que Huygens aportó rasgos matemáticos al fenómeno de la reflexión, lo que nos permite hacer predicciones sobre los ángulos y los comportamientos de los rayos en este fenómeno.

Nos encontramos con que Fresnel, además nos habla de la divergencia de los rayos reflejados y el cómo esta se vuelve mayor en la medida en que el espacio reflejante es más

²³ Tomada de Fresnel, A. (1822/1945), p. 237.

estrecho, llevándonos lentamente hasta llegar al pulido especular sin la necesidad de una superficie perfectamente lisa, al respecto nos indica que

(...) No es necesario considerar la superficie del espejo mejor pulido —como lo hizo notar Newton—, perfectamente lisa y formando un plano matemático; al contrario, es evidente que cualquiera sea el procedimiento empleado en el pulido, estará erizada de una infinidad de pequeñas asperezas (...) (Ibid., p.240).

Aquí nos encontramos con una afirmación de Fresnel que nos hizo analizar sobre el fenómeno de reflexión y nos preguntamos, ¿qué tanta fineza debe tener la superficie para cumplir con la reflexión de la luz?. Microscópicamente sabemos por la experiencia que la mayoría de las superficies que hay a nuestro alrededor no son perfectamente pulidas y quizá pasamos desapercibido ello, pues las asperezas o hendiduras como lo llama Fresnel no están al alcance de nuestros sentidos, superar este tipo de cuestiones le corresponde al fenómeno de reflexión; que según Fresnel son superados y la experiencia lo confirma sin desligarnos de los fenómenos que acontecen en la cotidianidad de cualquier sujeto.

La respuesta a esta pregunta subyace en el ejemplo presentado por Fresnel:

En lugar de tener el trabajo del pulido en un grado conveniente (lo que sin duda sería difícil), emplead un espejo simplemente dulcido²⁴, es decir que su superficie ha sido bien preparada y lisa, solamente con esmeril fino, e inclinad el espejo sobre los rayos incidentes hasta que comencéis a distinguir una imagen bastante nítida del objeto blanco que miráis por reflexión (...). A medida que la oblicuidad del espejo aumenta, la imagen viene a ser más blanca y más brillante; y cuando se aproxima²⁵ a ser paralelo a los rayos incidentes, la reflexión es tan regular y casi tan abundante como si el espejo hubiese sido perfectamente pulido (Ibid., pp.241-242).

²⁴ Procedimiento aplicado a cualquier compuesto mineral destinado a ser pulido o tener brillo.

²⁵ Tengamos en cuenta que no debemos poner por completo el espejo paralelo a los rayos incidentes, pues si se da el paralelismo entre ellos no podremos observar el objeto.

Nos encontramos con una experiencia en donde vemos que, la oblicuidad del espejo produce el mismo efecto que si estuviéramos en el trabajo de pulir y disminuir las irregularidades de la superficie, hasta el punto que la reflexión no se vea alterada por ellas y el fenómeno sea quizá mucho más fácil de entender y reproducir por cualquier persona.

Posteriormente, nos encontramos con aportes de Fresnel al fenómeno de la refracción de la luz. En nuestro análisis traemos a colación lo que Fresnel nos expone al respecto de este fenómeno

Sea AB la superficie de separación de dos medios (ver figura 10)²⁶ en los cuales la luz no se propaga con la misma velocidad. Supondré además que los rayos incidentes FG y ED han partido de un punto infinitamente alejado y en consecuencia, son paralelos entre sí

(...) Por el punto G trazo GI perpendicular a los rayos infinitamente grande relativamente al intervalo GD, en otros términos, los movimientos correspondientes de las ondulaciones de dos rayos incidentes llegarán simultáneamente a G y a I; así, ID es el exceso que el rayo ED debe recorrer con respecto al otro, para llegar a la superficie. Igualmente, si se consideran dos rayos elementales refractados, emanados de los puntos G y D y concurrentes en un punto infinitamente alejado, según las direcciones GK y DL y se traza la perpendicular DM; GM será la porción de camino que el rayo GK debe recorrer más que el otro a partir de la superficie para llegar al punto de concurrencia (Ibid., pp.242-243).

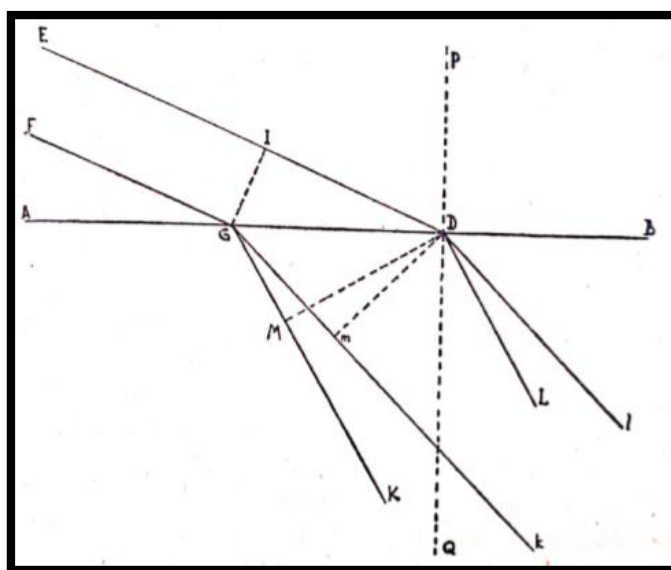


Figura 10 Refracción de la luz. Fresnel

²⁶ Tomada de Fresnel, A. (1822/1945), p. 243.

Interpretamos que los rayos de luz al pasar de un medio a otro, ambos con diferentes características: la densidad, elementos químicos que los compongan, etc. Sufren cambios en sus velocidades de propagación, los recorridos que experimentan, también son diferentes, aunque llegarán simultáneamente a un punto de convergencia. En este sentido, y en concordancia con lo que explicamos anteriormente, Fresnel amplifica que

No puedo terminar esta sucinta exposición de la refracción, sin presentar algunas vistas teóricas sobre un fenómeno de óptica que siempre lo acompaña, que se ha estudiado bastante y es quizá todavía, uno de aquellos cuyas leyes son menos conocidas: me refiero a la división que la luz experimenta al atravesar un prisma y al cual se le ha dado el nombre de *dispersión*, puesto que separa y dispersa los rayos coloreados que componen la luz blanca, haciéndole seguir caminos diferentes (Ibid., p.246).

En efecto, nosotros en nuestra formación específicamente universitaria, estudiamos el fenómeno que sufren los rayos al pasar por un prisma y observamos mediante la experiencia esa separación de la luz blanca, en consecuencia a ello, nos encontramos con una diversidad de franjas de colores que nos llevaron a analizar por qué esto sucedía y cómo era posible que los colores no fueran refractados igualmente, que, las diferentes longitudes de onda no se propagaban con velocidades iguales en los mismos medios.

De lo anterior identificamos que Fresnel (1822/1945) añade que “debe pues suponerse que en los medios refringentes²⁷ las ondas de distinta longitud no se propagan con la misma velocidad, o, en otros términos, no son reducidas según la misma relación” (Ibid., p. 246). Es decir, que hasta ahora los hechos nos han mostrado que las ondas luminosas de diferentes longitudes se propagan con velocidades distintas en los mismos medios y ello nos indica que el fenómeno de refracción se puede abordar desde fenómenos diferentes como *la dispersión*, la formación del arcoíris, entre otros. Todos podemos explicarlos desde la perspectiva ondulatoria y sin desligarse de la experiencia.

²⁷ Que refractan la luz.

Metodología de la investigación: una oportunidad para reflexionar sobre nuestra formación y práctica docente

Reflexionar sobre nuestras experiencias adquiridas durante nuestra etapa escolar, universitaria y ahora como maestros, nos ha permitido optar en nuestra investigación darle un enfoque metodológico “biográfico-narrativo”, el cual nos hace sujetos dinámicos dentro de la investigación, así mismo, Suárez (2007) afirma:

Las narraciones profesionales que muestran el saber pedagógico construido al ras de la experiencia desde la perspectiva de sus productores, son materiales documentales densamente significativos que incitan a la reflexión, la conversación informada, la interpretación, el intercambio y la discusión horizontal entre docentes y/o aspirantes a la docencia. (p.29)

En este orden de ideas, dicha metodología no solo nos permite reflexionar en relación a nuestros propios estudios, capacidades y saberes desarrollados como maestros, sino que también podremos darle nuevos significados e intercambiar saberes entre pares. Aceves (1994/2001) al respecto señala que esta investigación “emerge como una potente herramienta, especialmente pertinente para entrar en el mundo de la identidad, de los significados y del saber práctico y de las claves cotidianas presentes en los procesos de interrelación, identificación y reconstrucción personal y cultural” (Citado en Bolívar y Domingo, 2006, p.3). Así mismo, al promover la validez de nuestras concepciones y procesos educativos tanto dentro como fuera del aula, nos brinda la posibilidad de defender nuestro discurso desde las prácticas que hemos vivido. En este sentido, reflexionamos y articulamos nuestros conocimientos actuales, para adquirir nuevos, modificar o reestructurar los existentes.

Esta metodología biográfico-narrativa, nos permitió adentrarnos en lo más profundo de la teoría y la práctica en el ámbito educativo, donde reflexionamos sobre nuestros sentimientos, inquietudes e identidades del profesorado y a partir de allí, movilizarnos como profesores a hacerlo mejor (Bolívar y Domingo, 2018). En este último aspecto, consideramos importante analizar nuestras prácticas educativas que acontecen en el aula, considerando la reflexión sobre

la práctica como una herramienta de cambio no solo en nuestras concepciones sino también, en nuestras prácticas y lo más importante, en nuestra forma de actuar y desenvolvernó en el aula.

Así mismo, consideramos que la documentación narrativa de nuestra investigación, al hacernos protagonistas de todos los procesos educativos en los que participamos, esperamos nos permita, argumentar y reflexionar por medio de testimonios escritos, para llegar a establecer una mirada personal e íntima de nuestro proceso educativo, con el fin de transformar los ambientes escolares donde pretendemos construir conocimiento con los estudiantes.

Finalmente, no podemos perder de vista en ningún momento que este trabajo está amparado bajo una metodología biográfico-narrativa y se enfoca fundamentalmente en nuestra experiencia y construcciones propias; por ello, no presentamos la búsqueda de antecedentes sobre otras investigaciones del mismo tema, sino, que realizamos una construcción propia desde la lectura de libros fuente y autores directamente relacionados con él.

CAPITULO III: Nuestra propuesta pedagógico - didáctica para el estudio de la reflexión y la refracción de la luz

Introducción

Para que entendamos la naturaleza de la luz, requerimos dejar claro el tratado que le dimos a la propagación de esta, nuestro enfoque se dio desde la perspectiva ondulatoria tal como lo dejamos constatado en el capítulo II; por ende, nuestro interés se sitúa en la necesidad de realizar una propuesta que permita la comprensión sobre la propagación de la luz como onda y los comportamientos que experimenta a través de un medio; por ejemplo Huygens en el capítulo II nos expresó la analogía que realiza al especificar que la luz se propaga sucesiva y circularmente como lo hacen las ondas en el agua si arrojamos un objeto.

Por lo anterior, con esta propuesta pedagógico-didáctica, esperamos comprender los fenómenos (ver capítulo II) ondulatorios de la luz e identificar lo transcendental que es el estudio de estos, de modo tal que los talleres diseñados nos aclaren a qué nos referimos con la palabra onda, lo fenomenológico que le concierne y la construcción conceptual de la reflexión y la refracción de la luz. De igual forma, nos hemos dado cuenta que aunque es difícil comprender las causas del porque la luz se comporta como onda, hemos percibido las formas naturales del comportamiento de la materia, de forma específica al oscilar y/o propagarse en forma de ondas. por ejemplo: el sonido, vibran los edificios y puentes, tiembla la tierra y los seres vivos, se propagan las olas del mar, etc. ¿Por qué y cómo vibran las cosas? ¿qué es una onda? ¿qué tienen en común los fenómenos mencionados anteriormente?

La experimentación en nuestra propuesta pedagógico-didáctica, adquiere gran valor e importancia en el proceso de construcción de conocimiento; por consiguiente, de acuerdo con Duhem (1914,2003) analizado en el capítulo II, el experimento nos lleva a tener una observación detallada, física y precisa de un grupo de fenómenos que deseamos estudiar, en este caso corresponde a la identificación de elementos de nuestro interés como la propagación de la luz, el medio en que lo hace, la reflexión y la refracción de ésta. Incluso, Campbell (1956, 1986) establece que hay leyes experimentales que no es posible conocer sin la ayuda del experimento.

Esto resulta ser de gran importancia para nosotros como agentes activos dentro del proceso, pues al realizar las actividades experimentales se plantean contrastes, surgen preguntas y análisis; todo esto con el fin de posibilitar el entendimiento y generar interés y sensibilización frente a los diversos tipos de fenómenos que abarca esta área del conocimiento científico.

Ahora bien, desde lo que analizamos de Guidoni en el capítulo II, al referirnos a la analogía como estrategia de pensamiento, ésta nos permitirá estudiar la propagación de la luz a partir de las ondas generadas en una cubeta y las ondas sonoras emitidas por un baffle. Con la realización de esta propuesta, esperamos enriquecer nuestro aprendizaje y a posteriori que sea posible compartirlo con otras personas, donde podamos resaltar la relación existente entre teoría-experimento en la construcción de conocimiento.

¿Cómo llevar a cabo las prácticas experimentales en clase de física que permita a nuestros estudiantes plantear nuevas preguntas y reflexiones frente al fenómeno estudiado?

La actividad experimental como parte esencial de nuestro trabajo, implicó no verla como una simple toma de datos o corroboración teórica, donde el resultado sea lo único que tenga validez o relevancia buscando tener un margen de error mínimo. Es por esta razón, que al inicio en nuestro *seminario de práctica*²⁸ al presentar nuestro primer taller experimental, con el objeto de estudiar los fenómenos de la reflexión y la refracción de la luz y que consta de unas imágenes que desaparecen al sumergirlas en el agua, nos sirvió para pensarnos que esta actividad experimental no es la más adecuada, pues no permite la comprensión y construcción de conceptos. Aclaramos que vimos la necesidad de realizar algunas modificaciones sobre el inicio de nuestros talleres y reestructurar nuestra propuesta; en el hecho de que no fomentara de forma directa el estudio de los fenómenos mencionados, sino que dieran apertura a la construcción de los mismos con respecto al conocimiento que posee el estudiante.

²⁸ Encuentro académico entre nuestra asesora y los estudiantes que pertenecemos a su línea de investigación, dichas reuniones se realizan cada 8 días los viernes en la Universidad de Antioquia-Medellín, durante los semestres 2018-2, 2019-1 y 2019-2.

En este sentido, en nuestra propuesta la argumentación es un factor significativo y más aún si sabemos que como seres humanos es indispensable la comunicación, pues en ella podemos dar manejo a nuestro lenguaje y justificamos o refutamos un punto de vista o una opinión con el fin de llegar a acuerdos en las concepciones o ideas acerca de un concepto.

Con las modificaciones que realizamos a nuestra propuesta, abrimos las puertas a la exploración y a expandir nuestra creatividad e imaginación acerca de los fenómenos estudiados. Además, nos permitió darle sentido a las actividades experimentales que llevamos a cabo, por medio de la teoría, interrogantes que se plantearon, momentos de discusión y socializaciones a la hora de abordar temáticas de la luz y cómo dicha experimentación constituyó un modelo que nos permitió realizar la construcción de conceptos correspondientes a los fenómenos de la reflexión y la refracción de la luz. A continuación, presentamos la actividad experimental 1 que fue llevada a cabo durante el seminario de práctica y que resultó del estudio de un artículo titulado: *Revisión de una sorprendente demostración de la reflexión interna total*. Propuesto por Lee, J., Cha, Y. W., Jung, Y. S., Oh, E. J., Moon, Y. L., & Kim, J. B. (2016).

Actividad experimental N°1: reflexión y refracción de la luz

La experimentación en física ha permitido a los estudiantes acercarse y familiarizarse con las causas y acontecimientos que surgen e influyen en el asombro, la interrogación, predicción y otras dinámicas que fortalecen la comprensión de fenómenos físicos. Einstein y Enfield (1986) plantean que “el objeto de toda teoría física es la explicación del más amplio conjunto de fenómenos posible”, es por ello que proponemos una actividad experimental que permita realizar una indagación más a fondo acerca del fenómeno de la reflexión y la refracción, que les permita a los estudiantes realizar indagaciones posteriores de los fenómenos, pero que en principio puedan con sus propias palabras tratar de dar razones que le permitan justificar el por qué sucede dicho fenómeno.

Practica experimental

La actividad experimental consiste en una película mágica que desaparece en el agua. A modo de ejemplo, si cogiésemos una imagen cualquiera de las películas mágicas en nuestro caso la del corazón roto, podemos notar que la figura 11(a)²⁹ en el aire observamos una imagen de un corazón con una ruptura, sin embargo, si ponemos esta película mágica en el agua la ruptura del corazón desaparece como mostramos en la figura 11(b).

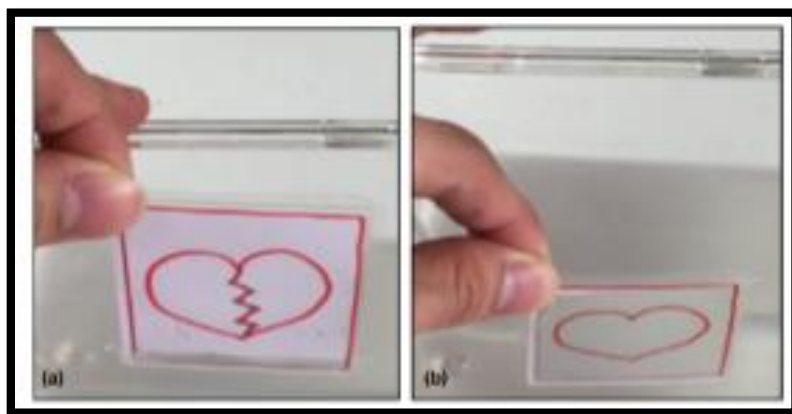


Figura 11: La película mágica que muestra la desaparición en el agua. (a) imagen en el aire y (b) imagen en el agua.

Lo anteriormente descrito lo observamos con estas películas mágicas, debido a los fenómenos de reflexión y refracción. Adicionalmente proponemos otras experiencias como la del lápiz sumergido en agua (ver figura 12), donde podemos apreciar

(dependiendo del ángulo de visión) que el lápiz se encuentra aparentemente roto (refracción de la luz).



Figura 12: Lápiz sumergido en agua

²⁹ Imagen tomada de Lee, J., Cha, Y. W., Jung, Y. S., Oh, E. J., Moon, Y. L., & Kim, J. B. (2016). p. 410.

Objetivos de la práctica

Basados en los DBA (Derechos básicos de aprendizaje), al finalizar esta práctica experimental el estudiante deberá ser capaz de:

- Definir y describir en que consiste los fenómenos de la reflexión y refracción de la luz.
- Comprender el comportamiento que tiene la luz frente a distintos medios.
- Explicar los fenómenos ondulatorios de la luz en casos prácticos (reflexión, refracción).

Preguntas de socialización

¿Por qué razón creen que desaparece la imagen?

¿Proponga un ejemplo de la cotidianidad?

¿Dónde es posible observar estos fenómenos?

¿Qué entienden por reflexión y refracción de la luz?

¿Por qué el lápiz sumergido en el agua se ve aparentemente roto?

Especifiquemos escenarios donde desarrollamos nuestra práctica y el papel que jugamos en el proceso investigativo.

Empecemos por describir el lugar donde realizamos nuestra práctica pedagógica: Institución Educativa Presbítero Antonio José Bernal Londoño, ubicada en el barrio Toscana de la ciudad de Medellín, comuna 5 cercana a la estación Acevedo del metro; institución que acoge estudiantes de estratos 1, 2 y 3. Es necesario resaltar que nos adaptamos fácilmente a las dinámicas de la institución, no presentamos inconvenientes disciplinarios, tuvimos una buena puntualidad y cumplimiento con los horarios; participamos en las actividades académicas, pedagógicas y socioculturales que estuvieron previstas para esa época con la comunidad educativa, resaltando entre ellos una actividad denominada “el carrusel de la física” organizada por nosotros durante toda una jornada escolar en la que los estudiantes pasaban por stands en los que habían montajes experimentales y explicación teórica del funcionamiento de estos; todo este proceso se nos facilitó gracias al apoyo que recibimos de nuestras profesoras cooperadoras.



Nuestra práctica inició en el segundo semestre del año 2018, donde estuvimos distribuidos en los grupos de décimo y undécimo en las asignaturas de matemáticas y física; la

edad de los estudiantes osciló en un rango de 15 a 20 años. Consideramos valiosos los conocimientos construidos dentro del aula de clase; ya que este surge de la interacción maestro-alumno, es decir en las discusiones, debates y socializaciones que fluían en cada una de las actividades que realizábamos. Cabe mencionar que nuestras propuestas posibilitaron espacios en los que la construcción de conocimiento se evidenció como resultado de la relación descrita anteriormente, toda esta experiencia fortaleció nuestra labor docente en función de la enseñanza de la asignatura de física con sentido y compromiso.

Resaltamos que desde un inicio queríamos dar lugar a ambientes experimentales en los cuales se evidenciara el papel que juega la física en la vida diaria de los sujetos, las preguntas e interacciones que surgen en las relaciones que se establecen con los montajes y esto a su vez consolida nuestro entendimiento de los conceptos físicos; además evidenciamos que la enseñanza de la física en dicha institución no tenía interacción con situaciones experimentales, en nuestro diario de campo donde recopilamos información acerca de lo que vivimos se encuentra constatado que las clases eran abordadas de forma tradicional (especificado en el capítulo uno). De forma general, pensarnos que nuestra práctica nos ayudó a establecer una identidad de maestro que se instala en dar un lugar fundamental al experimento en las clases de física, que propicie momentos en los que el estudiante se rete a intervenir, a utilizar lo que sabe desde su trayectoria y contexto particular sin temor a la equivocación, pues se entretejen conocimientos entre todos y donde exista la necesidad de transformar algunas ideas erradas, lo hagamos en conjunto.

La segunda práctica pedagógica la iniciamos en el primer semestre del año 2019, en ella desarrollamos nuestra propuesta que fue construida por nosotros en su totalidad junto con los montajes o instrumentos utilizados, esta propuesta se encuentra detallada a lo largo de este capítulo; la cual fue implementada en nuestro seminario de práctica ante nuestros colegas o compañeros de donde surgieron aportes, modificaciones y a su vez legitimación del proceso que desplegamos, de igual forma contamos con la población del grado 11^oA (aproximadamente 25 a 30 estudiantes) de la institución mencionada, los estudiantes tenían edades que oscilaban entre los 16 y 19 años. Aclaramos que la información que presentamos en este capítulo acerca de los educandos se encuentra autorizada por un protocolo ético (ver figura 13 y 14), con el cual, tanto

los estudiantes implicados como sus respectivos acudientes nos brindaron su autorización para utilizar en esta investigación la información recopilada que se encuentra distribuida en material multimedia como videos, fotografías, audios, material escrito y dibujos.

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1881

INSTITUCIÓN EDUCATIVA
ANTONIO JOSÉ BERNAL

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

Nombre de la investigación: *Experimentación y construcción de conocimiento científico: el caso de la óptica*. Licenciatura en Matemáticas y Física. Facultad de Educación, Universidad de Antioquia.

Investigadores: Yomaira Gutiérrez Zapata, Andrés Felipe Justacaro Florez, Sebastián Vásquez Barrientos, Bladimir Agudelo Castrillón, Kevin Yadilthon Caro Betancur, Sergio Arturo Orozco Mejía y Olga Luz Dary Rodríguez Rodríguez.

Esta investigación tiene como propósito elaborar y argumentar algunas propuestas pedagógico-didácticas en física, en particular en el campo de la óptica, para los grados once, apoyadas en la experimentación como eje de la construcción de conocimiento científico.

Esta investigación propone como protagonistas a los maestros en formación de la Licenciatura en Matemáticas y Física Yomaira Gutiérrez Zapata, Andrés Felipe Justacaro Florez, Sebastián Vásquez Barrientos, Bladimir Agudelo Castrillón, Kevin Yadilthon Caro Betancur y Sergio Arturo Orozco Mejía, quienes adelantan su práctica pedagógica en los grados décimo y once de la Institución Educativa Presbítero Antonio José Bernal Londoño, bajo la asesoría de la Docente de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia Olga Luz Dary Rodríguez. Para ello se considera como espacio de reflexión el aula de clase y las experiencias que de ella se desprenden, las cuales involucran tanto a los docentes en formación como a los estudiantes. Las docentes que nos apoyan por parte de la Institución Educativa son Angélica Liliana Molano Zárate y Diana Lucía Londoño Londoño, en tanto docentes de las áreas de física y matemáticas en los grados décimo y undécimo.

En virtud de lo anterior, les comunicamos que los estudiantes de los grados décimo y once del primer semestre del año 2019 de la I. E. Presbítero Antonio José Bernal son partícipes de esta investigación y les solicitamos su aceptación como representantes legales de los jóvenes para socializar públicamente los resultados de este proceso.

Presentamos para ello nuestro compromiso ético, concerniente al uso adecuado, respetuoso y discrecional de la información por ellos suministrada. Esta información sólo será utilizada para los propósitos enunciados en el marco de esta investigación y presenta total independencia de la evaluación del año escolar en curso. Garantizamos además el proceso de retroalimentación con base en lo analizado y los créditos de carácter investigativo que como protagonistas de la investigación se merecen.

Así pues, las personas que firman este documento autorizan a los investigadores para que las fuentes de información como escritos, fotografías, entrevistas, grupos de discusión, y demás sean la base de análisis de esta investigación. Toda esta información se protege en atención a la Ley 1581 de 2012 cuyo objeto es el de proteger la información personal que se recoge en bases de datos, archivos o similares. Les solicitamos comunicarnos las recomendaciones o sugerencias que consideren pertinentes.

Figura 13: Protocolo ético página 1³⁰

³⁰ Imagen propia, tomada de protocolo de compromiso ético y aceptación de los participantes en la investigación.

_____ Yomaira Gutiérrez Zapata	_____ Andrés Felipe Justacaro Florez
_____ Sebastián Vásquez Barrientos	_____ Bladimir Agudelo Castrillón
_____ Kevin Yadilthon Caro Betancur	_____ Sergio Arturo Orozco Mejía
_____ Olga Luz Dary Rodríguez Rodríguez	
Nombre del participante (estudiante): _____	
Firma del acudiente: _____ Identificación: _____	
Observaciones:	

Figura 14: Protocolo ético página 2.³¹

Seguidamente, queremos aclarar que los análisis se sitúan en la legitimación de nuestra propuesta, pues ella nos permite construir conocimiento científico, brindar un aprendizaje y enseñanza de la física de una forma alternativa en la que el papel de la experimentación juegue un papel fundamental, donde los espacios de discusión, interpretación y socialización generen en su posibilidad un consenso y donde el abordaje de los conceptos físicos no se desliguen de los

³¹ Imagen tomada de protocolo de compromiso ético y aceptación de los participantes en la investigación.

conocimientos propios de cada sujeto. Esta condición de autonomía nos es otorgada por la metodología biográfico-narrativa, al construir un campo de investigación orientado a la reflexión en torno a nosotros, nuestra experiencia, la particularidad del contexto y la necesidad de mostrar nuestra práctica.

Finalmente, nuestra participación en eventos académicos nos brindó la posibilidad de aprender y compartir saberes, además que permitió compartir los resultados de nuestro proceso y de igual manera expandir nuestro conocimiento de diferentes experiencias educativas nacionales y extranjeras que se presentaron sobre la enseñanza de la física, incluido también el estudio de la pedagogía y las distintas formas de investigar en educación. La primera participación correspondió al mes de septiembre de 2018, al hacer presencia en el *10° Congreso Nacional de Formación en Investigación para Docentes de Preescolar, Básica y Media*, desarrollado en Medellín, Antioquia. En esta ocasión realizamos un avance significativo en nuestro proceso de investigación, al asociarlo al aspecto de la calidad de la educación en las instituciones y donde se priorizó la lectura del contexto estudiantil.

En el mes de noviembre del mismo año, tuvimos la posibilidad de participar en el *9° CNEF Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía*. Se desarrolló bajo la organización de la Universidad Pedagógica Nacional, la Asociación Colombiana de Profesores de Física y la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en la ciudad de Bogotá. Se expusieron trabajos concernientes a la enseñanza de la física y la astronomía, donde se evidenciaron diferentes propuestas enfocadas a la historia. La epistemología, la experimentación entre otros y en nuestro caso priorizamos la construcción de conocimiento mediante la historia y la epistemología en la enseñanza de la óptica, adicionalmente enriquecimos nuestra propuesta al darnos cuenta que el enfoque ondulatorio realmente podía definir una ruta diferente para comprender los fenómenos de la óptica geométrica.



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
LICENCIATURA EN MATEMÁTICAS Y FÍSICA



I.E Presbítero Antonio José Bernal Londoño, Grado 11-A

Taller Experimental 1: “El mundo de las ondas”

Nombres: _____

Profesores: *Andrés Felipe Justacaro Flórez / Sebastián Vásquez Barrientos* Fecha: _____

- Responda las siguientes preguntas y represente sus argumentos gráficamente:
 - A. Describa de qué formas es posible alterar el agua que hay en un recipiente en reposo y qué sucede con la superficie del agua alterada.

 - B. Una vez perturbada el agua sumerja un objeto en ella, de tal modo que quede una parte cubierta por agua y la otra parte por fuera. ¿Qué ocurre con el agua que hay en las proximidades del objeto?

 - C. Con el agua en reposo introduzca dos bloques o hexaedros rectangulares de tal forma que quede por fuera del agua parte de ellos. Realice una perturbación al agua ¿Qué sucederá en las cercanías de los objetos?

 - D. En el agua en reposo realice una perturbación en dos lugares diferentes simultáneamente ¿qué sucederá con el agua?

Justificación de la actividad experimental N°1

Nuestro Taller Experimental 1: “El mundo de las ondas” consta de un grupo de preguntas orientadoras con las que procuramos tener un diálogo y discusión con los estudiantes de grado 11° en torno a la analogía sobre la naturaleza de la propagación de la luz como onda. Así pues, pretendemos que las preguntas también den lugar a un debate que muestre los puntos de vista de los estudiantes e incluso se vea ligado a los argumentos que proveerá la experimentación, a partir de nuestra curiosidad y las preguntas que surjan respecto al montaje (ver figura 15) y al fenómeno expuesto de las ondas generadas en la superficie del agua contenida en la cubeta.

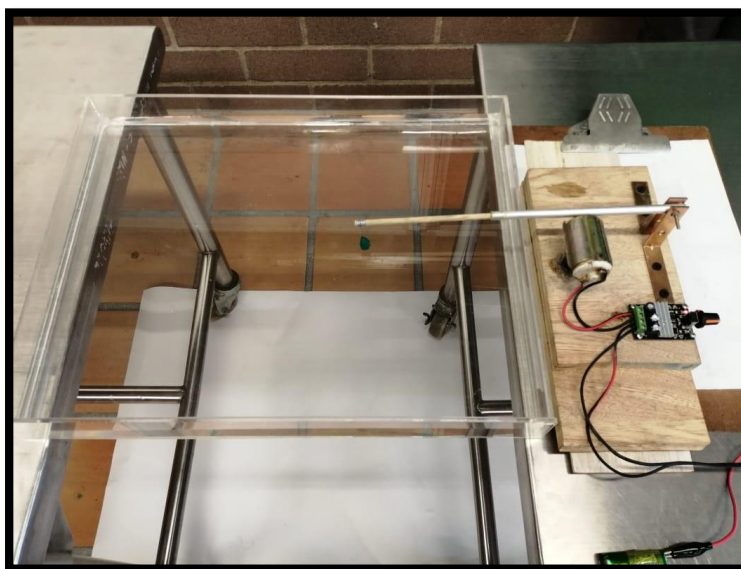


Figura 15: Montaje cubeta de ondas³²

De esta manera, en el literal A del taller, solicitamos una descripción de las posibles formas de alterar un medio, específicamente el agua que se encuentra en reposo en un recipiente con el fin que cada persona desarrolle diferentes maneras de generar ondas³³ en la superficie del agua. Tal como dejamos explícito en el capítulo II, consideramos pertinente hablar de ondas en el estudio de la luz debido a que el tratado que le dimos es desde las ondulaciones, de igual

³² Imagen propia, tomada de montaje experimental cubeta de ondas y generador.

³³ Significado que interpretamos y abordamos desde Huygens y Fresnel en el capítulo II.

forma sus representaciones gráficas nos ayudarán a analizar las interpretaciones sobre onda que se tengan.

Al respecto, con el literal *B* de la actividad experimental 1, pedimos que den argumentos sobre lo que puede ocurrir al acercarse la perturbación a un objeto, en este sentido, consideramos pertinente traer a colación los aportes de Huygens (1690/1945) analizado en el capítulo II, quien en primer lugar desarrolla las propiedades de la propagación de la luz y la reflexión que experimenta en el encuentro con otros cuerpos, como lo hace en este caso la perturbación del agua al encontrarse con una parte del objeto sumergido y la otra expuesta a la intemperie (ver figura 16). Además, con esta actividad pretendemos potenciar elementos a la hora de referirnos al concepto de onda y el comportamiento ondulatorio de la luz; con respecto a este último, en el literal *D* mostramos y retomamos el aspecto que hace referencia a la interferencia de la luz ya analizada en el capítulo anterior, como nos lo presenta Huygens, quien hace referencia a que la luz al propagarse por todas partes y que al venir de distintos puntos, los rayos de luz se atraviesan unos a otros sin obstaculizarse; es pues este nuestro objeto con el literal *D*, analizar cómo la luz se superpone y no se destruye desde un punto de vista ondulatorio.

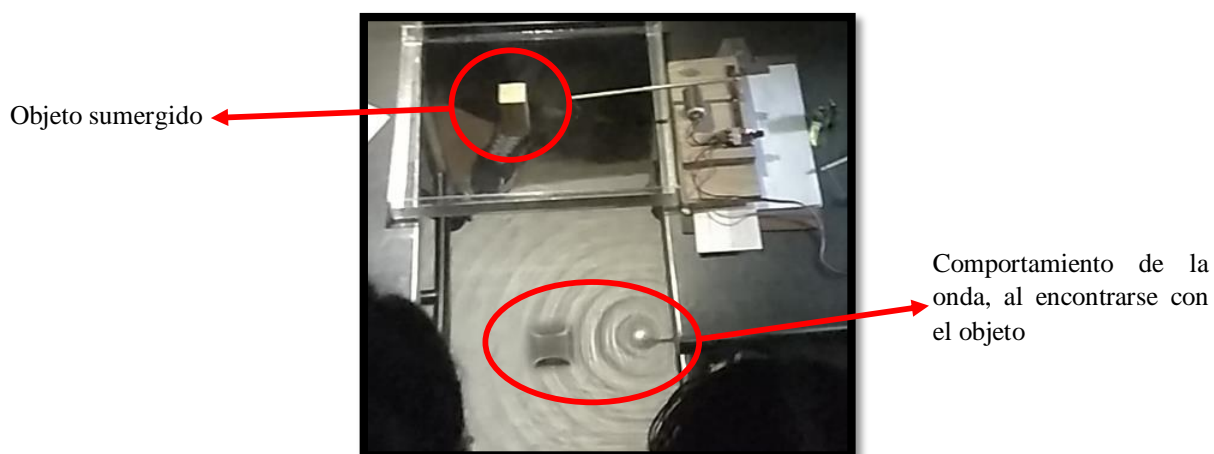


Figura 16: Objeto sumergido y comportamiento ondulatorio.³⁴

³⁴ Imagen tomada de experimentación taller 1.

Como ya lo hicimos notar, optamos por presentar este taller desde la perspectiva mecánica y realizar la analogía con la propagación ondulatoria de la luz, y añádase a esto, que al retomar una de las problemáticas que identificamos ya plasmadas en el capítulo I, donde hacemos referencia a la deficiencia que hay en abordar los contenidos de óptica también incluidos en los DBA; esperamos que este taller y los que componen esta propuesta, permitan cerrar la brecha existente para que dichos contenidos sean abordados y permita comprender y tener contacto con los fenómenos de la propagación del sonido y de la luz como fenómenos ondulatorios analizados a partir de ondas mecánicas.

Socialización:

Interrogantes orientadores:

¿Qué nombre le darían a lo que ocurre en la superficie del agua?

¿Cómo creen que llega la luz hasta los objetos o cuerpos que nos rodean?

¿Cómo creen que la luz viaja hasta nuestros ojos?

¿Por qué creen que sucede este tipo de cosas con la superficie del agua próxima al objeto?

Experimentación

- Realice el montaje de la figura
- Agrega agua en la cubeta a un nivel medio
- Coloca cartulina blanca debajo del montaje de la cubeta
- Apaga la luz del salón y enciende una linterna que ilumine la cubeta
- Coloca el generador de ondas
- Coloca un objeto geométrico en la cubeta y observa que sucede
- Coloca dos bloques rectangulares en la cubeta y observa que sucede
- Cambia la configuración del generador de ondas y pon el dispositivo para realizar dos perturbaciones simultáneamente.

Socialización

¿De qué formas observaron las ondas generadas en la cubeta?

¿Qué sucede con las ondas que chocan con los bloques rectangulares al dejar un pequeño espacio entre estos?



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
LICENCIATURA EN MATEMÁTICAS Y FÍSICA



I.E Presbítero Antonio José Bernal Londoño, Grado 11-A

Taller Experimental 2: “El medio”

Nombres: _____

Profesores: *Andrés Felipe Justacaro Florez / Sebastián Vásquez Barrientos* Fecha: _____

A. Describa las características del aire

B. Describa por qué escuchamos los sonidos y represente gráficamente como llegan hasta nuestros oídos

C. ¿Qué sucederá con el sonido de un bafle y la luz de una linterna que se encuentran en un recipiente al cual le sacamos el aire?

D. Cuando hay una tormenta, sabemos que se percibe primero el rayo y luego el trueno. ¿A qué se debe esto?

Nota: rayo: descarga eléctrica acompañada por la emisión de luz, trueno: sonido causado por un rayo.

E. ¿Qué diferencias encontramos en el sonido producido por un bafle cuando estamos sumergidos en una piscina?

Justificación de la actividad experimental N°2

En vista que uno de nuestros propósitos es llevar a cabo una construcción conceptual respecto a los fenómenos que le conciernen a la óptica en específico la reflexión y la refracción de la luz desde una perspectiva ondulatoria, precisamos de un taller que nos permita abordar un aspecto fundamental de la luz, este es el medio por el cual se propaga; por lo que analizar el vacío, ondas mecánicas, la propagación de ondas en el aire, son claves para poder instaurar una analogía entre las ondas sonoras y las ondas lumínicas, lo cual fundamentamos en lo expuesto por Huygens(1690/1945) en el anterior capítulo, donde establece que así como el sonido se propaga en el aire y forma superficies esféricas que se amplían constantemente hasta llegar a nuestros oídos, así mismo, la luz se propaga como el sonido por superficies y ondas esféricas hasta llegar a nuestros ojos, en este sentido, procuramos que este taller nos permita establecer igualmente la naturaleza de la propagación de la luz desde una perspectiva ondulatoria. Para ejemplificar este asunto observemos la siguiente figura donde se nos es posible apreciar una cubeta con agua la cual es perturbada en un punto para generar ondas circulares como lo había establecido en su momento Huygens.

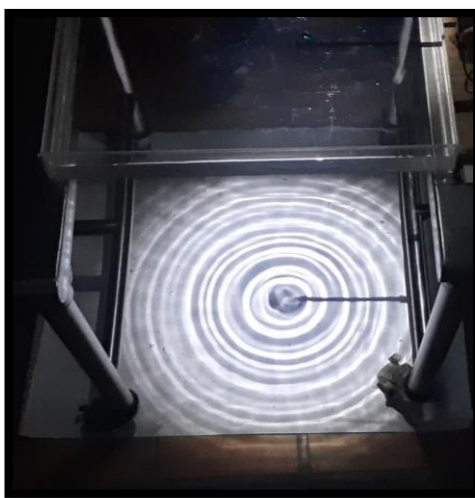


Figura 17: Ondas generadas en el agua³⁵

³⁵ Imagen propia, tomada de experimentación taller 1.

De la misma manera, Fresnel nos ubica en una perspectiva desde la cual notamos la importancia de analizar la teoría de las ondulaciones y el medio por el cual se propagan las ondas, históricamente dicho autor nos expresa que,

(...) desde hace largo tiempo, los físicos han tenido una discusión y división en cuanto al comportamiento de la luz. Unos suponen que es emitida por los cuerpos luminosos; y los otros, que resulta de las vibraciones de un fluido elástico, infinitamente sutil, propagado en el espacio, así como el sonido se debe a las vibraciones del aire (p. 159)

Así pues, consideramos importante analizar qué características son las que posee este medio. El literal A del Taller Experimental 2: “El medio” denota cómo se dio espacio para discutir el asunto del aire como medio.

De igual forma, nuestro interés se sitúa en la necesidad de realizar una analogía entre el sonido y la luz, específicamente sobre la propagación de esta última como onda y los comportamientos que experimenta a través de un medio, por lo que este segundo taller “El medio” esperamos que nos permita comprender los fenómenos ondulatorios de reflexión y refracción de la luz, de tal modo, que las actividades experimentales propuestas después del primer momento del taller puedan aclarar a qué nos referimos con la palabra onda al hacer uso de un baffle y a su vez visualizar sus respectivos comportamientos entre ellos la reflexión y refracción del sonido que son nuestro principal interés con este taller. Al respecto, consideramos pertinente resaltar que la hipótesis parte en este caso de una analogía propia de un fenómeno mecánico ondulatorio que es la propagación del sonido en el aire y buscamos con esto construir enlaces que promuevan relaciones y diferencias entre las ondas sonoras y las ondas lumínicas que serán proporcionadas en nuestro taller por los literales *C* y *D*.

Por lo anterior, en el literal C se propone una pregunta que hace referencia a un experimento hecho por Huygens, el cual llevaremos a cabo después de la socialización de las preguntas, pues este realizado previamente en el seminario nos permitió identificar qué tan importante es el medio para que se produzca la propagación de la onda. Así pues, Huygens analizado en el anterior capítulo, nos propone; encerrar un cuerpo sonoro (baffle) en un recipiente

de vidrio (ver figura 18), al cual le extraemos el aire con la máquina de Boyle, es de aclarar que para nuestro caso haremos uso de una bomba de vacío construida por nosotros mismos y además introduciremos una linterna encendida. Después de haber extraído el aire logramos apreciar que el sonido disminuye notoriamente pero no absolutamente como lo logró para su época dicho científico; lo anterior lo cimentamos por el mismo autor en el capítulo II, donde establece que no solo el aire es la materia por la cual se propaga la luz; sino que también lo puede hacer a través de otro medio, es por esta razón que aún después de haber extraído el aire la luz de la linterna no deja de atravesar el recipiente, de lo que inferimos que la luz entonces posee propiedades diferentes a la del sonido que hacen posible que viaje a través del vacío.

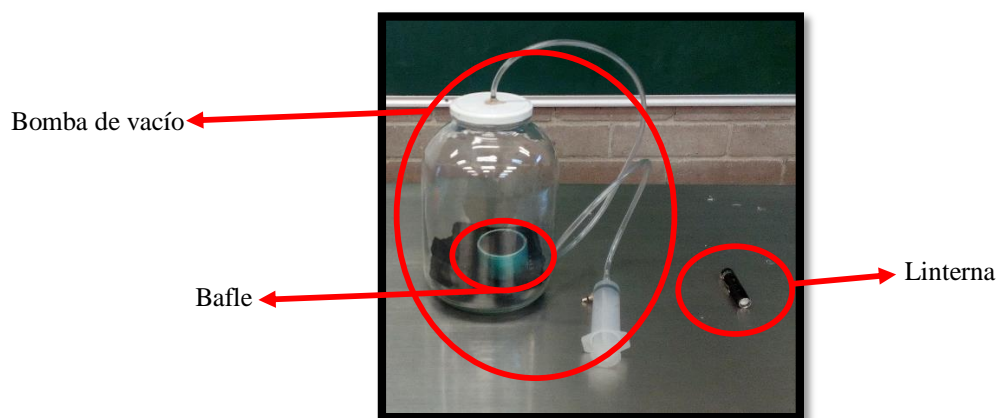


Figura 18: Montaje experimental bomba de vacío, bafle y linterna³⁶

En este sentido, creemos necesario recapitular algunos aspectos ya propuestos en las preguntas de este taller, pero que no abordaremos pues podrán posibilitar nuevas y futuras investigaciones. Ilustremos lo dicho al hacer un análisis con más detalle de la pregunta C de este taller; pues esta hace referencia a que dejemos dentro de un recipiente un bafle y una linterna (ambos encendidos) para que luego de estar cerrado procedamos a extraer el aire que hay dentro de este recipiente (ver figura 18), hasta este punto no mostramos extrañeza con respecto a sacar el aire de un recipiente, pero ¿qué efectos hay detrás de la acción de sacar el aire de dicho recipiente? ¿qué tiene que ver esto con el medio? ¿qué pasará con los objetos que se encuentren allí?. Para dar respuesta a estas y otras preguntas que puedan darse en medio de la experimentación, hacemos

³⁶ Imagen propia, tomada de experimentación taller 2.

referencia a una “bomba de vacío” que presentamos en el seminario de práctica y llevamos a cabo en la Universidad de Antioquia.



Figura 19: Extracción del aire con la bomba de vacío³⁷

Para finalizar, nuevamente denotamos que trabajar la perspectiva ondulatoria como nos lo indica Augustin-Jean Fresnel (1822/1945) nos será útil para propiciar su enseñanza, hacer conocer los principios más esenciales y más fecundos de una teoría cuyas ventajas han sido desconocidas; por ejemplo dicha teoría nos permitirá enfatizar en los fenómenos de interferencia y difracción de la luz desde su tratado ondulatorio (p. 162), a causa de ello, en nuestro taller número dos hacemos énfasis en la propagación de la luz en un medio, la reflexión y la refracción desde la analogía con las ondas sonoras.

³⁷ Imagen propia, tomada de experimentación taller 2.

Plenaria previa al taller experimental 3 y 4

De acuerdo a los trabajos realizados en conjunto entre los estudiantes y nosotros en los talleres experimentales 1 y 2 con la cubeta llena de agua y un baffle dentro de un recipiente al cual extrajimos el aire, iniciamos la plenaria con el siguiente eje central ¿qué similitudes consideran que tienen estos dos talleres con la luz?; además, esta plenaria servirá de apoyo para los talleres 3 “El vaivén de la luz” y 4 “Caminos separados” los cuales llevaremos a cabo en un bloque de 4 horas; las razones que nos llevaron a realizar esta plenaria fueron; el período vacacional que tuvieron los estudiantes en el mes de junio y así retomar nuevamente lo realizado con los talleres anteriores en el mes de agosto y a esto se añade que fue necesario que rediseñáramos los talleres 3 y 4, en vista que los estudiantes ya traían conocimientos acerca de lo que es una onda y algunas propiedades que a esta le conciernen.

Después de ser analizadas las respuestas de los estudiantes en los talleres 1 y 2, trajimos a colación aquellos planteamientos que utilizaron términos tales como “onda, choque, se devuelve, no pasa, regresa, obstaculiza, impide, entre otros” referentes a reflexión y “pasa, se divide, se corre, onda, entre otros” referentes a refracción; de tal forma que podamos abrir debate y movilizemos los distintos puntos de vista y argumentos en los estudiantes que se han construido a la fecha. Lo anterior, lo consideramos necesario para contextualizar nuevamente a los estudiantes, darle validez a los conocimientos que traían acerca del concepto de onda y los fenómenos estudiados. Por último, cada taller después de haberlo realizado completamente dispondrá de unas preguntas para profundizar en el aspecto tratado.



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
LICENCIATURA EN MATEMÁTICAS Y FÍSICA



I.E Presbítero Antonio José Bernal Londoño, Grado 11-A

Taller Experimental 3: “El vaivén de la luz”

Nombres: _____

Profesores: *Andrés Felipe Justacaro Florez / Sebastián Vásquez Barrientos* Fecha: _____

A. Expliquen qué sucede con la luz al llegar a un objeto.

B. ¿Por qué podemos observar los objetos que se encuentran a nuestro alrededor? Argumente su respuesta.

C. ¿Describa qué sucede al ubicar en una de las paredes de la cubeta con agua la luz emitida por una fuente (láser)?

D. Describa qué sucede al colocar la luz que emite una linterna sobre un espejo

Socialización:

Interrogantes orientadores:

- ¿Qué nombre le darían a lo que ocurre en la superficie del agua?
- ¿Cómo consideran ustedes que se propaga la luz?
- ¿Qué similitudes tiene la luz con las perturbaciones generadas en la superficie del agua?
- ¿Qué similitudes tiene la luz con el sonido?
- ¿Cómo creen que llega la luz hasta los objetos o cuerpos que nos rodean?
- ¿Cómo creen que la luz viaja hasta nuestros ojos?
- ¿por qué creen que sucede este tipo de cosas con la superficie del agua próxima al objeto?

Experimentación

La experimentación constará de dos momentos:

- Primer momento

Ubica un espejo justo en el centro del salón

Apaga las luces del salón

Enciende una linterna y ubica la luz que emana la linterna sobre el espejo

- Segundo momento

Pon agua en la cubeta a un nivel medio

Apaga la luz del salón y enciende una fuente de luz (láser)

Pon la luz sobre una cara lateral de la cubeta

Socialización

- ¿Notaron cambios en las direcciones del rayo de luz?
- ¿Qué sucede cuando la luz se encuentra con la pared de la cubeta?
- ¿La luz que fue emitida de la linterna sobre el espejo atravesó este?

Justificación de la actividad experimental N°3

Basados en las demostraciones geométricas analizadas en el capítulo II, realizadas por Huygens y Fresnel en sus respectivos tratados ondulatorios “Tratado de la luz de Cristian Huygens” y “Naturaleza de la luz por Agustín Fresnel”, identificamos la posibilidad de explicar por qué se conserva la igualdad del ángulo de incidencia y de reflexión por medio de ondas. Los autores nos llevan a profundizar en este fenómeno y a las características sobre él, tales como las que analizamos en el capítulo anterior con Huygens donde establecen que los elementos principales para que dicho fenómeno se dé son; poseer un cuerpo que tenga una superficie pulida e identificar de donde provienen los rayos. Así pues, utilizamos nuevamente los instrumentos usados en el taller experimental 1 “El mundo de las ondas” (cubeta ver figura 20) además, procuramos que permita retomar la perspectiva que hace referencia al comportamiento ondulatorio de la luz y así realizar este taller donde nos referimos al fenómeno de reflexión de esta.



Figura 20: Cubeta con agua³⁸

Ahora bien, con las preguntas de los literales A y B (expliquen qué sucede con la luz al llegar a un objeto y ¿por qué podemos observar los objetos que se encuentran a nuestro alrededor?. Argumente su respuesta), pretendemos que se puedan dar diferentes argumentos y explicaciones del por qué podemos ver los objetos e intentar establecer un consenso basados en la siguiente premisa que resultó del análisis que realizamos del trabajo hecho por Huygens, en el anterior capítulo donde establece que; toda fuente de iluminación está determinada por dos líneas

³⁸ Imagen tomada de experimentación taller 3.

rectas y cualquier objeto que se encuentre dentro del rango de estas dos líneas podremos verlo. Para ejemplificar este asunto observemos la figura 8.

De la figura 8 analizada en el capítulo II, podemos apreciar el recorrido que realiza una onda emitida desde una fuente de luz, limitada por dos rectas que determinan el rango de iluminación. Así las cosas, la experiencia nos muestra que es posible observar los diferentes objetos debido a que se encuentran dentro del rango de iluminación analizado en el capítulo anterior; es decir, cualquier objeto que sea alcanzado por la luz podrá ser percibido por nosotros, pues la luz es reflejada en dichos objetos, mientras que otro cuerpo que no fuese alcanzado por la misma no lo podremos ver; para ser más específicos en esta experiencia que acabamos de mencionar, apagaremos las luces del aula y encenderemos una linterna donde será posible observar lo descrito anteriormente. (ver figura 21).

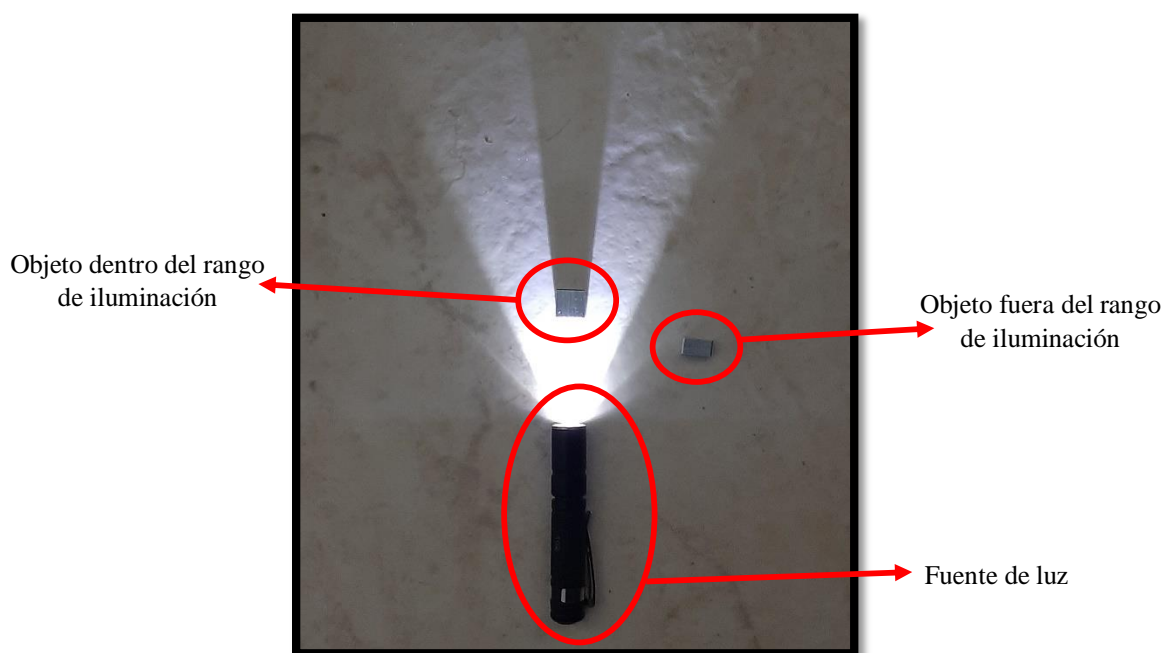


Figura 21: Rango de iluminación de una linterna³⁹

De igual manera en la obra de Fresnel, identificamos dos modos de ahondar en el fenómeno de reflexión de la luz fundamentado en el anterior capítulo; el primero establece que,

³⁹ Imagen tomada de experimentación taller 3.

la reflexión y la refracción de la luz se da en la superficie de contacto de dos medios diferentes; pues logramos probar, que para hacer más evidente el fenómeno, es necesario que hagamos pasar la luz emitida por una fuente de un medio a otro, en el cual podamos percibir la trayectoria del rayo hasta encontrar un obstáculo y para demostrar lo que acabamos de describir, utilizaremos de nuevo los instrumentos usados en el primer y segundo taller. Habría que decir también, que analizamos lo que sucede al hacer incidir el rayo de un láser sobre la cubeta, como lo propusimos en el literal C - Describa qué sucede al ubicar en una de las paredes de la cubeta con agua la luz emitida por una fuente (láser) - cuyo propósito es que identifiquemos los diferentes caminos que toma la luz al encontrarse con objetos que obstaculizan su propagación. El segundo modo que nos propone Fresnel consiste en utilizar un espejo en un lugar oscuro y luego hacer incidir sobre este la luz emitida por una linterna, dicha experiencia está propuesta en el literal D del taller (describa qué sucede al colocar la luz que emite una linterna sobre un espejo), pues evidenciamos que ésta posibilita hacer evidente el fenómeno.



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
LICENCIATURA EN MATEMÁTICAS Y FÍSICA



I.E Presbítero Antonio José Bernal Londoño, Grado 11-A

Taller Experimental 4: “Caminos separados”

Nombres: _____

Profesores: *Andrés Felipe Justacaro Florez / Sebastián Vásquez Barrientos* Fecha: _____

- A. Según su experiencia explique si es posible que la luz pueda atravesar algunos cuerpos
Argumente su respuesta y de algunos ejemplos.

- B. Realice un gráfico y argumente qué cambios pueden existir al hacer pasar la luz de una fuente de un medio a otro, por ejemplo, la luz de una linterna o la de un láser al pasar del aire al agua.

NOTA: Responda las siguientes preguntas después de haber realizado la experimentación.

- C. Explique qué le sucede a la luz blanca al pasar a través de un prisma.

D. Describa por qué en la actividad anterior es posible observar diferentes colores y a qué se debe el orden que presentan.

Socialización:**Pregunta orientadora**

¿Qué similitudes y diferencias tienen estos cuerpos?

Experimentación

Se realizará un experimento adicional donde tendremos tres líquidos de diferentes densidades, en un mismo recipiente y luego hacemos incidir la luz de un láser con el propósito de socializarlo junto con el punto B plasmado en el taller, que hace referencia a un láser que incide sobre una cubeta con agua y así preguntarles:

¿Qué similitudes y diferencias tienen los tres líquidos?

¿Por qué no se mezclan?

¿Qué le sucede al rayo de luz, en la superficie que separa un líquido de otro?

¿Notaron cambios en las direcciones del rayo de luz?

Socialización

Cuál es el orden de los colores que observamos en el arcoíris. Explica porque sucede esto.

Naranja - Amarillo - Rojo - Verde - Azul - Violeta

Rojo - Naranja - Amarillo - Verde - Azul – Violeta

Amarillo - Verde - Rojo – Naranja - Azul - Violeta

Azul - Violeta - Rojo - Naranja - Amarillo – Verde

A partir de las actividades experimentales, describamos y argumentemos que condiciones deberíamos contemplar para que se dé la refracción de la luz.

¿Qué sucede cuando la luz se encuentra con la pared de la cubeta?

Justificación de la actividad experimental N°4 “caminos separados”

Así como hemos desarrollado los talleres presentados hasta el momento, pasamos a la cuarta actividad en pro de la construcción conceptual sobre la refracción de la luz. Por esta razón el objetivo del literal A (¿según su experiencia explique si es posible que la luz pueda atravesar algunos cuerpos?. Argumente su respuesta y de algunos ejemplos), es que las personas tengan en cuenta las experiencias que vivenciaron previamente con nuestros talleres realizados, de tal forma que determinen si es posible que la luz atraviese algunos cuerpos, como por ejemplo aquellos que son transparentes independientemente que sean sólidos o líquidos, como analizamos en el capítulo anterior con Huygens (1690/1945).

Ahora bien, con la pregunta del literal B (realice un gráfico y argumente qué cambios pueden existir al hacer pasar la luz de una fuente de un medio a otro, por ejemplo, la luz de una linterna o la de un láser al pasar del aire al agua. Ver Figura 22) pretendemos que se puedan dar explicaciones al por qué la luz se quiebra al pasar por dos o más medios con diferentes características, como analizamos en el capítulo II donde Fresnel (1822/1945) nos sitúa en estudiar los cambios que la luz experimenta al pasar de un medio a otro.

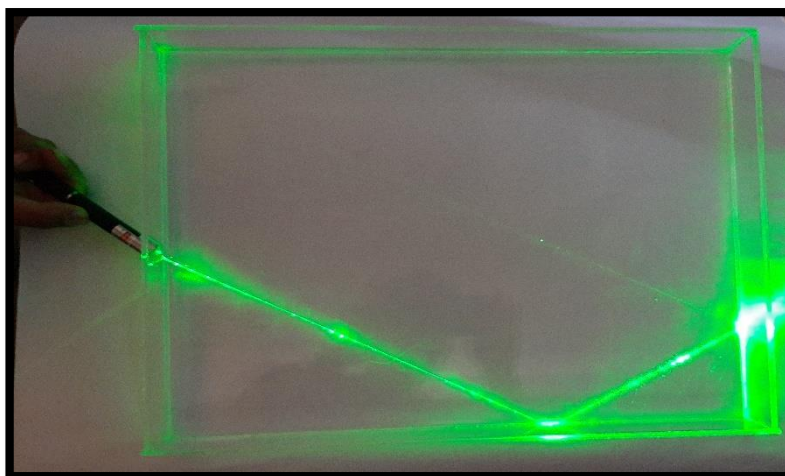


Figura 22: Cubeta con agua y laser⁴⁰

⁴⁰ Imagen tomada de experimentación taller 4.

Las actividades de los literales C y D (“explique qué podrá suceder al hacer pasar luz blanca a través de un prisma” y “describa por qué en la actividad anterior es posible observar diferentes colores y a qué se debe el orden que presentan”. Ver figuras 23 y 24 respectivamente) nos permiten profundizar en la división que experimenta la luz al pasar un prisma, puesto que separa y dispersa los rayos coloreados que componen la luz blanca, de tal forma que cada rayo siga caminos diferentes; lo anterior lo fundamentamos con Fresnel en el capítulo anterior.

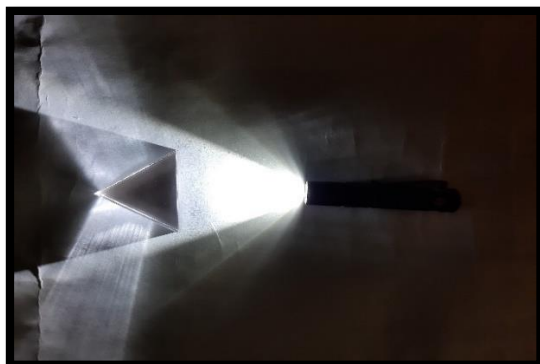


Figura 23: Luz blanca refractada y prisma⁴¹



Figura 24: Descomposición de la luz blanca en colores⁴²

⁴¹ Imagen tomada de experimentación taller 4.

⁴² Imagen tomada de experimentación taller 4.

De las figuras anteriores, consideramos significativo que resaltemos la importancia de traer a colación experiencias como la anterior, la cual consiste en hacer incidir un haz de luz sobre un prisma en el que la luz se refracta, esto nos lleva a analizar los comportamientos que la luz experimenta al atravesar dos medios de propiedades diferentes. Así que, según lo analizado de Fresnel en el anterior capítulo, nuestro objetivo con estas preguntas constatadas en el cuarto taller, es que podamos identificar que dentro de dicho fenómeno (la dispersión de la luz) está inmersa la refracción y por ende los cambios de velocidades y de dirección de esta.

CAPITULO IV: Análisis sobre el papel de la experimentación, el conocimiento común y debates en la enseñanza de la óptica geométrica, a partir de nuestra propuesta pedagógico-didáctica

Introducción

En este capítulo mostramos algunos fragmentos obtenidos de la implementación de nuestra propuesta durante el trabajo de campo, los cuales dan cuenta de las tendencias que logramos evidenciar en las respuestas proporcionadas por los estudiantes. Consideramos que estos fragmentos son parte esencial y necesaria para legitimar nuestra propuesta alternativa. Los cuatro talleres experimentales, que hacen parte de nuestra propuesta, fueron desarrollados por grupos de tres estudiantes, donde las respuestas de cada equipo las sociabilizamos al finalizar cada taller; esto nos permitió llegar a consensos entre todos los integrantes. Es importante aclarar que por motivos de confidencialidad y protección de identidad cambiamos los nombres de los estudiantes y de ahora en adelante los identificaremos con las letras del abecedario.

Además, en este capítulo realizamos un análisis de las actividades diseñadas, al revisar las interpretaciones escritas de los estudiantes, el material fotográfico, de audio y video obtenidas en cada sesión de los talleres, donde encontramos diversos puntos de vista que nos permitieron construir conocimiento, por medio de debates y conversaciones para llegar a un consenso sobre el concepto estudiado.

La importancia del conocimiento común y la experimentación para nuestra construcción de conocimiento en física

Al realizar la implementación de nuestra propuesta con las dinámicas que tuvimos en cuenta dentro de cada actividad, tales como: preguntas de la cotidianidad, socializaciones, debates, experimentación, entre otros, determinaron cuán valioso fue para nosotros llevar a cabo la implementación, pues identificamos que poseemos conocimiento común igual que los estudiantes, que es válido y nos permite de manera fluida construir y enfatizar en el concepto de onda; lo anterior, se dio a partir de las conexiones que establecimos entre dicho conocimiento, la experimentación y los argumentos que se dieron. En consecuencia, de lo anterior, observemos la

siguiente figura (figura 25) donde notamos que los estudiantes tienen nociones acerca de algunas de las propiedades de la luz y las ondas, tales como reflexión y su propagación.

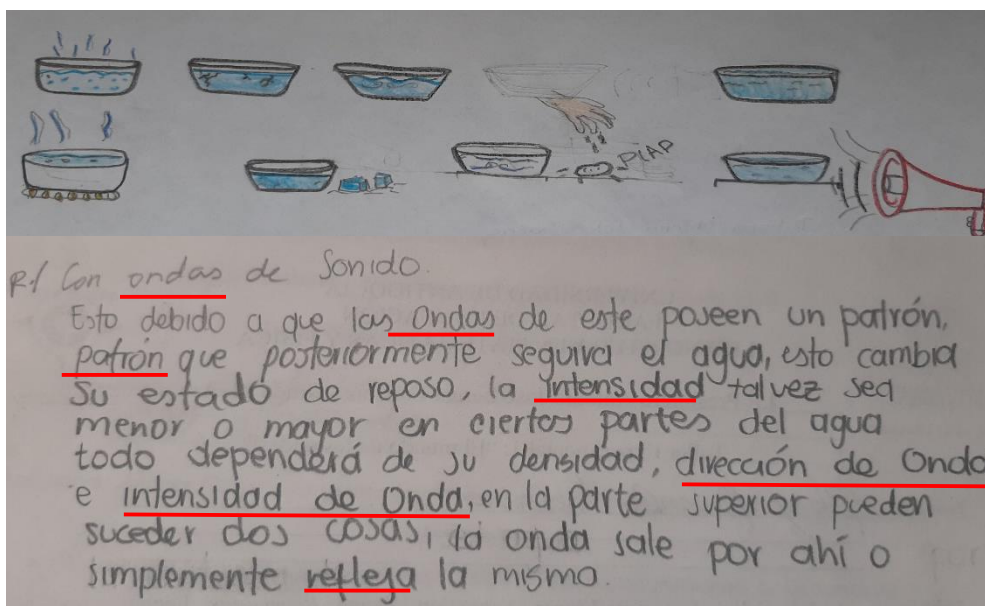


Figura 25: Explicación relacionada con posibles formas de alterar el agua.⁴³

De la figura anterior (figura 25) interpretamos que los estudiantes dentro de su conocimiento común poseen una noción del concepto de onda y de algunas de sus propiedades donde traen a colación palabras que hacen referencia a los comportamientos ondulatorios tales como las que resaltamos en rojo en dicha figura. A esto se añade que, del análisis que realizamos sobre las respuestas que nos dieron en el literal A del taller experimental 1 (ubicado en la página 34), nos permitió reflexionar en torno a la importancia de traer a colación experiencias que no son ajenas a nosotros (cotidianas), ya que los estudiantes al sentirse familiarizados con estas situaciones permitieron dar más fluidez a la discusiones y debates que se dieron.

Según lo expuesto hasta acá, podemos deducir que cumplimos con uno de nuestros propósitos con el taller 1 (explícitos en el capítulo anterior), primero, porque no resultó desconocido hablar de ondas y segundo porque damos utilidad al conjunto de conocimientos adquiridos por la experiencia de cada individuo como las ondas sonoras. Donde el conocimiento

⁴³ Imagen tomada de resolución taller experimental 1. Estudiante A de 11°.

que cada sujeto tiene fue clave, pues al partir de ese conocimiento común, tuvimos la posibilidad de transformar esos saberes para así afianzar y ratificar lo que posee cada individuo. Al respecto, para dar explicaciones a algunas de las preguntas presentadas en nuestras actividades, recurren a expresiones que son conocidas y entre ellas las más marcadas son, “*olas*” en lugar ondas, “*generan movimientos*” en vez de propagación y “*chocan y rebotan*” en lugar de expresar que se reflejan pues a partir de la experiencia de cada sujeto se brindan o se otorgan explicaciones a los fenómenos que estudiamos.

Igualmente, en la siguiente figura 26, analizamos que, en la actividad propuesta por nosotros (taller 1, literal D), los estudiantes no solo se limitaron a realizar descripciones o dar explicaciones, sino que realizan un análisis derivado de lo que la percepción e imaginación les proporcionan; así las cosas, interpretamos de la respuesta que dieron los estudiantes B y C, que hacen alusión a un fenómeno que conocemos como interferencia (analizado en los dos capítulos anteriores) y que está contemplado como el propósito de este literal. Así mismo, dentro de su respuesta logramos interpretar que, al generar dos ondas en la superficie del agua estas se superponen sin alterarse significativamente la una a la otra, esto que planteamos es una característica que es inherente al fenómeno de interferencia desde la perspectiva ondulatoria y que no es ajena a los estudiantes; por lo que, nos facilitara establecer la analogía con el movimiento ondulatorio de la luz e identificar una de sus principales características como la que acabamos de mencionar, ya que como dejamos explícito en los 2 capítulos anteriores los rayos de luz se atraviesan unos a otros sin obstaculizarse.

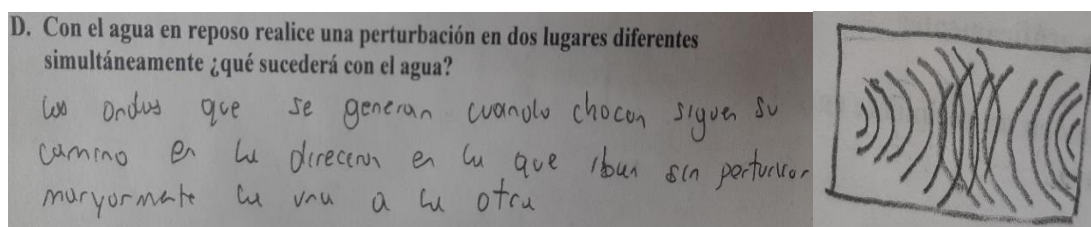


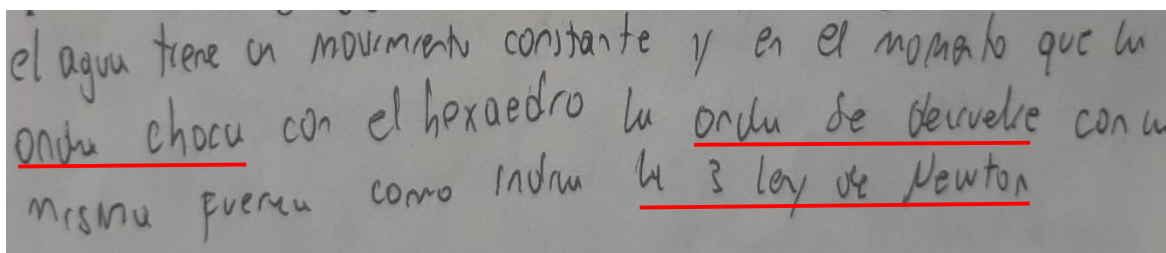
Figura 26: Explicación relacionada con una perturbación en 2 lugares diferentes.⁴⁴

⁴⁴ Imagen tomada de resolución taller experimental 1. Estudiantes B y C de 11°.

Análogamente, del análisis anterior que hicimos, consideramos pertinente añadir la respuesta dada por el estudiante A al literal D (taller 1), quien dice que:

La combinación de perturbaciones en un mismo recipiente puede dar lugar a la creación de un patrón diferente haciendo que existan 3 perturbaciones.

De la respuesta anterior podemos interpretar que el estudiante asume que, al generar dos perturbaciones en la superficie del agua, el choque entre estas engendrará un nuevo patrón, por lo que logramos inferir que se hace referencia a la superposición de las ondas y es por esta razón que se refiere a que ya no hay dos perturbaciones sino tres. Lo que más nos interesa, es resaltar una de las propiedades de las ondas y que así mismo cumple la luz; dicha propiedad como analizamos anteriormente es la superposición de las ondas. Por otro lado, en la siguiente figura 27, observamos la respuesta otorgada por los estudiantes B y C al literal C (taller experimental 1), donde encontramos situaciones similares a las dos anteriores y, al analizar las palabras que subrayamos de la respuesta de los estudiantes, interpretamos cómo se dan explicaciones al fenómeno de reflexión por medio de la tercera ley de Newton y en la cual hacen uso de palabras que caracterizan este fenómeno.



el agua tiene un movimiento constante y en el momento que la onda choca con el hexaedro la onda se devuelve con la misma fuerza como indica la 3 ley de Newton

Figura 27: Explicación relacionada con perturbación del agua estando dos objetos sumergidos.⁴⁵

De lo anterior, lo que más nos interesa analizar y resaltar, son los términos utilizados para dar respuesta a la pregunta que les planteamos, donde evocan palabras como: “ondas, ondas que se devuelven”, resulta muy significativo para nosotros que traigan a colación estas palabras, pues con la implementación de nuestra propuesta damos cuenta que de ninguna manera resultó

⁴⁵ Imagen tomada de resolución taller experimental 1. Estudiantes B y C de 11°.

desconocido para los estudiantes hablar de ondas, lo que nos da pie a interpretar que en algún momento de sus vidas tuvieron que haber estudiado, leído o visto algo en relación a las ondas, y que, hace parte de su conocimiento común.

Otras de las respuestas que consideramos pertinente resaltar, se dieron al momento de interactuar con el experimento de las ondas generadas en una cubeta (ver imagen 12), donde retomamos las palabras de un estudiante D quien dice que:

*Profe, lo que yo veo son ondas, y eso que yo veo ahí es cómo un trampolín, círculos pequeños que se van volviendo grandes, como que bajan y suben*⁴⁶.

A la respuesta anterior añadimos la de otro estudiante E, quien después de haber realizado exploraciones con el montaje; es decir, luego de haber colocado dos bloques de madera a su gusto en la cubeta con agua, los ubica de forma que los bloques quedan separados por una pequeña distancia como mostramos en las siguientes figuras 28 y 29.



*Figura 28: Modificación montaje experimental.*⁴⁷

⁴⁶ Estudiante D de 11°.

⁴⁷ Imagen tomada del taller experimental 1.

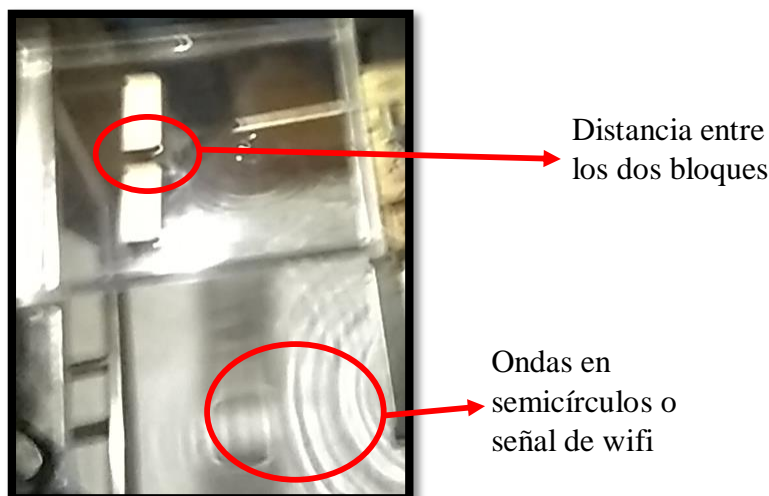


Figura 29: Ondas al pasar por una rendija.⁴⁸

Luego, la anterior disposición de los bloques en la cubeta nos permitió realizar una perturbación sobre la superficie del agua y así preguntarles ¿qué observan y de ser posible den una explicación al respecto?, y es aquí donde el mismo estudiante expresa que:

(...) por la mitad pasan las ondas y veo que se convierten en una sola y a lo que más se me parece es a la señal de wifi, se vuelven más lentas, (...) profe son como semicírculos⁴⁹.

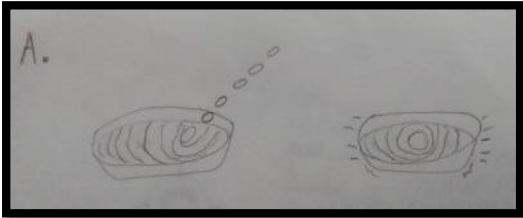

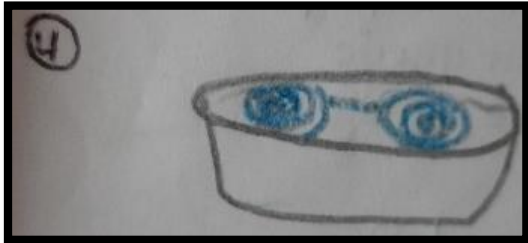

Hasta acá, lo que nos interesa analizar de las dos respuestas anteriores y las figuras previas (figuras 28 y 29), es que en ambas respuestas notamos que los estudiantes realizan analogías, el primero de ellos (estudiante D) interpreta el movimiento ondulatorio que hay en el agua asociándolo con un trampolín y el otro (estudiante E) identificó igual que nosotros, que las ondas describen un movimiento particular el cual el estudiante lo asoció con la señal de wifi. De lo anterior, interpretamos que nuestra propuesta logra que los individuos utilicen sus conocimientos y habilidades innatas o adquiridas con anterioridad, con ello identificamos también, que en nuestro proceso de aprendizaje somos sujetos que traemos a colación palabras

⁴⁸ Imagen tomada del taller experimental 1.

⁴⁹ Estudiante E de 11°.

de la vida cotidiana como lo son “trampolín” o “señal wifi” para dar explicaciones en este caso al fenómeno expuesto.

Nos interesa realizar ahora, un paralelo entre los gráficos que realizaron los estudiantes y lo que nos mostró la experimentación, dicho paralelo nos permitió establecer justificaciones, disensos, consensos y debates entre los aportes que se dieron en medio de las socializaciones.

Gráficos realizados por estudiantes en nuestros talleres	Lo que la experimentación nos mostró
 <p data-bbox="261 926 760 957"><i>Figura 30: Gráfica del gua alterada por una roca⁵⁰</i></p>	 <p data-bbox="846 982 1414 1014"><i>Figura 31: Agua alterada experimentalmente en un punto⁵¹</i></p>
 <p data-bbox="207 1350 813 1381"><i>Figura 32: Perturbación simultánea en dos puntos. Gráfica 1⁵²</i></p>	 <p data-bbox="878 1514 1382 1566"><i>Figura 34: Primera perturbación simultánea en dos puntos⁵⁴</i></p>

⁵⁰ Imagen tomada de la resolución del taller experimental 1. Estudiantes R, Q y S de 11°.

⁵¹ Imagen tomada del taller experimental 1.

⁵² Imagen tomada de la resolución del taller experimental 1. Estudiantes N, O y K de 11°.

⁵⁴ Imagen tomada del taller experimental 1.

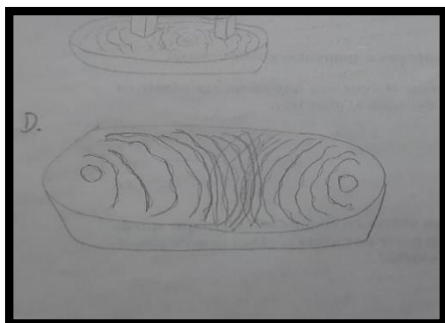


Figura 33: Perturbación simultánea en dos puntos. Grafica 2⁵³



Figura 35: Segunda perturbación simultánea en dos puntos experimentalmente⁵⁵

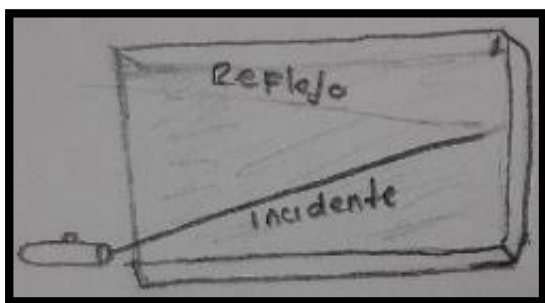


Figura 36: Reflexión de la luz gráficamente⁵⁶

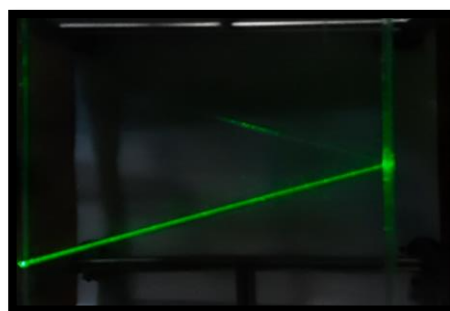


Figura 38: Reflexión de la luz experimentalmente⁵⁸

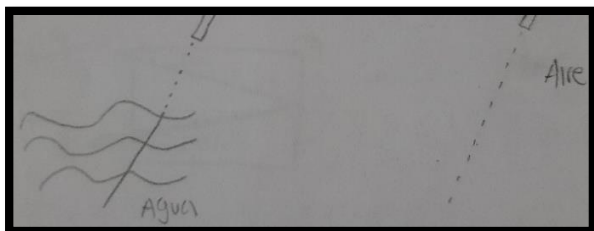


Figura 37: Refracción de la luz gráficamente⁵⁷

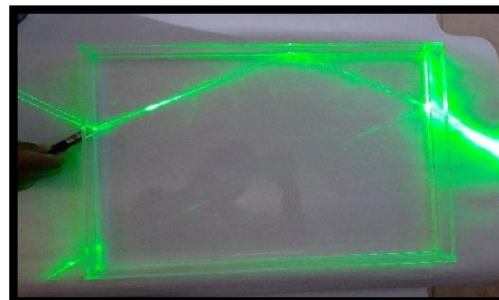


Figura 39: Refracción de la luz experimentalmente⁵⁹

⁵³ Imagen tomada de la resolución del taller experimental 1. Estudiantes R, Q y S de 11°.

⁵⁵ Imagen tomada del taller experimental 1.

⁵⁶ Imagen tomada de la resolución del taller experimental 4. Estudiantes P, J y D de 11°.

⁵⁷ Imagen tomada de la resolución del taller experimental 4. Estudiantes M, G, I y T de 11°.

⁵⁸ Imagen tomada del taller experimental 4.

⁵⁹ Imagen tomada del taller experimental 4.

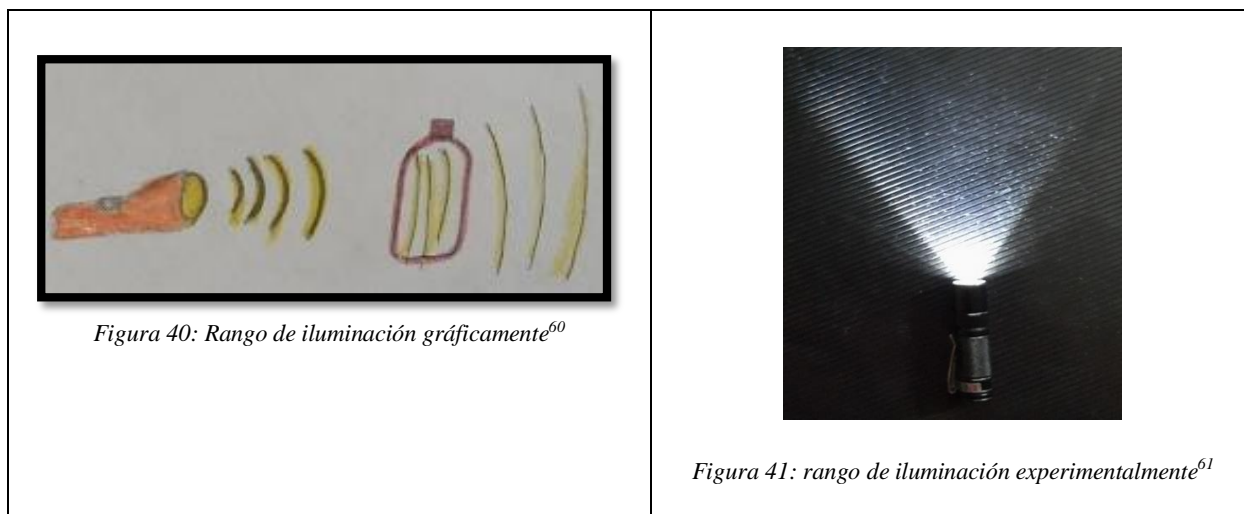


Tabla 1: Paralelo entre gráficos previos de los estudiantes en comparación con la experimentación.

De la tabla anterior, analizamos que durante el desarrollo de los talleres pudimos dar cuenta que, al solicitar gráficas o dibujos para que representaran algunos fenómenos, muchos coincidieron con lo que obtuvimos con la experimentación hecha por los autores ya analizados en el capítulo II; logramos interpretar que los estudiantes descubrieron y construyeron gráficos propios de los fenómenos a partir de su experiencia.

En conclusión, podemos constatar que si reconocemos las experiencias anteriores de aprendizaje que trae cada sujeto, permite que interactuemos con los demás para poder asumir el reto de construir de forma conjunta el enfoque ondulatorio del estudio de la luz, en donde exista un equilibrio entre lo que poseemos y lo nuevo, donde surja la capacidad de tomar riesgos, pedir, brindar y recibir ayuda entre pares, que nos posibilite adoptar una disposición pertinente frente al aprendizaje.

Es importante aclarar que, si adoptamos un espacio cómodo y agradable de todos y para todos como lo hicimos, donde tengamos la posibilidad de aportar, es decir, nos sintamos partícipes y creadores como lo hicimos todos en su momento, se nos facilita obtener una

⁶⁰ Imagen tomada de la resolución del taller experimental 4. Estudiantes Q, R y O de 11°.

⁶¹ Imagen tomada del taller experimental 4.

participación llena de intervenciones que van en pro de la comprensión y el aprendizaje de determinados conceptos.

Construcción de conceptos a partir de socializaciones y debates que surgen en el aula

Consideramos el debate como eje dinamizador y didáctico en el desarrollo de nuestra propuesta, pues entendemos que la socialización y el debate son actos propios de la comunicación, como enfatizamos en el capítulo II a partir de Robert Boyle y Hobbes citados por Shapin y Schaffer, además, interpretamos que por medio de las plenarias realizadas dentro de nuestra propuesta validamos y construimos conocimiento. Ahora bien, entrar en momentos de discusión dentro del aula acerca de los argumentos que nos brindaron los estudiantes para dar explicación a lo que entendieron, lo que tenían en mente, defender sus posturas con ejemplificaciones ya sea en el grupo de trabajo o a nivel general con todos los miembros del aula, dieron la posibilidad para que nos mostraran la capacidad de brindar argumentos para sostener sus mejores ideas y así brindar la posibilidad de un consenso en la medida posible como se hizo en el primer taller, en el momento de preguntar durante las socialización de éste, acerca de cuál era la forma de la perturbación que realizamos en el agua, llegamos a una conciliación entre todos que *“las ondas eran circulares”*⁶²; pero también queremos resaltar que los disensos existieron y dieron pie para que nosotros como moderadores recapituláramos, orientáramos y compartiéramos todas las posturas posibles y así notamos el aumento exponencial en la participación nutriéndose con solidez en el salón de clase tal como lo tenemos constatado en algunos recursos como videos y grabaciones.

De lo anterior se desprende que, acertamos en la idea de brindar dos espacios en cada instrumento aplicado para que tuvieran lugar las dinámicas en mención, además, existían preguntas para la reflexión, fomentadoras de la participación y detonantes para que iniciáramos y desarrolláramos de forma amena dicha actividad; un aspecto para aludir es que el debate nos ofrece a los participantes la oportunidad tanto de formular como de responder y aquí nos encontramos con un análisis en el que un estudiante, en la socialización después de la experimentación del taller número uno ubicada en capítulo anterior en la página 37, pregunta:

⁶² Tomado de material audiovisual (video) 24 de mayo de 2019.

¿cualquier objeto que se lance podrá perturbar el agua? ⁶³

Y, traemos a colación las palabras del estudiante G, quien dice que:

*sí, pero eso depende del tamaño, si el tamaño es muy grande o muy pequeño, pesado o liviano y de eso dependerá la perturbación, si es muy pequeño como la punta de una aguja, la perturbación no será tan grande, porque el objeto llegará al agua a abrir espacio para poder caber*⁶⁴

Podemos interpretar que la pregunta que se realiza es concisa y clara, por lo que nos brindó la posibilidad para que cualquier participante de la socialización se pronunciara al respecto como lo hizo en este caso específico el estudiante citado, pues los aprendizajes que se construyeron en la experimentación y las preguntas que respondieron en un primer momento de cada taller fortalecieron las habilidades relacionadas como la capacidad de argumentación y aquí nos lo muestran por medio de la comunicación empleada; dentro de las palabras que más utilizaron en el taller número tres, nos encontramos con “*choque*” a lo cual, nosotros preguntamos para todos durante la socialización del taller 1, ubicada en la página 37 *¿cómo creen que llega la luz hasta los objetos o cuerpos que nos rodean?* de inmediato se dispararon las participaciones e intervenciones de varios estudiantes:

profe, la luz llega por medio de rebotes, reflejo, por medio de partículas u ondas, la luz hace recorridos y depende del espacio, depende de la intensidad, profe tengo una pregunta: ¿Qué tan abajo llega la luz en el océano?

Notamos que, durante las intervenciones que realizamos así como la anterior en la que hubo participación de varios estudiantes se progresaba tanto en la construcción conceptual como en el aprender a escucharse entre sí y respetar la palabra del otro; en el primer caso nos

⁶³Estudiante F de 11°.

⁶⁴Estudiante G de 11°.

encontramos con que sus argumentos se notaban en proceso de ampliación continua y traían a colación las experiencias pasadas y en el segundo caso ellos mismos se llaman la atención para que el diálogo tuviera fluidez y así poder escuchar nuestros aportes en el momento de las intervenciones que realizamos.

Con relación a una de las preguntas del taller 1, donde hacemos referencia a sumergir un objeto y perturbar el agua *¿qué sucede en las proximidades de este?*, encontramos implicaciones y un diálogo entre los estudiantes en el que debaten y dan ejemplos en torno a la respuesta de la pregunta anterior, expresan lo siguiente:

Estudiante B: El agua choca con el objeto, el objeto no deja pasar las ondas, pues detrás del objeto el agua está quietecita.

Estudiante H: El objeto es una barrera para las ondas, ¿qué pasa entonces con las ondas que llegan a esa barrera?

Estudiante E: Chocan y se devuelven (...) profe como la canción de reguetón de Plan B que dice: ♪♪ chocaaa, choca, choca, choca, choca y te muerdes la boca mami chocaaa (...) ♪♪ entonces eso pasa Dani se chocan y se interrumpen, se amortiguan y pueden crear patrones.⁶⁵

Tal y como hemos dicho, elaborábamos interrogantes de forma reiterada y las preguntas en espacios como el nuestro desempeñaron muchas funciones, en primer lugar nos encontramos con la oportunidad de aclarar aspectos que surgieron durante el desarrollo de cada sesión o de los cuales quisiéramos enfatizar más al respecto, de esta forma podemos asegurarnos que estamos de acuerdo sobre qué estamos dedicados a hablar, reflexionar, discutir y analizar, a su vez esta es una forma para encauzar los diálogos; en segundo lugar resaltar los razonamientos lógicos de todos y poder anticipar los discursos que fluyen de parte de los otros compañeros para dar solución a los interrogantes posteriores. Denotamos cómo se incluyen nuevas evidencias de posturas críticas en las que resaltamos un deseo por aprender y participar.

⁶⁵Estudiantes B, H y E de 11°.

Además, recalcamos que durante estos espacios y en diálogos como el anterior, se nota la habilidad para hablar de forma espontánea y fortalecimos esto con la familiarización y validación de todos los aportes brindados por cada estudiante; cada una de sus respuestas la tomamos en cuenta como correcta y rescatamos ideas de allí para dar continuidad al desarrollo de cada taller; en el momento de compartir todas aquellas ideas mostrábamos confianza entre todos y amabilidad, a través de los gestos (lenguaje corporal), el tono de voz y los elementos de expresión oral con que viene acompañado cada mensaje; el ambiente nos brindaba seguridad tanto a nosotros como maestros o moderadores al igual que a los estudiantes sin sentirse amenazados con las preguntas o respuestas compartidas, sino que mantenían la calma, y notamos el esfuerzo de todos para hacerse entender de forma amable, firme y constructiva. Esto que acabamos de mencionar lo fundamentamos con Arcá, Guidoni y Mazzoli (1990) a través de su triada “*experiencia, conocimiento y lenguaje*” en una permanente interacción que analizamos en el capítulo II.

La oralidad en las prácticas educativas, es una oportunidad para promover las posturas de nuestros estudiantes, la creatividad en busca de apoyos para enriquecer sus argumentos, posibilitar habilidades para hablar de manera espontánea con escasa o nula preparación y los discursos ante este tipo de socializaciones analizadas dentro de nuestra propuesta, hacen que nosotros elaboremos esquemas y consideremos los argumentos y ejemplos que vamos a utilizar en lapsos pequeños de tiempo y es donde nos surgen las oportunidades de mostrar conocimiento sobre los conceptos que estimamos en construcción.

En los equipos que distribuimos a los estudiantes y en los momentos en que nos encontrábamos en medio del debate en el taller 2 “El medio” ubicado en el capítulo III; el literal B en relación con la pregunta *¿por qué escuchamos los sonidos?* nos encontramos con participaciones e interacciones en las que expresaron cuestiones como:

Equipo 1: gracias a las ondas de frecuencia que empujan o chocan el aire o mejor dicho sus partículas y así estas llegan hasta nuestros oídos⁶⁶.

⁶⁶Estudiantes I, J y E de 11°.

*Equipo 2: el sonido se desplaza desde el emisor por el entorno hasta donde sus ondas tengan la capacidad de viajar y llegar al receptor quien capta el sonido*⁶⁷.

*Moderador: ¿quién es el emisor?*⁶⁸

*Equipo 3: un baffle por ejemplo o todo aquello que emite sonido*⁶⁹.

*Equipo 4: el sonido viene acompañado de ondas sonoras las cuales llegan hasta nuestros oídos y son interpretadas como vibraciones*⁷⁰.

Vemos cómo se convierte en parte fundamental la comunicación y los argumentos a la hora de manifestar y defender ideas u opiniones que dan lugar a interacciones entre pares para justificar y soportar de forma descriptiva y crítica una postura frente a la propagación de las ondas sonoras en un medio en este caso el aire, interpretamos que sus explicaciones están en línea con lo que este taller número 2 tiene como objetivo y es estudiar el cómo se comporta una onda en un medio; identificamos que dan utilidad a palabras claves para nuestra propuesta tales como *onda, frecuencia, empujan o chocan, emisor, receptor y vibraciones*.

Es necesario que rescatemos todas las soluciones de las preguntas que se encuentran en nuestros talleres y los argumentos que nos brindan los educandos en estos espacios de discusión, es donde nosotros mostramos además la capacidad para solucionar dudas, brindar ejemplos o pruebas sobre lo dicho; al respecto retomamos las palabras del estudiante B quien dice que:

*profe, si el sonido viaja por el aire y después por el agua de una piscina: ¿el sonido puede hacer vibración debajo del agua?*⁷¹

Moderador: Dentro de tu pregunta encontramos que las ondas sonoras están cambiando de medio (aire-agua), si analizamos lo que el sonido le ocasiona a las partículas que componen el aire, podríamos deducir qué sucederá con las que componen el agua.

⁶⁷Estudiantes B, K y L de 11°.

⁶⁸Con esta expresión nos referimos a nosotros como mediadores de cada actividad.

⁶⁹Estudiantes D, M y G de 11°.

⁷⁰Estudiantes N, O y A de 11°.

⁷¹Estudiante B de 11°.

Brindamos el espacio para que entre todos construyéramos la respuesta y al final concluimos y llegamos a consensuar que la respuesta del estudiante F fue la más acertada para la situación anterior, donde nos manifestó que:

sí, pues el sonido no llega claro, no es nítido, cambia de calidad cuando pasa de aire a agua, pues no se escucha casi, pero ¿qué cambio tiene el sonido en su viaje?, cambia de aire a agua, está cambiando de lugar en su viaje⁷².

Analizamos cómo sus narraciones expresan la comprensión de las modificaciones que el cambio de medio le puede generar a una onda, la analogía entre ondas lumínicas y ondas sonoras que trabajamos en taller 2 con los literales A,B y C, interpretamos cómo los estudiantes van en pro de la construcción de explicaciones en un enfoque desde el conocimiento común, donde dan cuenta de lo que dominan y estos argumentos también pueden dar coherencia a las respuestas que construyen de sus propias preguntas como el caso que analizamos con anterioridad. Ya hemos visto a lo largo de este apartado los casos donde los estudiantes dan ejemplos en sus respuestas con agujas, rebotes, choques, canciones de géneros que escucha la comunidad educativa en el contexto actual, piscina y bafle que son expresiones utilizadas en las narraciones de ellos, donde se construyen a partir de una identidad y se da coherencia a la trayectoria que ha tenido cada uno desde su contexto; si ellos narran de esa forma, lo que hacen en la mayoría de los casos es informar para argumentar, persuadir, debatir, crear intriga y a su vez entender que estamos en la construcción de nuevos conceptos (ya abordada en el capítulo II), elementos importantes y de interés para el área en cuestión en este caso nos situamos específicamente en el estudio de las ondas, el medio y su propagación y posteriormente pasar a los dos siguientes talleres en los cuales tratamos la reflexión y refracción de luz.

En medio de un diálogo que hicimos después de la actividad experimental del taller 2, analizamos nuevamente mejoras en los discursos orales y conceptuales por parte de los estudiantes, por lo que, espacios de socialización, discusión o debates como el que brindamos en nuestra propuesta además de construir conocimiento, enriquece el vocabulario y denota una

⁷²Estudiante F de 11°.

pérdida de la timidez. Trabajamos incesantemente para que los desarrollos de las plenarias reforzaran y mejoraran la argumentación con buenas bases y se perdiera el miedo de hablar en público, de igual forma que le permitiera a cada individuo conseguir mejores resultados a partir de una continua práctica; posibilitamos que entre todos realizáramos la construcción de conocimiento, validamos en conjunto los argumentos que compartíamos y legitimamos el conocimiento común y la experimentación como ejes principales de nuestra propuesta alternativa. En una conversación sobre la experimentación del viaje que puede experimentar una onda sonora en diferentes medios (aire-vacío), se fecunda el siguiente diálogo:

*Estudiante F: el sonido no se escucha cuando sacamos el aire, profe a diferencia de la luz, pues yo no veo cambios en la luz.*⁷³

*Estudiante E: Yo tampoco veo cambios ella*⁷⁴

Moderador: preguntas que tengan

Estudiante E: profe todas... ¿por qué no cambia la luz?

Moderador: ¿qué queda dentro del recipiente si saco el aire?

Estudiante B: profe vacío

Moderador: ¿qué pasa con el sonido cuando está en un recipiente que no tiene aire

Estudiante E: el sonido no se oye, no sale

Moderador: ¿qué pasa con la luz en las mismas condiciones?

*Estudiante B: no pasa nada*⁷⁵

Moderador: entonces ahí está la respuesta, ¡analicen!

Estudiante B: la luz se sigue viendo porque la luz no requiere de alguien para viajar por el espacio

Moderador: ¿cómo así? y ¿quién es ese alguien?

Estudiante B: profe en este caso que estamos analizando el aire

*Estudiante N: eso quiere decir que la luz no depende de un medio como el sonido*⁷⁶

⁷³Estudiante F de 11°.

⁷⁴Estudiante E de 11°.

⁷⁵Estudiante B de 11°.

⁷⁶Estudiante N de 11°.

Estudiante B: a partir del experimento nos dimos cuenta que la luz es independiente de un medio para propagarse.

Moderador: listo chicos, les quedan estas dos preguntas para que analicen ¿es vacío o no es vacío lo que queda dentro del recipiente después de sacar el aire? ¿la luz es una onda?

Gracias a todos los diálogos que se dieron durante las socializaciones en cada taller similares a la figura tomada durante la socialización de la experimentación del taller 2 (Ver figura 42).



Figura 42: Socialización durante la experimentación del taller 2.⁷⁷

Analizamos el avance considerable que tuvimos sesión tras sesión, las discusiones nos brindaron resultados positivos en pro del establecimiento de la analogía de las ondas sonoras y las producidas en el agua con las ondas lumínicas, como lo podemos evidenciar en los argumentos citados a lo largo de este capítulo. La comunicación siempre existirá y será inherente en la sociedad, por este motivo a través de nuestra propuesta se nos permitió utilizar el lenguaje como un medio cotidiano de establecer contacto con los otros para intercambiar opiniones y construir conocimiento a partir de las posibles miradas que acontecían.

⁷⁷ Imagen propia.

La reflexión y la refracción de la luz desde una perspectiva ondulatoria

Antes de seguir adelante, nos conviene señalar que nuestra propuesta ha resultado muy significativa para nosotros, ya que nos brindó la posibilidad de abordar temáticas relacionadas con la óptica geométrica específicamente la reflexión y la refracción de la luz y pudimos llevar a cabo nuestro propósito inicial, el cual fue abordar los fenómenos que acabamos de mencionar desde una perspectiva ondulatoria, la cual hemos desarrollado a lo largo de este trabajo. Basados en la plenaria que realizamos para los talleres 3 y 4 propuesta en el capítulo anterior, logramos establecer un debate con los estudiantes en torno a los dos primeros talleres para identificar que similitudes tienen estos, donde se trajeron a colación conceptos como “ondas que chocan y se devuelven o división de las mismas”, esto nos resultó muy fructífero, pues sin hacer referencia a la reflexión de las ondas los estudiantes implícitamente lo concebían al referirse al movimiento que describían las ondas al chocar contra un objeto y devolverse.

De lo anterior, consideramos importante resaltar que el debate nos permitió establecer esa analogía entre el movimiento ondulatorio del sonido con la forma en que se propaga la luz, en esa medida introdujimos los talleres 3 y 4 para desarrollarlos bajo ese carácter ondulatorio. Y de acuerdo con esto pudimos dar cuenta que muchos estudiantes lograron dar respuesta según dicha analogía, por ejemplo, observemos la siguiente imagen donde los estudiantes hacen explícito el movimiento que describe la luz de un láser al hacerlo incidir sobre una cubeta con agua.

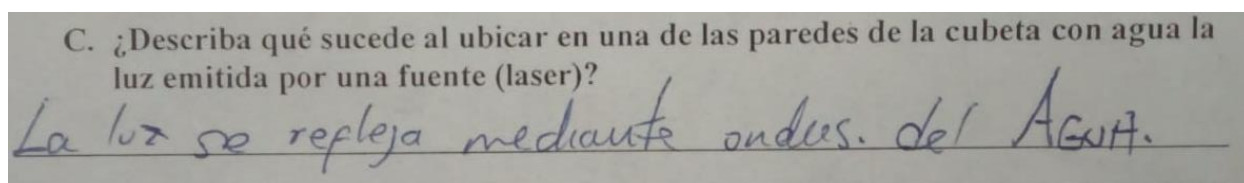


Figura 43: Explicación de lo que sucede al incidir un láser sobre una cubeta con agua.⁷⁸

Notemos que la explicación que nos brindaron hace referencia a la reflexión de la luz y no solo a eso sino también a la propagación de esta por medio de ondas; un buen ejemplo de ello es la siguiente imagen donde podemos corroborar lo plasmado en la respuesta anterior.

⁷⁸Imagen tomada de la resolución del taller experimental 4. Estudiantes F, E y J 11°

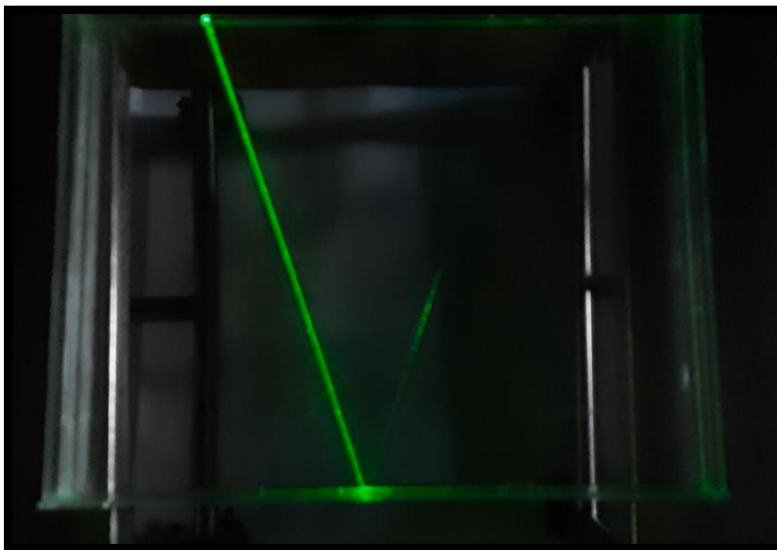


Figura 44: Reflexión de la luz⁷⁹

Observemos que en la figura anterior es posible notar cómo la luz emitida por una fuente (laser), se refleja al llegar a la pared de la cubeta que contiene agua, conserva la igualdad de los ángulos incidentes y reflejados; lo que acabamos de mencionar si bien es una característica importante del fenómeno de reflexión, lo más significativo hasta ahora y que podemos dar cuenta con nuestra propuesta fue haber dado cuenta que en realidad es posible construir a través del experimento los fenómenos de la reflexión y la refracción de la luz desde una perspectiva ondulatoria.

Así mismo destacamos las construcciones que se dieron en torno al fenómeno de refracción, pues notamos que los estudiantes acertaron a las preguntas que planteamos en el taller experimental 4 “Caminos separados”, donde encontramos que sus argumentos son claros y precisos para dar explicación a las experiencias que planteamos allí, un buen ejemplo de ello lo notamos en la siguiente con el literal B (*realice un gráfico y argumente que cambio puede existir al hacer pasar la luz de una fuente de un medio a otro, por ejemplo, la luz de una linterna o la de un láser al pasar del aire al agua*), al respecto los estudiantes E, F y H del grupo 7 respondieron:

⁷⁹Imagen tomada del taller experimental 3

“Atraviesa la superficie del agua, cambia la intensidad de la luz y el agua caudalosa cambia la dirección del láser”

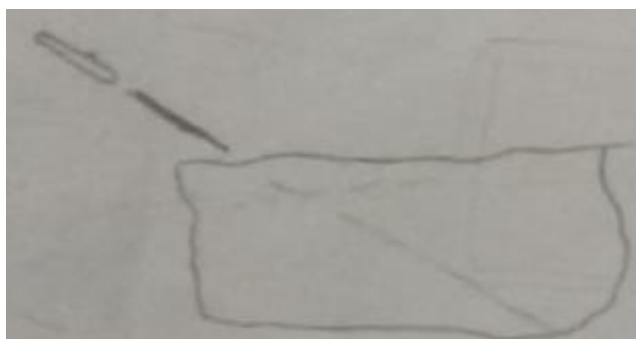


Figura 45: Refracción de la luz.⁸⁰

Observemos en la figura anterior, que según el dibujo planteado por los estudiantes para explicar qué sucede con la luz al pasar de un medio a otro, nos da la impresión que hay una disminución en la intensidad de esta y así mismo notamos que lo hacen evidente en sus argumentos donde nos aclaran que además de tener muy poca intensidad la luz al cambiar de medio también cambia su dirección, las cuales consideramos características propias de la refracción de la luz y en ese sentido nos parecen muy certeros los argumentos presentados por los estudiantes. Notemos que en la figura 45 podemos apreciar que la luz al cambiar de medio (en nuestro caso de aire a agua) disminuye notoriamente su intensidad.

Igualmente, con respecto al fenómeno de refracción nos parece importante resaltar dos de las respuestas por dos grupos (ver figuras 46 y 47), quienes nos brindaron explicaciones de lo que sucede con la luz al nosotros hacerla incidir sobre un prisma, pues notamos que se hace referencia a dos fenómenos que se discutieron y que la experimentación nos muestra:

⁸⁰ Imagen tomada de la resolución del taller experimental 4. Estudiantes F, E y H 11°

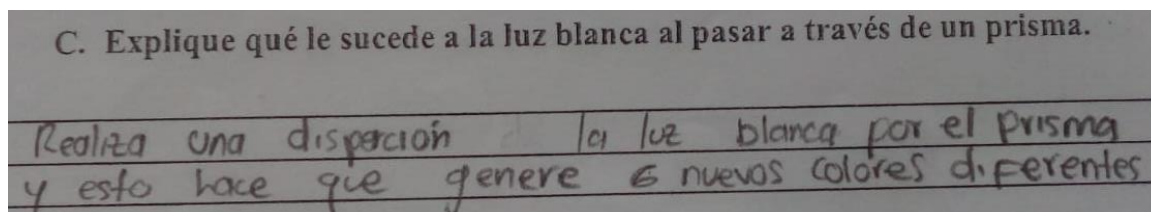


Figura 46: Explicación de la luz al pasar por un prisma.⁸¹

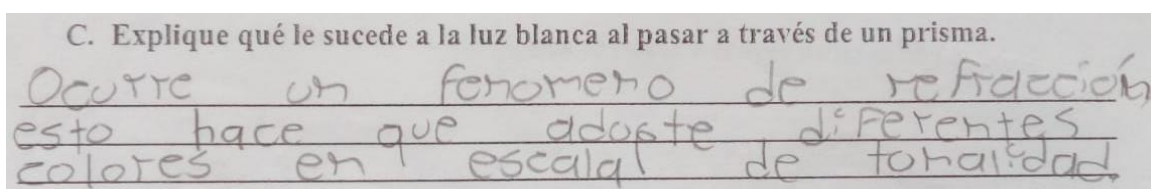


Figura 47: Explicación de la luz al pasar por un prisma.⁸²

Los fenómenos a los que nos referimos son los de refracción y dispersión que la experimentación nos permitió construir de forma conceptual con los argumentos que los sujetos poseen, donde tuvimos en cuenta todos los talleres experimentales realizados, para analizar los cambios de medio, la luminosidad, intensidad “potencia”, onda, longitud de onda, cuerpos transparentes; lo cual resultó muy valioso para nosotros pues logramos identificar que en realidad fue posible construir conceptualmente los fenómenos ya mencionados.

⁸¹ Imagen tomada de la resolución del taller experimental 4. Estudiantes J, P y D de 11°.

⁸² Imagen tomada de la resolución del taller experimental 4. Estudiantes O, Q y R de 11°.

CONCLUSIONES

A partir de lo que planteamos en el primer capítulo, pudimos descubrir elementos que nos ayudaron a ubicar la problemática, la cual es la educación tradicional donde estamos inmersos; momentos vivenciados desde la educación media, universitaria y como docentes en ejercicio. Además de ello, recalcamos que los momentos de interacción con los estudiantes, fueron dinamizadores para generar momentos críticos-reflexivos respecto de la educación tradicional, en la cual tomamos parte para dar respuesta a las exigencias educativas, las cuales notamos requieren cambios para construir conocimiento en la asignatura de física.

Por medio de las figuras presentadas en el capítulo I, dejamos entrever que a partir del solo hecho de brindar dichas estrategias, se lograba de manera “vaga” un grado de conocimiento, que en suma no ayudaba a potencializar los momentos álgidos en la construcción del concepto de reflexión y refracción de la luz, lo cual está enfocado desde nuestra formación escolar y universitaria, ello con la finalidad de construir representaciones que permitan ser relacionadas con experiencias nuevas.

Al abordar cada uno los referentes teóricos, tales como: Guidoni, Duhem, Mach, Huygens, Fresnel entre otros, descubrimos que cada uno de sus argumentos propiciaron el diseño y la creación de la propuesta planteada, donde el análisis de esta nos permitió buscar alternativas de cambio en cuanto a la enseñanza tradicional de lo corpuscular que le concierne a los fenómenos: la reflexión y la refracción de la luz.

Resaltamos también, la construcción conceptual de los fenómenos mencionados anteriormente y de esa manera, nuestro proceder experimental, el cual nos conllevó a realizar un recorrido experiencial desde los diferentes argumentos dados, para así construir el concepto de reflexión y refracción, a partir de la perspectiva ondulatoria de la luz, donde nos proyectamos como sujetos dinámicos en el proceso de investigación, en aras a articular nuestros conocimientos actuales para poder dar visos diferentes al componente educativo.

Comprobamos de este modo, que en el tercer capítulo de nuestro trabajo, los talleres propuestos para con los estudiantes, fueron acogidos de la mejor manera, puesto que generamos un ambiente académico donde cada uno de ellos desarrollaba la capacidad crítico-reflexiva y de esa manera, logramos que tuvieran una visión distinta de la enseñanza de los fenómenos de reflexión y refracción de la luz.

De esta misma manera, indicamos que el enfoque social y el conocimiento común, jugaron un papel importante dentro de la propuesta planteada, ya que por medio de la experimentación y los debates, obtuvimos resultados positivos, los cuales indujeron a un mejor desarrollo del proceso de enseñanza.

Así las cosas, en el cuarto capítulo constatamos que sí es posible llevar a cabo la dinámica de enseñanza desde sus diferentes modos, ya que legitimamos la propuesta alternativa y de esa manera pudimos construir momentos de comunicación donde fueron entendidos como ejes centrales la socialización y debates, puesto que hacen parte de tal componente comunicativo.

En este mismo orden de ideas, hubo un cúmulo de anotaciones por parte de los estudiantes a la hora de tener contacto con la experimentación y su interpretación, así generamos la construcción de conocimiento de modo colectivo en las actividades propuestas, donde procuramos salirnos de los esquemas tradicionales para ir en busca de aquellos espacios que propicien lo nuevo e innovador.

En definitiva, podemos decir que la metodología que usamos, la cual fue biográfico-narrativa generó en nosotros experiencias en el proceso de enseñanza y asimismo, damos fe que la deconstrucción de esta misma fue a partir de nuestras experiencias vivenciadas, donde proponemos cambios para configurar un sistema de enseñanza que proporcione momentos de investigación, criticidad y reflexión, y de esa misma manera, dejar que no sea centrífugo el sistema, puesto que seríamos rutinarios en los procesos de enseñanza, donde promovamos los movimientos de pensamientos en todo el campo académico y el tejido social.

Preguntas para el lector

Hasta el momento hemos visto cómo el uso de una propuesta alternativa ha contribuido en los procesos de enseñanza-aprendizaje y ha logrado promover nuestros saberes y fundamentar nuestra mirada de la ciencia como una actividad que hace parte de una construcción social. También trabajamos cómo el hecho de reconocer el conocimiento común en pro de la construcción de conocimiento científico deja percibir la ciencia desde una perspectiva en la que estamos en constante relación con el contexto de cada sujeto, adicionalmente, las socializaciones o debates dinamizan los procesos de formación y el uso de la experimentación fomenta el interés de los estudiantes y la articulación que tiene ésta con los argumentos que se comparten en un diálogo constante con los otros desde la interpretación.

Como vimos en el problema de investigación que planteamos en el trabajo, tenemos como eje principal la manifestación de un cambio en el que transformemos nuestra imagen tradicional sobre la física, debido a que esta imagen prioriza un tratado algorítmico, resolver ejercicios y por ende adquiere un carácter procedimental, además de la enseñanza de la óptica encaminada a la naturaleza corpuscular de la luz. Dejamos como propuesta para quienes deseen seguir con la línea de este trabajo analizar ¿cómo esta nueva mirada de la ciencia aporta a la comunidad estudiantil una alternativa para promover un aprendizaje significativo y, cómo ésta contribuye al conocimiento científico? ¿bajo qué argumentos, el método biográfico-narrativo posibilita desarrollar y contribuir en las investigaciones científicas desde una apuesta al contexto social y la pregunta sobre el quehacer docente?

REFERENCIAS

- Albert Einstein & Leopold Infel. *La evolución de la física*. Salvat Editores S.A, Barcelona 1986.
Versión española.
- Arcà, M., Guidoni p. y Mazzoli, P. (1990). *El desarrollo del proceso cognitivo como tarea de la educación*. En “Enseñar ciencia. Cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base”. Barcelona: Paidós.
- Alzate, H. (2013). *Manual de Laboratorio Ondas*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Bolívar, A. & Domingo, J. (2006, septiembre). *La investigación biográfica y narrativa en Iberoamérica: Campos de desarrollo y estado actual*. Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research, Art. 12. Disponible en : <http://www.qualitative-research.net/fqs-texte/4-06/06-4-12-s.htm> Recuperado : 26/09/18
- Bolívar, A. & Domingo, J. (2018, diciembre). La investigación (auto)biográfica y narrativa en España: principales ámbitos de desarrollo en educación. *Revista Brasileira de Pesquisa (Auto)Biográfica*, Salvador, v. 03, n. 09, p. 796-813, set./dez. 2018
- Campbell, N. (1956, 1986). Medición. Tomado de “What Is Science”, 1921. En: Enciclopedia “Sigma, el mundo de las matemáticas”. Título original: “TheWorld of Mathematics”. Tomo 5, Ed. Grijalbo, Barcelona.
- Duhem, P. (1914, 2003). El experimento de física. En: “La teoría física, su objeto y su estructura”. Ed. Herder, Barcelona. Título original: “La Théoriephysique, son object, sastructure”.
- Fresnel, A. (1822). *Théorie de la Lumière*, París, Francia, Academia Real de Ciencias de Francia (1945 Versión Española). Ed. Losada, Buenos Aires.

- Huygens, C. (1678, 1690). *Tratado de la luz*, París, Francia, Academia Real de Ciencias de Francia (1945 Versión Española). Ed. Losada, Buenos Aires.
- Lee, J., Cha, Y. W., Jung, Y. S., Oh, E. J., Moon, Y. L., & Kim, J. B. (2016). Revisiting a surprising demonstration of total internal reflection. *The Physics Teacher*, 54(7), 410-412.
- Mach, E. (1948). El Concepto. En E. Mach. *Conocimiento y error*. Buenos Aires: Espasa- Calpe Argentina S.A.
- MEN, M. D. (2006). Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas: Guía sobre lo que los estudiantes deben saber y saber hacer con lo que aprenden. 1ra edición. recuperado el 15 de octubre del 2018 de:
https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-340021_recurso_1.pdf
- MEN, M. D. (2015). Derechos básicos de aprendizaje: Ciencias Naturales. Recuperado el 15 de octubre del 2018 de:
http://aprende.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/DBA_C.Naturales.pdf
- Romero, O., y Bautista, M. (2011). *Hipertexto Santillana Física 2*. Santafé de Bogotá, Colombia: Santillana
- Sepúlveda, A. (2016). *Los conceptos de la Física-Evolución histórica*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Serway, R.A. y Jewett, J.W. (2009). Naturaleza de la luz y leyes de óptica geométrica. Física para la ciencia e ingeniería. Novena edición, vol.2, 1058-1089.
- Shapin, Steven; Schaffer, Simón. *El Leviathan y la bomba de vacío*. Hobbes, Boyle y la vida experimental - 1 a ed. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes, 2005

Suárez, D. (2007). ¿Qué es la documentación narrativa de experiencias pedagógicas?
Documentación narrativa de experiencias y viajes pedagógicos. (2), 7-49.