

**ASTROFOTOGRAFÍA, UNA VENTANA AL UNIVERSO DESDE LA ENSEÑANZA DE LA
ÓPTICA**

LINA MARCELA CARDOZO MOLINA

ASESOR: NÉSTOR FERNANDO MÉNDEZ HINCAPIÉ

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE:
LICENCIADA EN FÍSICA

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

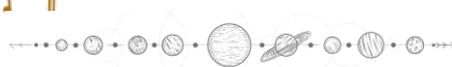
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

LÍNEA DE PROFUNDIZACIÓN: LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y LA RELACIÓN
FÍSICA MATEMÁTICA

BOGOTÁ D.C. 2023



Fotografiar lo recóndito,
cultivar el asombro,
aprender del camino.



Lina Cardozo

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Pedagógica Nacional y al Departamento de Física por permitirme alcanzar una de mis metas académicas, estudiar en esta institución pública fue parte importante en mi crecimiento intelectual, personal y político.

A mi asesor Néstor Méndez, por orientarme en esta última etapa de la carrera que representó un reto para mí. Igualmente, agradezco a Lauren Flor, por presentarme la astrofotografía y ayudarme a darle forma a este trabajo de grado.

Al semillero de Astronomía ÍO, dirigido por los profesores Andrés Cruz y Maritza Mora, por haberme permitido implementar mi trabajo de grado con las estudiantes. Espero que este espacio dedicado a la ciencia siga cultivando la curiosidad científica y la exploración del cosmos en las niñas y adolescentes.

A Maria Gracia Batista, por abrirnos las puertas del observatorio en la Universidad de los Andes para maravillarnos ante la noche despejada con Jupiter y Saturno.

A Wilder Reyes, profesor de la Universidad Sergio Arboleda, por dedicarme parte de su tiempo cada miércoles en el observatorio para explorar el mundo de la astrofotografía.

A mi mamá y mi papá quiénes creyeron en mis capacidades y apoyaron mi camino profesional; su amor y cuidado es parte fundamental de lo que soy y seré.

A mi pareja por brindarme su cariño, por ser mi apoyo académico y emocional cuando quise rendirme estos últimos tiempos, la persona que acompañó y aterrizó mis ideas para poder llevar a cabo mi trabajo de grado. El mundo de la música que me enseñaste me ayudó a vislumbrar la relación entre la ciencia y el arte.

A Edwin Hernández, por darme un empujón en el punto crítico de mi carrera.

A Paco, más que un agradecimiento por su leal compañía, un homenaje, porque el estar enfocada en este trabajo no me permitió una despedida. Aunque no hubo tiempo para la tristeza, sé que ahora eres parte de las estrellas.

Tabla de contenido

Introducción	5
Aspectos Preliminares	7
Planteamiento del problema	7
Educación astronómica	8
Enseñanza de óptica en las instituciones educativas	9
Pregunta de investigación	9
Justificación	10
Antecedentes	11
Objetivos	13
Objetivo general	13
Objetivos específicos	13
Referentes Teóricos	14
Óptica geométrica	14
Naturaleza de la luz	14
Teoría corpuscular de Newton	15
Teoría ondulatoria de la luz.....	15
Reflexión	17
Refracción	18
Índice de refracción	18
Principio de Fermat	19
Refracción a partir del principio de Fermat.	20
Reflexión a partir del principio de Fermat	21
Formación de imágenes	22
Formación de imágenes en lentes.....	22
Formación de imágenes en Espejos esféricos.....	24
Fotografía	25
Aspectos históricos	25
Aspectos disciplinares	26
Astrofotografía	29
Aspectos metodológicos	30
Línea de investigación	30
Población	32
Diseño e Implementación de la SEA	32
Resultados del Pre-test.....	34
Actividades de la SEA.....	38
Conclusiones	52
Bibliografía	54
Anexo 1. Bitácora de SEA	57
Anexo 2. Pre-test	73
Anexo 3. Post-test	76

Introducción

El cielo nocturno con sus puntos luminosos y titilantes lejos de la contaminación lumínica de la ciudad, es uno de los paisajes más impresionantes que captan la atención del ser humano. Sin embargo, nuestra capacidad visual está limitada para ver misterios que esconde ese telón negro en la bóveda celeste, pues nuestros ojos son sensibles a una pequeña porción de todo el espectro electromagnético denominado “Luz visible”. Por fortuna, el florecimiento de la fotografía y la tecnología nos ha permitido ver más allá de nuestras capacidades fisiológicas, proporcionando no sólo, un espectáculo de colores y objetos nunca antes visto, sino también información valiosa para la comunidad científica. Un ejemplo de ello, son las últimas fotografías del telescopio espacial James Webb, que nos da la oportunidad de mirar al pasado y conocernos un poco más.

Actualmente, la astrofotografía tiene un acceso más amplio, que se ha podido integrar a la sociedad en general, sin duda, esto depende del contexto socioeconómico (Gomez & Fitzgerald, 2017). Lo cierto, es que la riqueza de las imágenes astronómicas y el acceso a las herramientas para capturarlas puede ser de gran utilidad en el campo de la educación como lo menciona Salimpour (2019).

Esta propuesta didáctica nace del interés por cultivar en los estudiantes la curiosidad científica y potenciar sus habilidades con miras hacia la ciencia, a través de recursos y/o elementos que les son familiares y por su naturaleza llaman la atención, como lo son las imágenes astronómicas que invitan a un viaje a través del espacio, inspiran y cuestionan al ser humano. Se trata de un conjunto de actividades con objetivos específicos que exploran el mundo de la óptica geométrica a través de su estrecha relación con la astrofotografía, tejiendo así el vínculo interdisciplinar entre la ciencia, la tecnología, el arte y la astronomía en las aulas de clases, con el fin de que los estudiantes encuentren estos conocimientos en sus contextos, y sea un factor motivante para una actitud positiva hacia el aprendizaje de la física.

Al hablar de cámara fotográfica, inevitablemente se debe abordar el tema de la luz y la exposición correcta. Cuevas (2003) afirma que, “existe una relación directa entre la fotografía y el conocimiento científico de nuestra era; o, en otras palabras, de que la esencia y los productos de la fotografía inciden y son determinantes en la creación de la ciencia que nos rodea.” Este puente comunicativo entre campos de conocimiento es lo que se trata de

aprovechar para desarrollar una Secuencia de Enseñanza Aprendizaje que permita avanzar en la comprensión de la óptica.

A lo largo del documento, se describe en el capítulo 1 la problemática alrededor de las actitudes negativas que los estudiantes han desarrollado hacia las ciencias exactas y naturales y de sus posibles factores, así como también, se resalta la importancia de la educación astronómica en el aula y de cómo esta puede ser una conexión que mejore la interacción entre el estudiante y el docente. En lo que respecta a la óptica, se aborda la forma de enseñanza de esta rama en las instituciones educativas para finalmente establecer la pregunta problema que guiará la investigación. Además, se encuentran los antecedentes que aportan elementos a la investigación bajo diferentes perspectivas desde la educación en óptica, y la fotografía, particularmente la astrofotografía como medio didáctico en clase y se definen los objetivos que darán sentido a la investigación propuesta.

En el capítulo 2 se describen fundamentos teóricos que orientan la investigación proporcionando información que ayuda al entendimiento y articulación de los conceptos que se trabajan en el aula. Continuando con el capítulo 3 donde se abordan los aspectos metodológicos usados para el diseño de la Secuencia de Enseñanza Aprendizaje (SEA).

Posteriormente, en el capítulo 4 se describe el proceso de implementación con el grupo poblacional objeto de estudio, en donde se sugiere al lector la revisión del anexo 1, donde encontrará una bitácora con observaciones importantes de situaciones que surgieron en medio de las sesiones que aportaron a esta investigación, y analizando de manera cualitativa los exámenes antes de la SEA y después de esta para determinar la eficacia de la propuesta didáctica.

Finalmente, se presentan las conclusiones del trabajo implementado, teniendo en cuenta la comparación entre las pruebas realizadas y los productos que generaron las estudiantes participantes de la SEA.

Esta propuesta didáctica representa una hoja de ruta para profesores y/o divulgadores científicos que deseen involucrar la astrofotografía en sus procesos de enseñanza aprendizaje con diferentes comunidades, por lo tanto, está abierta a cambios que se adapten a las necesidades del educador y educando según el contexto.

Aspectos Preliminares

Planteamiento del problema

Una de las discusiones actuales en la educación en ciencias es cómo incentivar el estudio de ciencias exactas y naturales en los niños, niñas y jóvenes (Tytler, 2007, pág. 7)). Pues se sabe que la crisis de la enseñanza en la educación secundaria alcanza en este momento a la mayoría de los países, especialmente en las áreas de ciencias (Solbes, Montserrat, & Furió, 2007). Colombia, no es ajena a esta realidad.

Según las estadísticas históricas de la educación superior en Colombia que muestra el Ministerio de Educación Nacional en su página web, para el 2016, el número de personas admitidas a programas de educación superior fueron 1.179.916 de las cuales 21.305 pertenecen a áreas de conocimiento de matemáticas y ciencias naturales, representando el 1,80% de la población que se inscribe y es admitida. En el 2021, se admitieron 1.169.937 personas, de las cuales 25.584 son de la categoría de ciencias naturales, matemáticas y estadística siendo el 2,19% de la población total admitida. (Ministerio de Educación Nacional (MEN), s.f.)

Realizando una comparación con todas las áreas de conocimiento definidas de ese modo hasta el 2021, es notoria la poca preferencia por carreras científicas a nivel nacional. A pesar de que la información no filtra la cantidad de estudiantes por edad y por nivel de formación, sí otorga un panorama general de los últimos 5 años, acerca de los campos de estudio más demandados y los menos apetecidos al momento de decidir una carrera profesional.

Según una investigación sobre las actitudes hacia las ciencias naturales y su aprendizaje en los estudiantes se evidencia que actualmente en Colombia existe un desinterés generalizado hacia la ciencia, en función del crecimiento escolar; es decir, en la infancia se presenta mayor interés que en la etapa de adolescencia o adultez, a tal punto de considerar este campo como algo interesante pero no lo suficiente como para estudiar una carrera afín (Cardozo & Amórtegui, 2020, pág. 10); Así mismo lo confirma Molina, et al. (2017), al realizar una investigación con estudiantes de colegio distrital en la ciudad de Bogotá. Es necesario aclarar que, cuando se habla de una actitud hacia la ciencia, se refiere a “las disposiciones, tendencias o inclinaciones a responder hacia todos los elementos (acciones, personas, situaciones o ideas) implicados en el aprendizaje de la ciencia” (Gardner, 1975, citado en Rodríguez, Jiménez y Caicedo, 2007, pág. 86). Una de las causas halladas a esas actitudes negativas, reside en la enseñanza de la

ciencia desligada de la vida cotidiana, generando que el estudiante no vea la utilidad de las ciencias en su diario vivir, sino que crea que es funcional para personas de contextos ajenos.

Una investigación realizada en Chile sobre la enseñanza de ciencias naturales señala que los lineamientos curriculares vigentes de ciencias en ese y otros países de Latinoamérica, no permiten que haya una interacción real entre el estudiante y lo que aprende en el aula, causando desinterés y aversión por la ciencia; se suelen ejemplificar los contenidos con actividades ajenas a la realidad cotidiana del estudiante, propiciando un aprendizaje memorístico. (Carbonnel, Ruz, Osorio, & Hernández, 2019)

Considerando la necesidad de ver la aplicación de las ciencias en el aula como una forma de llamar la atención del estudiante, se plantea que la astronomía puede ser un mediador entre las ciencias y el contexto.

Educación astronómica

La astronomía ha cautivado por años a los seres humanos. La necesidad de saber sobre el cosmos es un interrogante que ha permitido nutrir la ciencia de teorías físicas novedosas en su contexto. Este interés demuestra que la astronomía es una ciencia que tiene gran potencial para articular distintas disciplinas como la física, la química, la biología, ingeniería, matemáticas, e incluso el arte (Valderrama & Navarrete, 2020). En el campo de la educación, específicamente en los niños o jóvenes, captura su imaginación, promueve la curiosidad y un sentido de exploración.

La interdisciplinariedad de esta ciencia permite que haya un aprendizaje significativo al acercar al estudiante a situaciones de la vida cotidiana (Silva, et al., 2014). Según el doctor John R. Percy (1998, pág. 2), en el Simposio de Unión Astronómica Internacional, afirma que la astronomía debe ser parte del sistema educativo y agrega:

“En un contexto escolar, la astronomía demuestra un enfoque alternativo al ‘método científico’: el enfoque de la observación frente al teórico. Puede atraer a los jóvenes a estudiar ciencias e ingeniería y puede aumentar el interés público y la comprensión de la ciencia y la tecnología, esto es importante en todos los países, tanto desarrollados como en desarrollo.”

Esto demuestra que la discusión sobre la importancia de una educación astronómica viene de tiempo atrás y por lo tanto se esperaría que hoy en día este campo tuviera gran relevancia en los procesos de enseñanza de ciencias en las instituciones educativas de primaria y secundaria.

Para el caso particular de Colombia, la astronomía no hace parte del currículo, sino que se plantea de forma superficial algunos temas sobre las fases lunares y movimientos de la Tierra en grados de primaria. Esto se puede evidenciar en los Derechos Básicos de Aprendizaje de Ciencias Naturales (DBA, 2017, pág.16) que realiza el Ministerio de Educación Nacional y que indican los contenidos mínimos que debe cumplir cualquier institución educativa; mientras que en los lineamientos curriculares del MEN (2006), para la educación secundaria, se proponen tópicos sobre ley de gravitación universal y movimiento planetario.

Ante este panorama, la enseñanza en astronomía se puede abordar en el aula a través de tópicos que sí estén en los lineamientos curriculares que propone el MEN. Específicamente, para la realización de este trabajo, se abordará la astronomía a través de la enseñanza de la óptica que se maneja en la educación media, en aras de incentivar el estudio de la física.

Enseñanza de óptica en las instituciones educativas

Retomando los Derechos Básicos de Aprendizaje (2017, pág. 37), la enseñanza de la óptica en las instituciones educativas de Colombia se enmarca en los fenómenos ondulatorios, priorizando conceptos de óptica geométrica como: reflexión y refracción; así como también, aborda nociones básicas de óptica física como: interferencia, difracción, polarización y principio de Huygens.

Estos fenómenos suelen enseñarse a través de clases magistrales. Sin embargo, es pertinente preguntar si los estudiantes en realidad comprenden los fenómenos ópticos a través de estas experiencias, o si la óptica que se enseña tiene en cuenta las aplicaciones en la vida cotidiana y los avances tecnológicos alrededor de ella.

Por otro lado, el progreso de la astronomía está fuertemente ligado al estudio de la óptica, por lo tanto, representa una alternativa a la enseñanza de esta rama que hace parte de la física clásica y moderna, permitiendo crear espacios experimentales para la comprensión de los fenómenos ondulatorios que se exhiben en los lineamientos curriculares del MEN.

Pregunta de investigación

Teniendo en cuenta este panorama frente a la enseñanza de las ciencias naturales, y en particular de la óptica en las instituciones educativas, se formula la siguiente pregunta problema que orientará el trabajo de investigación:

¿Qué características debe tener una secuencia de enseñanza aprendizaje que involucre la enseñanza de la óptica y la astronomía usando la astrofotografía como herramienta didáctica en estudiantes de educación media?

Justificación

En vista de las problemáticas descritas a las que se enfrenta la educación en ciencias, cambiar la percepción negativa que se tiene sobre la misma, “implica transformaciones profundas en la manera de abordar la ciencia escolar, propia del ámbito de la didáctica, que supone evolucionar de metodologías de transmisión y de corte deductivo a metodologías basadas en la investigación en el aula.” (Cañal, 2007). En otras palabras, se debe tratar de contextualizar la ciencia y brindarle al estudiante una experiencia significativa, donde se evidencie que esta disciplina permea todos los campos del conocimiento dentro de su contexto, generando así un factor motivante. Ahora bien, Serje et al. (pág. 5, 2021) mencionan que, si bien una actitud positiva hacia la ciencia y la investigación no garantiza innovación, desarrollo y producción científica, sí es un factor que promueve en las personas la curiosidad por dichas áreas.

El presente trabajo, plantea una alternativa a la enseñanza de las temáticas de óptica que se ven en los grados décimo y undécimo, desde un enfoque aplicativo de las ciencias, acercando al estudiante a su contexto a través de la astrofotografía para que logre ver la utilidad real de la ciencia en su entorno.

En ese sentido, la astronomía juega un papel importante en esta investigación, pues como se mencionó anteriormente es un área de gran interés que va más allá de la contemplación y puede generar aportes en el desarrollo de la tecnología y conocimiento científico; mientras que la astrofotografía, puede ser un recurso didáctico enriquecedor para el aprendizaje de la astronomía y de la física, específicamente por la interdisciplinariedad entre esta ciencia y los conceptos de óptica (Silva, et al. 2014).

De esta manera, se podrá involucrar en el aula la astronomía como eje transversal en la enseñanza, a través de la astrofotografía que permitirá contextualizar la educación científica, cumpliendo con los derechos básicos de aprendizaje que propone el MEN en lo que respecta a las temáticas de óptica, e incentivando la participación de jóvenes en áreas de conocimiento de ciencias naturales. Por lo tanto, este trabajo de grado busca relacionar la ciencia, fotografía y astronomía generando una experiencia significativa, uniendo estos tres campos del conocimiento.

Antecedentes

Se realizó una revisión bibliográfica sobre publicaciones, artículos y/o trabajos de grado que tuvieran como eje central la relación entre astrofotografía y educación científica, así como también la enseñanza de la óptica en la escuela. Al respecto se destacan los siguientes textos.

Salimpour (2019) en “Capturing the cosmos: teaching astronomy (and more) through astrophotography in Middle School” revela la importancia de la astrofotografía como medio alternativo a la enseñanza de la astronomía en una escuela oficial de Australia, haciendo uso de las imágenes que proporciona el telescopio robótico remoto ubicado en el Observatorio Las Cumbres (LCO por sus siglas en inglés). Para ello, se implementó una asignatura optativa con una duración de 11 semanas en la región de Victoria para el grado octavo donde participaron 12 estudiantes, aplicando la metodología *Learning Progression* (LP), sintetizando 3 aspectos generales para abordar la investigación: 1. Conceptos básicos; 2. Objetos del Universo; 3. Procesamiento de imágenes.

Como resultado, se tomaron imágenes de 6 objetos diferentes del espacio profundo, que los mismos estudiantes procesaron en equipo con el uso del software de procesamiento de imágenes FITS Liberator y Adobe Photoshop, destacando que ninguno de los niños tenía conocimiento previo alguno sobre estas técnicas.

Durante el proceso de esta investigación se abordaron temáticas como mecánica celeste, óptica básica y funciones matemáticas que se aplican al procesamiento de imágenes. Finalmente se destaca la motivación que generó en los estudiantes el realizar el procesamiento de las imágenes y la capacidad de explicar la física de lo que ocurría en estas mismas.

(Díaz, 2017) en su trabajo de grado “*El estudio de fenómenos ópticos: Una reflexión sobre el sentido de la enseñanza de la física en la educación básica*” realiza una revisión histórica y teórica de conceptos de óptica y a partir de ello genera una propuesta para la enseñanza con estudiantes de grado décimo en el colegio Instituto Cerros del Sur ICES, a través de 4 talleres.

1. La cámara oscura ¿todos vemos lo mismo? ¿en qué forma lo vemos?
2. La sombras, el reflejo de la oscuridad ¿qué camino sigue la luz?
3. La reflexión de la luz, una experiencia visual ¿Qué es el reflejo?
4. La refracción de la luz, un fenómeno óptico ¿por qué crees que aparece el arco iris?

Estas actividades fueron diseñadas para generar espacios de construcción de explicaciones alrededor de la óptica con el fin de darle un sentido a lo que los estudiantes aprenden. El autor,

hace unas reflexiones finales acerca de la enseñanza de la física como un quehacer pedagógico contextualizado socioculturalmente, asumiendo al estudiante como un sujeto activo y protagonista de sus procesos de aprendizaje. Se destaca la importancia de las situaciones experimentales como un elemento que no sólo facilita la comprensión de fenómenos físicos, en este caso ópticos, sino que también constituye un espacio de crítica por medio de la observación, análisis y conclusiones.

(Espitia, 2016) en su tesis de maestría “Propuesta Didáctica para la Enseñanza de Óptica Geométrica, tomando como modelo pedagógico el Constructivismo” realiza una propuesta didáctica para estudiantes de educación media, abordando los conceptos de óptica geométrica y fotografía como: tiempo de exposición, apertura del diafragma, distancia focal y formación de imágenes.

Para llevar a cabo la propuesta didáctica, se realizan 3 actividades durante los años 2012, 2013 y 2014 bajo un modelo constructivista, teniendo en cuenta el contexto de la población.

1. Construcción de cámara estenopeica, abordando el concepto de apertura de diafragma y tiempo de exposición.
2. Construcción de cámara oscura, para trabajar el concepto de distancia focal
3. Construcción de lentes convexos con materiales reciclados de botellas PET, en donde se abordó el concepto de refracción y la formación de imágenes en lentes convergentes.

Como resultado de estas prácticas, los estudiantes tenían ideas más claras acerca de la fotografía y de cómo se vincula a la óptica, destacando que el hecho de construir sus propias herramientas tuvo incidencia en la actitud de los estudiantes.

Las revisiones de las publicaciones académicas sobre el tema objeto de estudio en este trabajo, evidencian que la relación entre astrofotografía y educación es un tema bastante inexplorado, pero que según los textos encontrados tiene potencial para ser un recurso de aprendizaje novedoso en el aula. Se identifica que esta relación permite abordar la enseñanza de diferentes disciplinas.

Específicamente en Colombia, el uso de la astrofotografía como medio didáctico en la enseñanza de las ciencias es un terreno inexplorado, puesto que sólo fue posible encontrar un texto al respecto. Lo cual, permite contribuir a esta línea de investigación y ser un referente en el tema.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar una secuencia de enseñanza-aprendizaje sobre la óptica geométrica que se usa en la formación de imágenes astronómicas a través del uso de la astrofotografía como herramienta didáctica.

Objetivos específicos

- Delimitar los conceptos básicos de astrofotografía con fines pedagógicos dirigido a estudiantes de grado décimo y once.
- Determinar los conceptos de la óptica que se vinculan al proceso de tomar imágenes astronómicas y que están aprobados en los Derechos Básicos de Aprendizaje con un fin didáctico en el aula para educación media.
- Identificar las dificultades y conocimientos previos que presentan los estudiantes sobre la óptica geométrica.
- Implementar la Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje basada en la astrofotografía y los conceptos ya caracterizados de óptica en un grupo de estudiantes de educación media.

Referentes Teóricos

Óptica geométrica

Caracterizada así por modelar la luz como rayos que muestran la dirección de la onda electromagnética, de tal manera que la forma de representar su trayectoria es a través de líneas rectas. Luego, la geometría plana se usa para explicar el fenómeno de reflexión y refracción en diferentes superficies. De ahí que se llame “óptica geométrica” (Cornejo & Urcid, 2005). No obstante, no todos los fenómenos pueden ser explicados por esta rama de la óptica, específicamente lo concerniente a la naturaleza ondulatoria de la luz.

Las ondas electromagnéticas se abordan más adelante con el fin de identificar cómo se organizan en el espectro electromagnético de acuerdo a su longitud de onda y su frecuencia.

Naturaleza de la luz

Se sabe que en la antigua Grecia se construyeron teorías alrededor del funcionamiento del ojo humano y la propagación de la luz teniendo como base los 4 elementos (Tierra, Aire, Fuego y Agua) como responsables de formar la materia. Al respecto, personajes como Empédocles consideraban la luz como un fluido que emanaba de los ojos, Pitágoras, por su parte, planteó que la luz emanaba del ojo en forma de rayos luminosos. Esta teoría sería conocida como la “teoría de la extramisión” o “teoría táctil” (Pérez, 2006).

Con la llegada de los atomistas, se plantea una perspectiva diferente sobre la naturaleza de la luz, destacando las ideas de Demócrito, quien sugería que los objetos emiten átomos continuamente, afirmando que la luz es un flujo de partículas que parten de los focos de luz. A este conjunto de ideas se le conocería como “teoría de la intromisión” (Pérez, 2006)

Se podría deducir que existía un consenso general entre la comunidad griega en la que la luz estaba formada por partículas que se movían en línea recta con gran velocidad. Posteriormente Alhazen en su obra “tratado de óptica” incluye valiosos análisis y explicaciones sobre la luz, la óptica fisiológica, la cámara oscura y la visión utilizando la geometría y la anatomía.

Poco a poco se van popularizando no sólo los conceptos de refracción y reflexión, sino el uso de lentes. Robert Hooke, (1635-1713) estudió el fenómeno de difracción, y propuso que la idea de que la luz era un movimiento vibratorio rápido del medio propagándose a una gran velocidad. Además, cada pulso o vibración del cuerpo luminoso, generará una esfera. Éste era el comienzo de la teoría ondulatoria. (Hecht, 2001).

Hacia mediados del siglo XVII, se genera una disputa entre dos personajes reconocidos en la ciencia, Isaac Newton (1642-1727) y Christian Huygens (1629-1677), el motivo: Explicar la naturaleza de la luz.

Teoría corpuscular de Newton

Mejía, en Fundamentos de óptica, afirma que Newton comparte la idea de que la luz se propaga en línea recta y que está compuesta de pequeñas partículas que siguen las leyes de la mecánica propuesta por él mismo. De esta manera Newton da una explicación a las leyes de la reflexión y refracción de la luz. (Mejía, 2021), concluyendo que la luz blanca está compuesta de varios colores y los corpúsculos de luz asociados a estos excitan el éter en vibraciones características. (Hecht, 2001)

Para poder dar explicación al caso de refracción aire- vidrio aire-agua, Newton, propuso que las partículas luminosas aumentan su velocidad al pasar a un medio más denso.

Según Hecht, en su libro de óptica, la principal razón de Newton para rechazar la teoría ondulatoria de la luz consistía en el problema que suponía tratar de explicar la propagación rectilínea de la luz en términos de ondas que se podían dispersar en distintas direcciones. (Hecht, 2001)

Teoría ondulatoria de la luz

Por otro lado, Christian Huygens, dedicó gran parte de su vida al estudio de la luz, al tiempo que Newton difundía su teoría corpuscular en Inglaterra. Huygens concluyó que la luz es un fenómeno ondulatorio que se propaga en un medio sutil al que llamaban éter y disminuía su velocidad al entrar a medios más densos. Además, dio explicación al fenómeno de reflexión y refracción, así como a sus respectivas leyes.

En 1678, Huygens (en *Traité de la Lumière*) muestra que con sus ideas de ondas secundarias se cumple la ley de Snell, que él ya conocía de los trabajos de Snell (Mejía, 2021). Empleó un método geométrico para dar explicación a la propagación de las ondas de luz, que hoy en día se denomina “Principio de Huygens”

Estas dos teorías tenían un punto en común sobre la velocidad de la luz, pues ambas concebían la propagación de la luz de manera simultánea, lo que implicaba una velocidad muy alta. La disputa tuvo gran influencia en los siglos XVIII y XIX, consiguiendo adeptos de la teoría corpuscular como: Laplace y Poisson, así como también de la teoría ondulatoria, entre los que destacan: Fresnel y Arago.

Por su parte, Thomas Young se dio cuenta que el fenómeno de la aberración cromática también se puede explicar utilizando el modelo ondulatorio. Más tarde, en el año de 1851, el famoso experimento de Young de la doble rendija en 1802, con el cual se demuestra la existencia de fenómenos de interferencia, zanjó definitivamente la discusión sobre la naturaleza de la luz: los fenómenos de interferencia no se pueden explicar si no se supone la naturaleza ondulatoria de la luz. (Vélez, 2015)

Pronto, adquirió más fuerza la existencia de un medio de propagación, entonces se creía que el universo está inmerso en un océano de éter, inmóvil, extremadamente sutil que penetra por los poros de la materia por pequeños que sean (Vélez, 2015). A partir del éter se trató de explicar la mecánica celeste y la velocidad de la luz, cuyas investigaciones representaron un dolor de cabeza en la física del siglo XIX, específicamente para la óptica.

Por otro lado, James Clerk Maxwell (1831-1879) en el siglo XIX resumió los avances sobre el estudio de los fenómenos eléctricos y magnéticos, y amplió los conocimientos al respecto por medio de un conjunto de ecuaciones matemáticas. Maxwell demostró teóricamente que el medio electromagnético se podía propagar como una onda transversal en el éter luminífero. Esto permitió determinar que la luz era una perturbación electromagnética en forma de ondas a través del éter (Hecht, 2001). Con los experimentos sobre la velocidad de la luz, Einstein en su teoría de la relatividad especial, cierra la discusión sobre la existencia del éter afirmando que es superflua.

Actualmente, es aceptada la propagación de la luz como partícula o como onda, si se trata del diseño de instrumentos ópticos, la versión de rayos es más apropiada. Si se trata de estudiar la calidad de la imagen, la versión ondulatoria será la más apropiada. (Mejía, 2021)

Onda electromagnética

Las ecuaciones de Maxwell permitieron deducir que una variación en el campo eléctrico produce un campo magnético, así pues, una variación del campo magnético produce un campo eléctrico, es decir, los cambios en ambos campos no son aislados, sino que están conectados entre sí de manera perpendicular, por lo tanto, forman lo que se conoce como un campo electromagnético.

Una oscilación que se produzca en el campo mencionado anteriormente, se llama onda electromagnética, y no requiere de un medio para propagarse, puesto que la oscilación en un campo genera al otro. La propagación de esta onda transporta energía y además es perpendicular tanto al campo eléctrico como al campo magnético.

Entre las ondas electromagnéticas se clasifica la luz, así como también otras longitudes de onda por medio de el “espectro electromagnético” que se muestra a continuación.

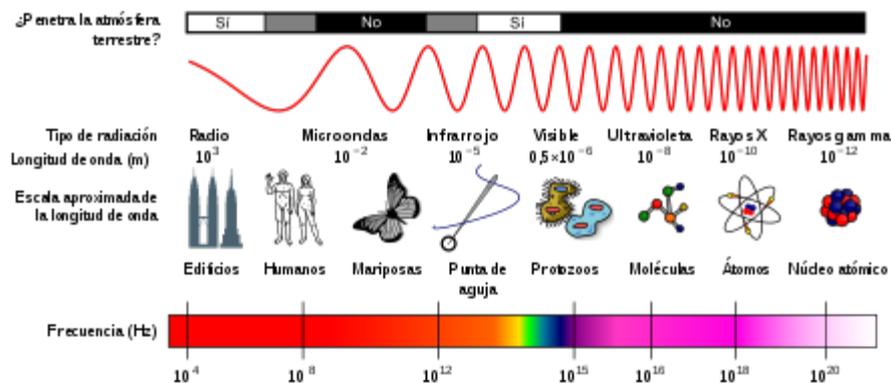


Figura 1. Espectro electromagnético. Tomado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico

Se observa en la figura 1., que existe una relación inversa entre la longitud de onda y la frecuencia de una onda electromagnética, obteniendo la siguiente expresión:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Donde, λ es la longitud de onda en metros, f , la frecuencia en Hz, y c la velocidad de la onda electromagnética en el vacío.

Reflexión

Se produce cuando un haz de luz choca contra una superficie y se desvía. En otras palabras, es el cambio de dirección que sufre la luz al entrar en contacto con una interfase que separa dos medios. Si la superficie es lisa (un espejo), la reflexión será especular; si es rugosa, la reflexión será difusa.

Mejía (2021, pág. 37) ilustra de la siguiente manera la reflexión de un rayo incidente en: (a) una superficie plana y (b) una superficie curva. “En cualquier caso, el ángulo del rayo incidente se mide con respecto a la línea normal N de la superficie en el punto donde incide el rayo. Con respecto a esta normal también se mide el ángulo de reflexión. El rayo incidente, el rayo reflejado y la normal están contenidos en un plano denominado plano de incidencia.”

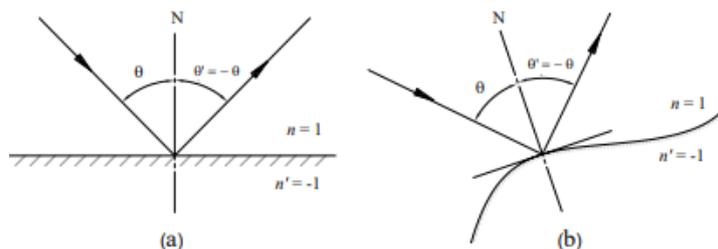


Figura 2. Fenómeno de reflexión, adaptado de Fundamentos de óptica, por Mejía Y.2021

Entonces, la ley de la reflexión se puede enunciar como sigue:

“El haz reflejado θ_r forma un ángulo con la normal de igual valor que el ángulo del rayo incidente θ_i con la normal. Los dos rayos y la normal están contenidos en un mismo plano.” (Mejía, 2021, pág. 37)

$$\theta_i = \theta_r$$

Refracción

Serway y Jewett mencionan que cada vez que la luz llega a la interfaz entre dos medios distintos, parte de ella se refleja, volviendo al mismo medio del que procedía y otra parte se refracta, es decir, se propaga en el segundo medio sufriendo un cambio en su dirección y velocidad. El rayo incidente, el rayo reflejado y el rayo refractado todos se encuentran en el mismo plano. El ángulo de refracción depende de las propiedades de los dos medios y del ángulo de incidencia por medio de la siguiente ecuación: (Serway & Jewett, 2009, pág. 985)

$$\frac{\text{Sen}\theta_2}{\text{Sen}\theta_1} = \frac{v_1}{v_2} \quad [1]$$

Donde v_1 , es la rapidez de la luz en el primer medio y v_2 , es la rapidez de la luz en el segundo.

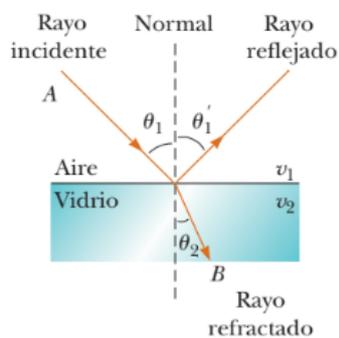


Figura 3. Refracción de la luz en vidrio. adaptado de Física para ciencias e ingeniería, por Serway & Jewett, 2009.

Índice de refracción

Según Hecht (2001), la transmisión de la luz a través de un medio homogéneo es un proceso continuo y repetitivo de dispersión y re-dispersión. Cada vez que tiene lugar, se produce un desplazamiento de fase en el campo de luz que, en última instancia, aparece como un cambio en la velocidad aparente del haz de luz transmitido con respecto a su valor nominal c (velocidad de la luz en el vacío). Esto corresponde a un índice de refracción $n = \frac{c}{v}$, para el medio que es distinto de 1.

Cuando un haz de luz pasa de un medio a otro, su frecuencia no cambia, pero sí su longitud de onda. Por lo tanto, como la correspondencia $v = \lambda f$, debe ser válida en ambos medios, y como $f_1 = f_2 = f$, se tiene:

$$v_1 = \lambda_1 f \quad [2] \quad v_2 = \lambda_2 f \quad [3]$$

Como $v_1 \neq v_2$, entonces, $\lambda_1 \neq \lambda_2$

Dividiendo [2] entre [3], y teniendo en cuenta la ecuación que define el índice de refracción, se obtiene:

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\frac{c}{n_1}}{\frac{c}{n_2}} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\lambda_1 n_1 = \lambda_2 n_2$$

Si el medio es el vacío o el aire $n_1 = 1$. Se deduce que el índice de refracción se puede expresar como:

$$n = \frac{\lambda}{\lambda_n}$$

Donde, λ_n es la longitud de onda en un medio diferente cuyo índice de refracción es n .

Reescribiendo la ecuación [1], sustituyendo $\frac{v_1}{v_2}$ por el término $\frac{n_1}{n_2}$, queda:

$$n_1 \text{sen} \theta_1 = n_2 \text{sen} \theta_2 \quad [4]$$

Ley de refracción de Snell como se presenta en (Serway & Jewett, 2009, pág. 987).

Principio de Fermat

Mejía (2021, pág. 14) afirma que, teniendo en cuenta que en un medio homogéneo la luz se propaga con velocidad constante, también se puede decir que *la luz para ir de un punto a otro sigue el camino para el cual se emplea el menor tiempo*. Para un mismo medio homogéneo los dos enunciados resultan equivalentes. Sin embargo, si los dos puntos están en diferentes medios (ambos homogéneos), lo que resulta es que la luz ya no sigue el camino geométrico más corto.

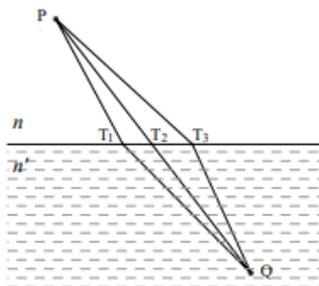


Figura 4. Tres posibles trayectorias para ir del punto P al punto Q. Adaptado de Fundamentos de óptica, por Mejía, 2021

Se ilustra la situación con tres posibles trayectorias para la luz. La interfase plana separa los medios de índice de refracción n y n' . La trayectoria geométrica más corta es la línea recta PT_2Q , pero no corresponde con la trayectoria que sigue la luz si $n' \neq n$. La trayectoria que sigue la luz se asemeja a las líneas PT_1Q cuando $n' < n$ y a las líneas PT_3Q cuando $n' > n$. Entonces, ¿cómo se puede obtener la trayectoria real de la luz cuando $n' \neq n$. La respuesta a esta pregunta se obtiene al usar el segundo enunciado para el menor tiempo. Este enunciado fue formulado por Fermat (1601-1665) y se conoce como el principio de Fermat. (Mejía, 2021) Las leyes de refracción y reflexión se pueden formular de manera análoga, de la siguiente manera:

Refracción a partir del principio de Fermat.

Para resolver el problema presentado en la figura 4., se considera la geometría de la siguiente ilustración:

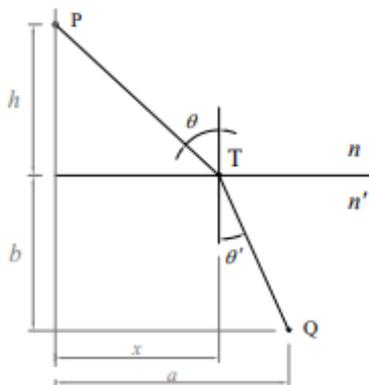


Figura 5. Geometría para calcular la trayectoria real del problema mostrado en la figura 3. Adaptado de Fundamentos de óptica, por Mejía, 2021

Las coordenadas del punto P son $(0, h)$ y del punto Q son $(a, -b)$. El tiempo para que la luz vaya de P a Q pasando por T es:

$$t = \frac{n}{c} \overline{PT} + \frac{n'}{c} \overline{TQ}$$

$$t = \frac{n}{c} \sqrt{h^2 + x^2} + \frac{n'}{c} \sqrt{b^2 + (a-x)^2}$$

Derivando con respecto a x e igualando a 0, para encontrar el tiempo menor posible,

$$0 = \frac{n}{c} \frac{x}{\sqrt{h^2 + x^2}} - \frac{n'}{c} \frac{(a-x)}{\sqrt{b^2 + (a-x)^2}}$$

De donde se obtiene,

$$\frac{n}{c} \text{Sen}\theta = \frac{n'}{c} \text{Sen}\theta'$$

Multiplicando c , a ambos lados de la ecuación,

$$n \text{Sen}\theta = n' \text{Sen}\theta' \quad \text{Ley de Snell}$$

Reflexión a partir del principio de Fermat

Para la ley de reflexión se sigue un procedimiento geométrico similar al usado anteriormente, considerando las relaciones trigonométricas

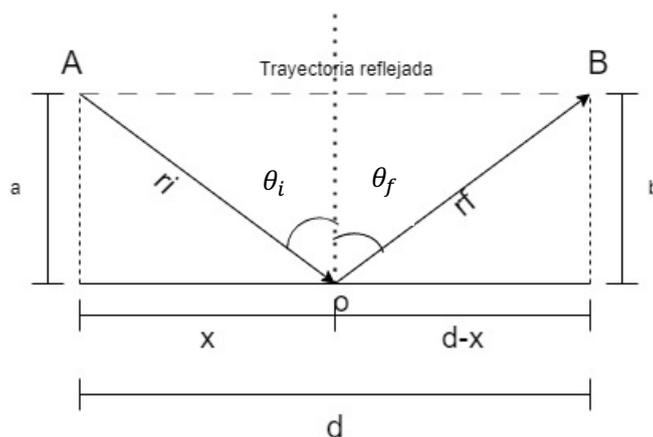


Figura 6. Geometría para calcular la trayectoria del haz de luz desde el punto A al punto B.
Fuente: Elaboración propia.

Se forman 2 triángulos rectángulos, de los cuales se identifican las siguientes relaciones para determinar cuánto se demora el rayo de luz del punto A al punto B

$$AO = \sqrt{a^2 + x^2}$$

$$OB = \sqrt{(d-x)^2 + b^2}$$

$$\text{Sen}\theta_i = \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}}$$

$$\text{Sen}\theta_f = \frac{d-x}{\sqrt{(d-x)^2 + b^2}}$$

Entonces la longitud total de la trayectoria es,

$$L = AO + OB$$

Como la velocidad es constante, la trayectoria de mínimo tiempo es la distancia mínima,

$$\frac{dL}{dx} = 0$$

Derivando y reorganizando,

$$\frac{dL}{dx} = \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} - \frac{d - x}{\sqrt{(d - x)^2 + b^2}} = 0$$

$$\frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} = \frac{d - x}{\sqrt{(d - x)^2 + b^2}}$$

Comparando con las relaciones de senos identificadas inicialmente,

$$\text{Sen}\theta_i = \text{Sen}\theta_f$$

De donde,

$$\theta_i = \theta_f \quad \text{Ley de reflexión}$$

Formación de imágenes

Formación de imágenes en lentes

Los lentes son un sistema óptico que funciona a partir de la refracción. Al desviar la trayectoria de los rayos incidentes, la velocidad disminuirá en este medio. Existen dos tipos de lentes, los convergentes y los divergentes. Para entender el funcionamiento de estos, se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

Centro de curvatura: Es el centro del círculo o círculos que generan el lente

Eje óptico: Línea imaginaria que pasa por el centro del lente uniendo los centros de curvatura.

Foco: Punto en el que convergen todos los rayos de luz.

Distancia focal: Distancia entre el centro óptico de la lente y el foco.

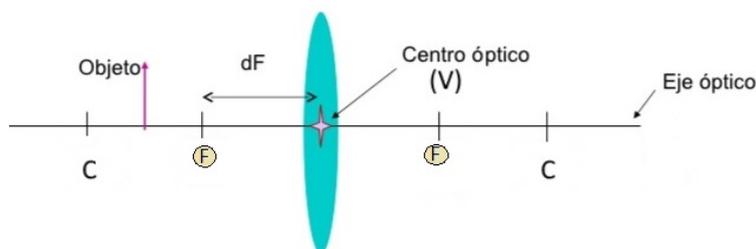


Figura 7. elementos de un lente. Tomada de: <https://tomi.digital/es/52226/lentes-e-imagenes>

Lentes Convergentes: También llamados positivas, se generan a partir de la intersección entre dos círculos. Teniendo en cuenta el diagrama de rayos para lentes convergentes como muestra la figura 6., se tiene que:

1. Todos los rayos que llegan paralelos al eje óptico se refractan hacia el foco.
2. Todo rayo que pase por el centro (entre el eje óptico y la lente) sigue derecho.
3. Existe un rayo que puede pasar primero por el foco, luego de refractarse en la lente, seguirá su camino paralelo al eje óptico.

La imagen que se forma en estos lentes dependerá de la ubicación del objeto.

1. Si el objeto está a una distancia mayor que el foco, se forma una imagen real, e invertida.
2. Si el objeto se ubica en el foco, no se formará imagen
3. Si el objeto se ubica entre el centro óptico y el foco, se formará una imagen virtual, derecha y de mayor tamaño.

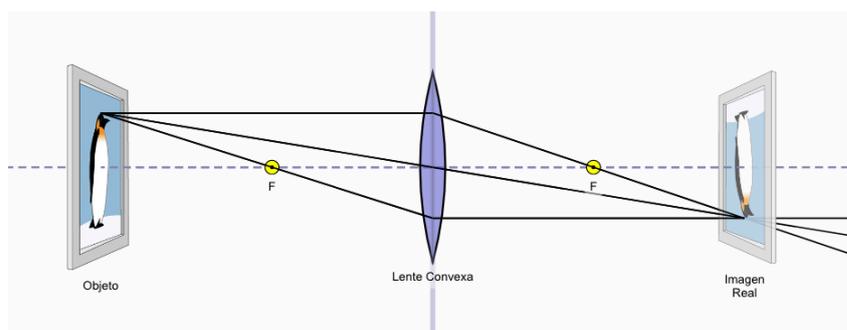


Figura 8. Diagrama de rayos para lente convergente. Tomado del simulador PhET Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics/latest/geometric-optics_es.html

Lentes divergentes: También llamados negativos. Se genera a partir de 2 circunferencias. Separan los rayos de luz paralelos al eje óptico, de tal manera que si se prolongan todas las líneas que divergen, se encontrará un foco del cual se originan. Son más delgadas en el centro que en los extremos. La distancia focal es negativa, y el foco es virtual.

Teniendo en cuenta el diagrama de rayos para lentes divergentes como se muestra en la figura 9., se tiene que:

1. Todo rayo que llega paralelo al eje óptico, diverge a partir del foco.
2. Todo rayo que se dirija al otro foco, se refracta paralelo al eje óptico.
3. Todo rayo que pase por el centro, sigue derecho.

Las imágenes que producen estos lentes son virtuales, derechas y de menor tamaño.

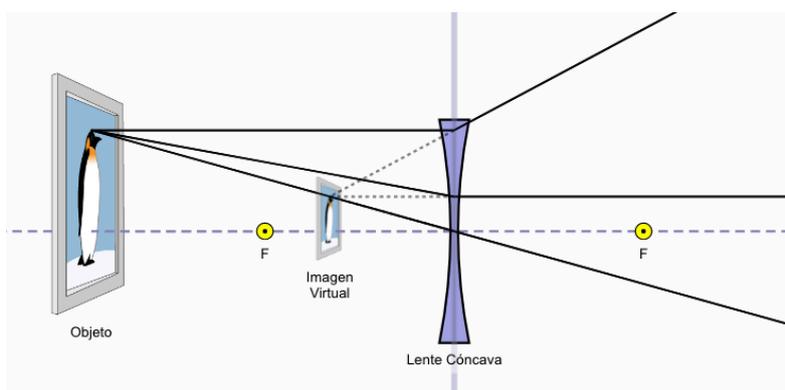


Figura 9. Diagrama de rayos para lente divergente. Tomada del simulador PhET Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics/latest/geometric-optics_es.html

Formación de imágenes en Espejos esféricos

Los espejos esféricos se han estudiado igualmente, desde la antigüedad. Se generan a partir de casquetes de una esfera, pueden ser convexos o cóncavos.

Espejos cóncavos: La parte reflectora está al interior del casquete.

Teniendo en cuenta el diagrama de rayos para espejos cóncavos que se observa en la figura 10., se tiene que:

1. Todo rayo que llega paralelo al eje óptico se refleja hacia el foco.
2. Todo rayo que pasa por el foco se refleja paralelo al eje óptico.
3. Todo rayo que pase por el centro se refleja sobre sí mismo.

Las imágenes que producen estos espejos dependerán de donde se sitúe el objeto:

1. Si el objeto está a una distancia mayor que el foco, se forma una imagen real, invertida, y de menor tamaño.
2. Si el objeto se ubica en el foco, no se formará imagen.
3. Si el objeto se ubica entre el foco y el vértice, se formará una imagen virtual, derecha y de mayor tamaño.

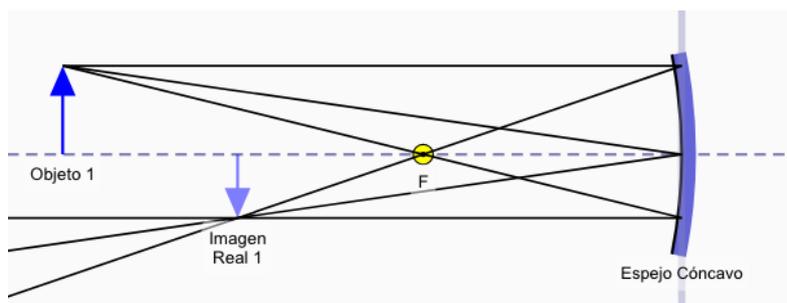


Figura 10. Diagrama de rayos para espejo cóncavo. Tomada del simulador PhET Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics/latest/geometric-optics_es.html

Espejos convexos: La parte reflectora está en el exterior del casquete.

Teniendo en cuenta el diagrama de rayos para espejos convexos que se observa en la figura 9., se tiene que:

1. Todo rayo que llega paralelo al eje óptico se refleja como si proviniera del foco.
2. Todo rayo que trate de ir al foco se refleja paralelo al eje óptico.
3. Todo rayo que trate de ir al centro se refleja sobre sí mismo.

Las imágenes que producen estos espejos son virtuales, derechas y de menor tamaño como se muestra en la figura 11.

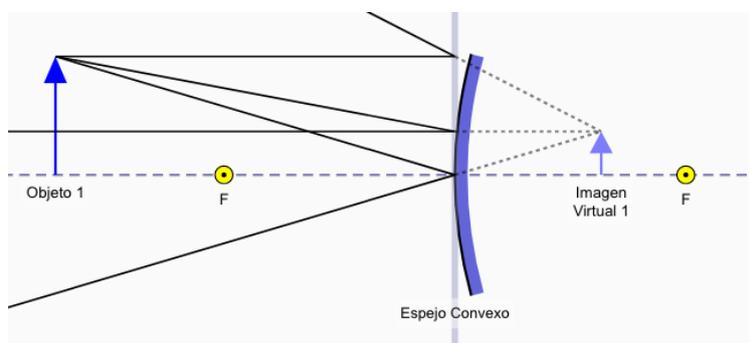


Figura 11. Diagrama de rayos para espejo convexo. Tomada del simulador PhET Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics/latest/geometric-optics_es.html

Fotografía

Aspectos históricos

Según Cuevas (2003), La fotografía surge a partir de los trabajos con cámara oscura realizados desde la época de Aristóteles para estudiar eclipses solares, pasando por el óptico Al hazen, quien describió el funcionamiento de la cámara oscura; y en la época del renacimiento, por personajes como Leonardo Da Vinci (1452-1519), que experimentó con diferentes tamaños de

apertura en la cámara. Este instrumento se utilizó en el siglo XV para realizar dibujos y retratos con mayor precisión, y posteriormente se realiza una mejora, usando una lente convergente.

Joseph Nicéphore Niépce, fue el primero en conseguir una fotografía en 1826, usando placas de peltre con betún de judea. Él mismo denominó a este procedimiento *heliografía*.

El siguiente gran impulso en la fotografía lo protagonizó el pintor Louis Jacques M. N. P. Daguerre, que en vez de usar los componentes que usó Niépce, realizó sus experimentos con yoduro de plata, vapor de mercurio y sal; logrando reducir los tiempos de exposición tan largos a 15 min.

Poco a poco se fue expandiendo el uso de la fotografía y surgieron nuevas técnicas y mejoras potenciando el avance de las ciencias al fijar las imágenes de los objetos estudiados, pero también al permitir la investigación más en profundidad de los efectos fotoquímicos, de las reacciones químicas, de los nuevos compuestos aglutinantes, de las fuentes y los filtros de luz, etc. (Cuevas, 2003)

Para el siglo XX, la fotografía ya era parte de la industria, poco a poco fue saliendo a la venta la cámara analógica, la cámara instantánea en 1947, y más recientemente la cámara digital que revolucionó este campo, al no usar película química, sino un dispositivo de carga acoplado.

En la década de 1960 cuando ya se conocía el fenómeno del efecto fotoeléctrico, en la NASA se empezó a desarrollar un sensor que reemplazara el uso de película química en la cámara. Los creadores de este sensor llamado “Dispositivo de Carga Acoplada” o CCD, fueron Wylard Boyle y George E. Smith, quienes obtuvieron el premio nobel de física precisamente por este invento, en el 2009, 40 años después de su creación. Más adelante, los sensores CCD cambiarían el rumbo de la fotografía para siempre.

Aspectos disciplinares

La física de la fotografía

Una cámara fotográfica está constituida por una cámara hermética a la luz, una lente convergente que produce una imagen real y una película por detrás de la lente para recibir la imagen (Serway & Jewett, 2009). La luz pasa por el lente objetivo y este se encarga de hacer que los rayos se concentren en un punto, luego, pasa al espejo donde se va a reflejar hacia el pentaprisma que redirige los rayos al visor y gracias a eso se ve la imagen derecha.

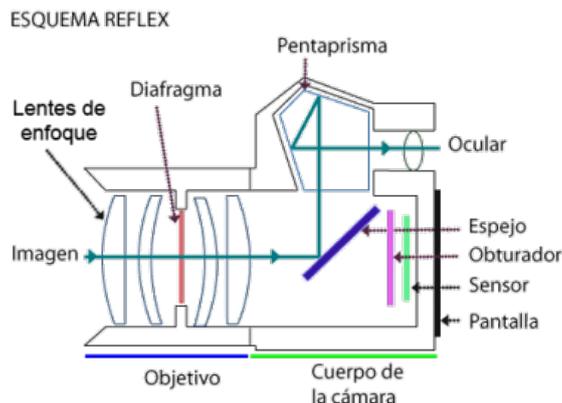


Figura 12. Recorrido de la luz al interior de una cámara digital réflex.
Tomado de: <https://acortar.link/0jUdH2>

El lente objetivo tiene una *Distancia focal* (D) que se mide en mm, entre mayor sea esta, las imágenes se verán más grandes y en consecuencia se tendrá menor **ángulo de visión**, es decir, se podrán captar menos elementos de la escena. El lente cuenta con un dispositivo que controla el paso de luz, llamado **diafragma**.

El **diafragma** permite que entre determinada cantidad de luz variando el diámetro del lente objetivo, usando un sistema de aspas puestas una sobre otra, que permite abrir y cerrar el lente, similar a lo que hace el iris del ojo humano. Está estrechamente ligado con el *número f* (N), la relación focal que da cuenta del diámetro del objetivo.

$$N = \frac{F}{D}$$

Donde F es la distancia focal y D el diámetro real (físico) del diafragma.

Mientras menor sea el número $f(N)$, mayor será la apertura y más elevada la rapidez a la cual la energía proveniente de la luz expone el sensor; en consecuencia, una lente con un número f bajo es una lente “rápida” (Serway & Jewett, 2009)

Lo anterior, implica un concepto importante en la fotografía, la **apertura del diafragma**, una fracción, que sale al despejar D en la ecuación del número f , obteniendo una relación inversa entre estos dos parámetros. Para valores altos de N , el diámetro será menor, por lo tanto, no entrará mucha luz y la imagen se verá más oscura.

$$D = \frac{F}{N}$$

La notación del número f es “ f ” seguido de un número real. Así, por ejemplo, $f/4$ leído f de 4 significa que para una lente de distancia focal 100 mm y diafragma $f/4$, la abertura física del diafragma es $D = \frac{100}{4} = 25$ mm.

Esta notación del número f , está dada por una escala que depende de una progresión geométrica de las potencias $\frac{1}{\sqrt{2^n}}$, así pues:

$f/$	1	1,4	2	2,8	4	5,6	8	11
------	---	-----	---	-----	---	-----	---	----

El número f afecta la **profundidad de campo PDC**, es decir la parte de la imagen más nítida o enfocada. Entre mayor sea la apertura del diafragma, menos PDC, o menos elementos del encuadre se verán nítidos.

Otro elemento de vital importancia en la cámara fotográfica es el **obturador** que consiste en un mecanismo que se abre o se cierra como una cortina según la velocidad dada. Aquí entra en juego un concepto elemental que es la **velocidad de obturación**.

La **velocidad de obturación** es el intervalo de tiempo que dura abierto el obturador, y es inverso al *tiempo de exposición*, se mide en segundos o fracciones de segundo. Entre mayor sea el tiempo, más lenta será la obturación, y por lo tanto más luz llegará al sensor.

Cuando la luz finalmente llega al sensor, o a la película fotosensible, entra un concepto fundamental denominado **Sensibilidad ISO**, que puede definirse como la capacidad que tiene el sensor o la película para captar la luz. Es útil cuando hay demasiada oscuridad, sin embargo, genera más ruido en las fotografías.

La imagen de una cámara digital es formada en un dispositivo acoplado por carga (CCD, charge-coupled device), que traduce en números la imagen, lo que resulta en un código binario. Esta información digital se guarda después en la memoria para reproducirla en la pantalla de la cámara, o puede ser descargada a una computadora. (Serway & Jewett, 2009, pág. 1031)

El sensor de una cámara digital tiene celdas fotosensibles con fotodiodos que convierten fotones en electrones y acumula esa carga en un condensador. Cada celda tiene la capacidad de generar corriente eléctrica y por lo tanto datos aleatorios, es decir, datos que no tienen información. La función ISO amplifica esa señal o esa carga captada. Por lo tanto, si hay menos fotones, habrá mayor ruido.

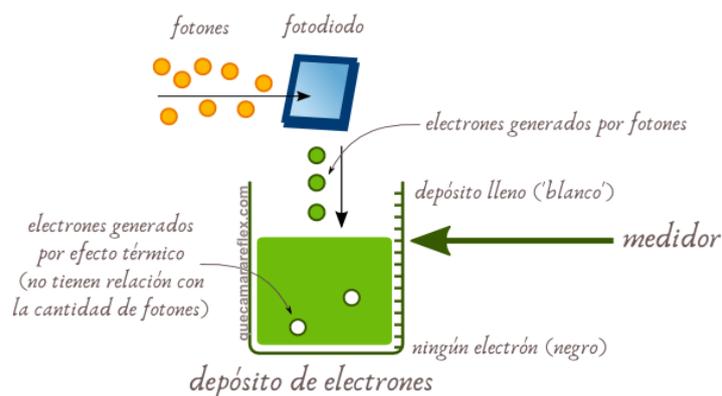


Figura 13. Representación del funcionamiento de un sensor en una cámara réflex.
Tomado de: <https://quecamarareflex.com/ruido-iso-y-caracteristicas-del-sensor-de-una-camara/>

La figura 13 muestra el funcionamiento del sensor de una cámara digital. Se puede observar que si una celda tiene su depósito lleno de electrones se corresponderá con una zona blanca de la imagen, es decir, serán zonas muy brillantes, mientras que si una celda no tiene electrones querrá decir que no ha recibido ningún fotón y en la imagen serán las zonas oscuras.

Astrofotografía

La astrofotografía fue practicada por primera vez en 1840 por John William Draper, luego de que se inventara el daguerrotipo; dando como resultado, las primeras imágenes de la Luna usando una técnica de exposición y un telescopio reflector de 5 pulgadas, demostrando la importancia de aplicar la fotografía a la ciencia y así incursionar en el mejoramiento de los instrumentos fotográficos con el fin de obtener imágenes más nítidas al combinarlas con un telescopio.

En 1882, David Gill impresionó al mundo con la fotografía del Gran cometa, llamado formalmente como C/1882 R1 en el que la zona del cielo capturada mostraba miles de estrellas invisibles a los ojos del ser humano. Su imagen, inspiró a otros astrónomos a capturar el cielo desde el hemisferio sur hasta el norte, incluso, el Observatorio de París a finales del siglo XIX, en manos del director Amédée Mouchez, emprendió el proyecto “Carte du ciel” que pretendía realizar un atlas fotográfico de estrellas, y aunque no fue publicado hasta 1964 sí demostró la importancia de la fotografía en la astronomía (Bachiller, 2009). Desde entonces, las nuevas técnicas usadas en el área de la fotografía contribuyeron al desarrollo de la astronomía. Actualmente, la mayor invención en el campo de la astrofotografía ha sido la imagen digital con cámaras DSLR.

Para el aprendizaje de las técnicas básicas de la astrofotografía, se realizaron reuniones periódicas por semana con Wilder Reyes, astrofotógrafo y profesor en la universidad Sergio

Arboleda durante un semestre; donde se repasaron conceptos básicos sobre astronomía de posición, como: coordenadas celestes, funcionamiento y uso de telescopios, funcionamiento general de una cámara fotográfica profesional. A lo largo de las sesiones se tomaron unas primeras fotografías con una cámara Nikon y de esta manera, se logró caracterizar los conceptos básicos de astrofotografía mediante la práctica.

Aspectos metodológicos

Línea de investigación

Este trabajo se enmarca en una metodología cualitativa de corte interpretativo a través de la implementación de una Secuencia de Enseñanza/ Aprendizaje (SEA) o TLS por sus siglas en inglés, que consiste en un conjunto de actividades adaptadas empíricamente al razonamiento del estudiante, tratando un tema en específico y de esta manera, permiten cumplir los objetivos de aprendizaje que se plantean según las dificultades identificadas previamente.

La SEA está ligada a la Investigación Basada en Diseño (IBD), que tiene como objetivo, no sólo ajustar empíricamente “lo que funciona” de una SEA, sino desarrollar teorías de intervención en el aula, de forma teórica y didáctica, teniendo en cuenta el contexto del estudiante como un eje transversal en la investigación y mejora la interacción profesor-estudiante. (Guisasola et al., 2021)

Otra característica principal de la IBD es que implica el impacto a nivel local, es decir, la SEA debe ir acorde con la población en la que se vaya a implementar. Una de las ventajas de esta metodología es que no es una aplicación lineal, sino que le da al investigador la facultad de elegir el orden de su proyecto de acuerdo con las necesidades del aula, es decir, se puede ir redefiniendo la SEA a medida que la investigación avanza. Los autores exponen que la IBD no asume una teoría educativa específica que la sustente o herramientas específicas para ninguna fase, lo que les da a los investigadores educativos una libertad considerable sobre cómo implementar. (Guisasola et al., 2021)

Por otro lado, esta metodología que exponen Guisasola et al. (2021), tiene un carácter iterativo, por lo tanto, debe estar sometida a cambios constantemente para su mejoramiento. La SEA es un instrumento de la IBD que permite al investigador tener una ruta clara para cumplir sus objetivos de investigación, a través de las siguientes fases propuestas por los autores:

Enfocar: En esta fase se definen los límites y el alcance del proyecto, lo que involucra establecer un problema general y la dirección del proyecto en cuestión. Además, incluye especificar el grupo poblacional al que está dirigido.

Entender: Donde el investigador hace un estudio y un reconocimiento en la literatura de los contenidos y se determinan los conceptos claves en la SEA. Además, se identifican las demandas de aprendizaje en el grupo poblacional a través de las ideas previas de los participantes.

Definir: Se “delinea el problema” estableciendo los objetivos de aprendizaje y las evaluaciones, limitaciones y pregunta de investigación.

Concebir: Se esboza la solución en términos del diseño que permitirá alcanzar los objetivos. Esto incluye el diseño y análisis de prototipos (pero no aún su desarrollo concreto), determinando sus componentes y relaciones.

Construir: Donde se construyen las actividades de la SEA. Consiste en convertir la solución en un prototipo utilizable, como forma de probar la solución, de la forma más similar posible a lo esperado en su forma final. Se puede considerar esta fase como “experimento de enseñanza” en el que se puede ir cambiando elementos para mejorar la experiencia.

Testear: Se evalúa la propuesta diseñada para valorar su eficacia según los objetivos planteados al inicio. Esa evaluación se fundamenta en 2 pilares: a) análisis de la calidad de la secuencia y b) Análisis de los resultados del aprendizaje basándose en la comprensión.

Si es necesario se rediseña la SEA.

La etapa que contempla las fases de enfocar, entender y definir se desarrolló en el capítulo 1 con el planteamiento del problema, los antecedentes los objetivos y en el capítulo 2 donde se describen los conceptos propios de la investigación.

La etapa 2 se desarrollará en las siguientes páginas y comprende los aspectos de concebir, construir y testear.

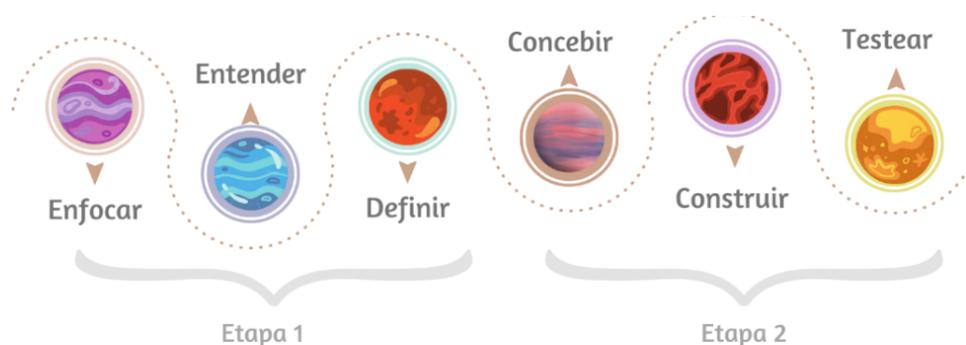


Figura 14. Esquema de las etapas y fases de la metodología sugeridas por Guisasola et al. (2021) Fuente: Elaboración propia

Población

La población objeto de este proyecto es el semillero de astronomía IO, que hace parte del colegio Liceo Femenino Mercedes Nariño como un programa alternativo a la media fortalecida, que retomó sus procesos educativos en el 2021 de manera virtual y posteriormente de forma presencial en el 2022. En este semillero participan en su mayoría estudiantes de grado décimo y once, así como también participa una estudiante de grado octavo y una niña de grado cuarto.

Diseño e Implementación de la SEA

1.1. Concebir

Teniendo en cuenta las fases propuestas y el grupo poblacional, se plantean los temas principales a considerar para el diseño de la SEA.

- Naturaleza de luz
- Reflexión
- Refracción
- Formación de imágenes
- Astrofotografía

Una vez definidos los temas principales, se plantea una estructura inicial para la SEA que incluye:

- Introducción de los temas a partir de situaciones experimentales o actividades didácticas.
- Jornadas de observación para reconocimiento de instrumentos principales en astronomía.
- Astrofotografía a través de telescopios robóticos remotos.

1.2. Construir

Para la construcción definitiva de cada una de las sesiones a trabajar en la SEA, se realizó una prueba diagnóstica o pre-test a las estudiantes del semillero de astronomía IO con el fin de tener un panorama general acerca de sus conocimientos previos sobre los conceptos básicos de óptica geométrica, específicamente sobre reflexión, refracción, frente de onda y algunos temas básicos de astronomía como coordenadas y uso de telescopios. Mediante este diagnóstico se identificaron las principales dificultades de las estudiantes al abordar el tema para tener un punto de partida en el diseño de la implementación.

Es importante mencionar que las estudiantes ya habían tenido sesiones de clases tradicionales en las que se les explicaba el uso de telescopios y su relación con los fenómenos de reflexión y refracción, así como también las imágenes que se formaban.

1.2.1. Preguntas del Pre-test

El examen diagnóstico constó de 10 preguntas, 9 cerradas y 1 pregunta abierta, las cuales se describirán a continuación para mayor claridad.

N.	Pregunta	Tema
1	Escriba el nombre del fenómeno según corresponda	Fenómenos ondulatorios de la luz
2	Cuando un rayo de luz pasa de un medio como el aire a otro medio como el agua, ¿qué es lo que no cambia?	Refracción
5	¿Qué pasa si la luz pasa a través de un prisma?	
4	¿Qué comportamientos tiene la luz?	Naturaleza de la luz
6	Selecciona la imagen que corresponda a una lente convergente	Formación de imágenes
7	¿Qué es la distancia focal de un telescopio?	
8	¿Qué diferencias hay entre una imagen virtual y una imagen real?	
3	Une con una línea las imágenes con los conceptos.	Conceptos básicos de astronomía
9	¿Qué significa magnitud en astronomía?	
10	¿Qué sistemas de coordenadas en astronomía conoces?	

Tabla 1. Preguntas del pre-test. fuente: Elaboración propia

A través de la pregunta 1, se busca conocer si las estudiantes pueden asociar las siguientes imágenes representativas a los fenómenos ondulatorios de la luz.

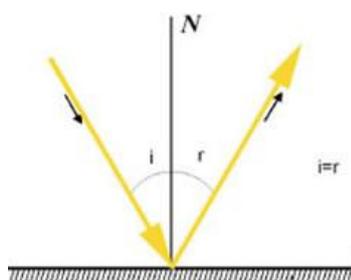


Figura 15. Tomada de: <https://definicionesyconceptos.com/leyes-de-reflexion-optica-fisica/>

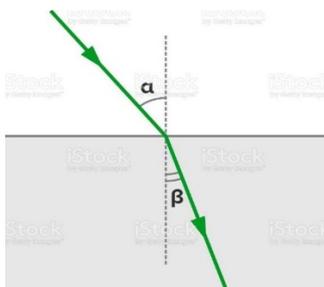


Figura 16. Tomada de: https://www.freepik.es/vector-premium/refraccion-cambio-direccion-propagacion-onda_32320707.htm

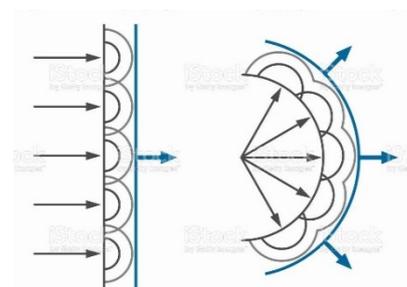


Figura 17. Tomada de: <https://www.uv.es/jbosch/PDF/PrincipioHuygens.pdf>

Con las preguntas 2 y 5 se busca saber que creen las estudiantes que ocurre en el contexto de la física, cuando un haz de luz pasa de un medio a otro como el agua, o un prisma. Es decir, conocer las nociones previas acerca de la refracción.

En la pregunta 4 se pretende identificar las nociones de las estudiantes frente a la naturaleza de la luz. En la 6, 7 y 8 se busca conocer las ideas previas de las estudiantes frente a los tipos de lentes, los elementos de dichos lentes aplicados al telescopio y una de las características principales de las imágenes que pueden formar.

Las preguntas 3, 9 y 10 están relacionadas a conceptos básicos de astronomía, cuya comprensión es vital para el desarrollo de las sesiones en el semillero, por lo que se espera identificar las fortalezas y debilidades de las estudiantes frente a estos conceptos.

Resultados del Pre-test

Análisis de preguntas cerradas

Para analizar las respuestas cerradas de las estudiantes en el examen inicial (pre-test) se tuvo en cuenta la Teoría Clásica de los Test (TCT), particularmente, haciendo uso del índice de facilidad (Chávez & Saade, 2009).

A continuación, se muestran las respuestas de las estudiantes organizadas por columnas en una tabla, donde “CLAVE” hace referencia a la respuesta correcta.

	P2	P4	P5	P6	P7	P9	P10
CLAVE	B	C	A	A	B	D	E
Estud 1	A	C	B	B	B	A	E
Estud 2	A	C	A	C	C	C	E
Estud 3	B	C	B	B	C	A	E
Estud 4	C	A	C	B	B	C	B
Estud 5	B	A	A	B	B	A	E
Estud 6	C	C	B	C	B	D	E
Estud 7	B	D	A	C	B	A	E
Estud 8	C	A	A	C	B	A	C
Estud 9	B	C	A	A	C	A	B
Estud 10	C	C	A	B	B	A	B
Estud 11	C	B	B	A	C	C	E
Estud 12	B	C	A	B	B	A	E
Estud 13	C	A	B	B	B	A	E
Estud 14	C	C	A	A	D	A	E
Estud 15	C	C	B	B	B	B	A, B
Estud 16	C	A	D	C	C	A	E

Estud 17	C	C	A	B	B	C	C
Estud 18	A	B	B	B	A	A	E
Estud 19	C	C	B	B	C	A	E

Tabla 2. Respuestas de las estudiantes a preguntas cerradas del Pre-test. Fuente: Elaboración propia

Como las preguntas son de carácter dicotómico, donde hay respuesta correcta o incorrecta, se reescriben las respuestas de las estudiantes en términos numéricos, donde 1 es un acierto y 0, falla. Con esta información binaria, se calcula el índice de facilidad de cada pregunta que se define como la razón entre el número de aciertos y la cantidad de estudiantes examinados. De esta manera, si todos los examinados responden acertadamente, el índice sería 1, lo que indica que es una pregunta muy fácil. En el otro extremo, si ninguno de los examinados responde acertadamente, el índice sería 0, indicando que es una pregunta muy difícil.

	P2	P4	P5	P6	P7	P9	P10
Índice facilidad	0,26	0,58	0,47	0,16	0,58	0,05	0,68

Tabla 3. Índice de facilidad correspondiente a las preguntas cerradas del Pre-test. Fuente: Elaboración propia.

Se observa que en general, las preguntas representaron un reto para las estudiantes, pues el promedio del índice de facilidad fue de 0,40.

En particular, se muestra que se debe enfocar principalmente en las preguntas 2, 6 y 9, ya que en ellas tuvieron mayor dificultad, tratando específicamente, temas de: refracción, lentes y magnitud en astronomía, respectivamente. Por ejemplo, se identificó que las estudiantes tienden a asociar el concepto de magnitud en astronomía al tamaño de un objeto celeste y no a su brillo aparente. Por el contrario, las preguntas en las que las estudiantes tuvieron menor dificultad fueron 4, 7 y 10.

Entre las preguntas cerradas se realizaron algunas que, aunque son de carácter dicotómico, donde existe respuesta correcta o incorrecta, se debe establecer una relación entre conceptos y esquemas que los representan, por lo que fue necesario clasificar las respuestas por medio de categorías. A continuación, se presentan las preguntas cerradas con esta variación.

Pregunta 1: Escriba el nombre del fenómeno, según corresponda.

Categoría	Descripción	Nº de estudiantes	Porcentaje
A	La estudiante es capaz de asociar los fenómenos físicos de reflexión, refracción, y principio Huygens con gráficos que representan el concepto.	0	0

B	La estudiante puede reconocer el fenómeno de reflexión y refracción con gráficos que representan los conceptos. Pero, no puede reconocer el principio de Huygens.	3	15,79%
C	Las estudiantes sólo reconocen uno de los tres fenómenos al ver los gráficos que representan los fenómenos.	6	31,58%
D	La estudiante no reconoce ninguno de los fenómenos al observar los gráficos o no responde	10	52,63%

Tabla 4. Categorías emergentes de la pregunta 1. Fuente: Elaboración propia

En esta tabla se observan 4 categorías entre las que se clasificaron las respuestas de las estudiantes, a partir de esto se puede inferir que:

- Ninguna estudiante logra asociar el principio de Huygens con la imagen representativa.
- El 84,21% de las estudiantes reconoce sólo un fenómeno o no reconoce ninguno.

Dentro de la categoría C, se presentan algunas variaciones entre las que se destaca que la estudiante no recuerda el nombre exacto de los fenómenos de reflexión y refracción, pero tiene ideas someras acerca de qué significa al menos uno de ellos al ver los gráficos. Por mencionar algunos ejemplos: Una de las niñas escribió en el campo que corresponde a reflexión “reboticidad”, lo cual indica que asocia este fenómeno con la palabra “rebote”.

Así mismo entre la categoría D se distinguen variaciones como el caso de una cantidad considerable de estudiantes que confundían el fenómeno de reflexión con el de refracción y viceversa.

A través de las categorías analizadas, se evidencia que las estudiantes no entienden el concepto de reflexión y refracción a pesar de que sí han tenido un acercamiento conceptual a estas nociones. Mientras que el principio de Huygens es para ellas, algo totalmente ajeno.

Pregunta 3. Une con una línea las imágenes con los conceptos.

Categoría	Criterio	N° de estudiantes	Porcentaje
A	La estudiante es capaz de asociar los tipos de telescopios como reflector, refractor y catadióptrico, con el esquema representativo de cada uno de ellos.	1	5,26%
B	La estudiante únicamente reconoce un tipo de telescopio al observar el esquema que lo representa.	14	73,68%

C	La estudiante no logra identificar ningún tipo de telescopio con los esquemas representativos.	4	21,05%
---	--	---	--------

Tabla 5. Categorías emergentes de la pregunta 3. Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla se observan 3 categorías entre las que se clasificaron las respuestas de las estudiantes, donde se evidencia que sólo 1 estudiante de 19 reconoció correctamente los 3 tipos de telescopios que se mostraban en el examen. Mientras que el 94,73% de las niñas reconocieron 1 solo tipo de telescopio o no reconocieron ninguno.

Entre la categoría D, se distingue una subcategoría que corresponde a los casos en que algunas estudiantes confundían el telescopio reflector con el refractor o viceversa.

A través del análisis de esta pregunta se demuestra que las estudiantes presentan falencias en cuanto al reconocimiento de la instrumentación básica en astronomía. Es necesario resaltar que previo a este examen diagnóstico, se les dio una clase netamente teórica a las estudiantes hablando sobre los tipos de telescopios más usados y su funcionamiento.

Análisis de pregunta abierta

Para el análisis de las respuestas que corresponden a preguntas abiertas, se tuvo en cuenta el estudio fenomenográfico, en el que se extrapolaron categorías para esta pregunta según las respuestas de las estudiantes. Para efectos de objetividad, las categorías fueron generadas y revisadas por los dos investigadores de este trabajo.

Pregunta 8: ¿Cuál es la diferencia entre una imagen virtual y una imagen real?

Categoría	Criterio	Nº de estudiantes	Porcentaje
A	La estudiante reconoce la imagen virtual y real como consecuencia del tipo de lente o espejo que se use. Siendo sus principales diferencias: 1. La imagen real es invertida, mientras que la imagen virtual es derecha. 2. La imagen real es formada por los rayos de luz cuando convergen en un mismo punto, mientras que la imagen virtual se forma en punto imaginario de donde divergen los rayos de luz. 3. La imagen real se puede proyectar en una pantalla, la virtual no.	0	0,00%
B	La estudiante considera la imagen virtual como invertida, y la imagen real derecha.	1	5,26%
C	La estudiante asocia las imágenes reales a escenas que son percibidas por el ojo humano, mientras que las imágenes virtuales a una existencia aparente que tiene un conjunto de píxeles, y es producto de dispositivos tecnológicos	12	63,16%

D	La estudiante asocia el concepto de imagen real y virtual a otros fenómenos físicos	2	10,53%
E	La estudiante no sabe o no responde la pregunta.	4	21,05%

Tabla 6. Categorías emergentes de la pregunta 8. Fuente: Elaboración propia

En esta tabla se observan 5 categorías entre las que se clasificaron las respuestas de las estudiantes, evidenciando que:

- El 94,74% de las estudiantes no reconocen el concepto de imagen real y virtual como consecuencia de un sistema óptico y por lo tanto no reconocen las diferencias entre ellas desde este campo.
- Aunque las respuestas son incorrectas, sólo 3 estudiantes asocian desde el ámbito de la física, el concepto de imagen virtual y real.
- La mayoría de las estudiantes considera la imagen virtual desde el campo de la tecnología como un conjunto de píxeles que tiene una existencia aparente.

En la categoría D, las estudiantes asociaban la imagen real y virtual a fenómenos como: reflexión, refracción, dispersión o espectro electromagnético.

El análisis de esta pregunta permitió evidenciar que en general, las estudiantes no entienden o no tienen conocimiento alguno sobre la formación de imágenes en lentes y espejos.

Actividades de la SEA

Teniendo en cuenta el examen diagnóstico realizado se determina que los conceptos en los que se presenta mayor dificultad son reflexión, refracción y formación de imágenes; que a su vez dificulta la comprensión acerca del funcionamiento y uso de telescopios; así mismo se identificaron fallas conceptuales sobre aspectos básicos de la astronomía como magnitud, cuya comprensión es fundamental para el semillero. Por tal motivo, se diseñan una serie de actividades encaminadas a clarificar estos fenómenos y por consiguiente afianzar los conceptos básicos en astronomía.

Se procuró tener en las sesiones una estructura o metodología a partir de preguntas orientadoras que abrieran la discusión en cada clase, favoreciendo el diálogo entre profesor/estudiante. Posteriormente, se daba un breve contexto histórico acerca del tema y luego se trataba la parte teórica para finalizar con actividad didáctica o experimental.

La siguiente tabla muestra las actividades desarrolladas en la Secuencia de Enseñanza/Aprendizaje. En el [Anexo1. Bitácora de la Secuencia Enseñanza Aprendizaje](#) se

describe detalladamente lo que se realizó en cada una de las sesiones con sus respectivas evidencias fotográficas.

Tema	Objetivo de aprendizaje	Actividad	Preguntas orientadoras
Naturaleza de la luz	<p>Reconocer el concepto de luz como onda electromagnética que transporta energía.</p> <p>Identificar la organización del espectro electromagnético, sus tipos de radiación: rayos gama, rayos X, UV, visible, infrarrojo, microondas, radio.</p> <p>La relación entre longitud de onda λ y frecuencia f, es $c = \lambda f$, donde c es la velocidad de la luz.</p>	<p>-Discusión sobre concepto de luz.</p> <p>-Usar notas Post-It que contienen el nombre de cada una de las longitudes de onda que hacen parte del espectro electromagnético, con el fin de que las estudiantes peguen la nota en el esquema dibujado en el tablero donde hay una flecha que va de menos energía a más energía.</p> <p>Las estudiantes organizaron los tipos de radiación electromagnética según su criterio.</p>	<p>- ¿Qué es la luz?</p> <p>¿Una onda, una partícula?</p> <p>-¿Qué tipos de radiación electromagnética podemos percibir?</p>
Naturaleza de la luz	<p>Reconocer la propagación de la luz en un instrumento óptico y acercar a la estudiante al concepto de imagen a través de la cámara oscura.</p>	<p>-Construcción de cámara oscura</p>	<p>-¿Qué es una imagen?</p> <p>-¿Qué pasaría si el orificio de la cámara es más grande?</p>
Reflexión	<p>-Comprender el concepto de reflexión de la luz e identificar los tipos: especular (el haz que incide se refleja en una sola dirección) y difusa (el haz que incide se refleja en varias direcciones).</p> <p>-Identificar la relación entre el fenómeno de reflexión y el color.</p> <p>-Comprender que cuando un rayo de luz incide sobre un espejo, el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión</p> <p>-Entender, a través del principio de Fermat, que el tiempo mínimo para que un haz de luz vaya de un punto P a un punto Q después de reflejarse en un espejo, requiere que los ángulos de incidencia y reflexión sean iguales.</p>	<p>-Discusión sobre el concepto de reflexión en la física a través de ideas previas y un breve contexto histórico.</p> <p>-Explicación de los tipos de reflexión.</p> <p>-Uso de globos de colores que, una vez inflados, se deben ubicar bajo una lupa de tal manera que los rayos provenientes del sol converjan en un punto. La idea consiste en registrar el tiempo que tarda en reventarse cada globo.</p> <p>-Demostración de la ley de la reflexión a partir del principio de Fermat.</p>	<p>-¿Qué es reflexión?</p> <p>-¿Qué tiene que ver el color con el concepto de reflexión?</p> <p>-¿Por qué el globo de color blanco se demora más tiempo en reventarse?</p> <p>- ¿Por qué el globo de color negro se demora menos tiempo?</p>

Refracción	<p>-Comprender el concepto de refracción de la luz que implica el cambio de su velocidad al pasar de un medio 1 a un medio 2, y cómo esto se aplica en la vida cotidiana.</p> <p>-Comprender la ley de Snell que dice que $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ donde n_1 y n_2 son los índices de refracción de los medios 1 y 2 respectivamente.</p> <p>-Demostrar, a partir del principio de Fermat, que el tiempo mínimo para que un haz de luz vaya de P, en el medio 1 a Q, en el medio 2, requiere que se cumpla la ley de Snell.</p> <p>-Dilucidar los alcances del índice de refracción a través del experimento de “invisibilidad”.</p>	<p>-Explicación de contexto breve que llevó a definir la velocidad de la luz.</p> <p>-Explicación del concepto de refracción usando ejemplos de la vida cotidiana.</p> <p>-Demostración de la ley de Snell a partir del principio de Fermat.</p> <p>-Experimento de invisibilidad con dos vasos de cristal de diferente tamaño (con la condición de que quepa uno dentro del otro) y aceite de cocina. El procedimiento consiste en llenar un poco el vaso más grande con aceite, y luego sumergir el vaso más pequeño en donde posteriormente se agrega aceite hasta rebosarlo, dando como resultado, la ilusión de que el vaso interior va desapareciendo a medida que se agrega el aceite en él.</p>	¿La velocidad de la luz puede cambiar?
Formación de imágenes	Identificar las características cualitativas (tamaño, sentido, naturaleza) que muestran las imágenes que se forman a través de lentes (convergentes y divergentes) así como también las imágenes que forman los espejos esféricos (cóncavos y convexos); teniendo en cuenta los rayos notables.	-Usando el simulador PhET Colorado mostrar las características de las imágenes que forman los lentes convergentes y divergentes, así como también las imágenes que forman los espejos esféricos, variando la distancia entre el objeto y el lente o espejo para observar los cambios que se producen en cuanto a tamaño, sentido y naturaleza (virtual o real).	<p>- ¿Qué pasaría si el objeto se ubica lejos del lente o espejo esférico?</p> <p>- ¿Qué pasaría si el objeto se ubica justamente en el foco del lente o espejo esférico?</p> <p>- ¿Qué pasaría si el objeto se ubica entre el foco y el lente o entre el foco y el espejo esférico?</p>
Fotografía	<p>Identificar los conceptos de la óptica geométrica vistos en clase, que se aplican en la fotografía. Reconocer que los elementos que controlan el paso de la luz en una cámara fotográfica profesional son:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Apertura de diafragma. 2. Velocidad de obturación 3. Sensibilidad ISO 	<p>-Explicación del funcionamiento de una cámara profesional desde la física, mostrando el recorrido que hace la luz desde que ingresa por el lente objetivo.</p> <p>-Explicación de los elementos más importantes para tomar fotografías controlando la cantidad de luz que ingresa al instrumento óptico: 1. Diafragma y su relación con el número f, así como también con la</p>	¿Cuál es la relación entre física y fotografía?

		<p>apertura y la profundidad de campo (PDC). 2. Velocidad de obturación. 3. Sensibilidad ISO, cuyo fundamento físico es el efecto fotoeléctrico.</p> <p>-Extraer la matriz de números de una imagen cualquiera, para recrearla en blanco y negro usando la función de formato condicional en Microsoft Excel que asigna un valor tonal en escala de grises a los números de la respectiva matriz. De esta manera, realizar una comparación de la definición y obtención de la imagen a través de la cámara oscura y los dispositivos digitales.</p>	
Astrofotografía	<p>-Aproximarse al procesamiento de fotografías a través del uso del Software libre SIRIL para realizar una composición RGB y evidenciar de dónde salen las imágenes astronómicas que se encuentran en la red.</p> <p>-Comprender que las imágenes astronómicas a color son un proceso de superposición o apilamiento de filtros en rojo, verde y azul, haciendo uso de imágenes reales tomadas por telescopios robóticos remotos.</p>	<p>-Obtener imágenes reales de objetos astronómicos en diferentes filtros (RGB) sin ningún tipo de edición (imagen cruda), a través de la plataforma dispuesta por el observatorio de las Cumbres (LCO). Posteriormente realizar un procedimiento inicial de procesamiento en donde se apilan las imágenes obtenidas, se calibra el color y se ajusta el estiramiento del histograma para finalmente conseguir una fotografía del espacio profundo.</p> <p>-Realizar un póster con la imagen obtenida a través del procedimiento anterior, donde, además, se cuente cómo fue la experiencia realizando este ejercicio de astrofotografía.</p>	¿Las imágenes astronómicas se ven realmente así en el espacio?
Astrofotografía	<p>-Reconocer diferentes tipos de telescopios y adquirir habilidades en el manejo de estos, abordando conceptos básicos de astronomía de posición.</p> <p>-Tomar fotografías de objetos celestes con dispositivos celulares.</p> <p>-Conocer las dinámicas de un observatorio astronómico real.</p>	<p>-Realizar jornadas nocturnas complementarias a los ejercicios de óptica geométrica, en donde se usen telescopios para familiarizarse con la bóveda celeste. Esto incluye una salida con fines pedagógicos al observatorio astronómico de la universidad de los Andes.</p>	No aplica.

Repaso	-Afianzar lo aprendido e identificar posibles falencias en el grupo de estudiantes.	-A través de un juego denominado "Charadas de óptica", realizar un repaso sobre las temáticas vistas en clase.	No aplica.
--------	---	--	------------

Tabla 7. Actividades de la Secuencia Enseñanza/Aprendizaje.

Durante la implementación de la Secuencia de Enseñanza Aprendizaje, se obtuvo material tangible, que generó en las estudiantes emoción y representó un factor motivante en la exploración de la óptica geométrica que se estaba trabajando.

A continuación, se muestra el material obtenido en la SEA con las estudiantes el semillero de astronomía Ío.

Cámara oscura, como elemento que permitió abordar la propagación rectilínea de la luz y el concepto de imagen como conjunto de puntos luminosos. Al respecto, lo que más impactó a las estudiantes fue el hecho de ver la imagen invertida.



Figura 18. Evidencia fotográfica cámara oscura.

Creación de imagen a partir de matriz numérica, que permitió realizar un ejercicio comparativo mostrando la imagen en la actualidad, ya no como un conjunto de puntos luminosos (visión clásica) sino como un conjunto de números organizados al que denominamos píxeles, que tienen un color asignado cada uno.

Las estudiantes lograron no sólo recrear la imagen con ayuda de Microsoft Excel, sino también evidenciar la evolución del concepto de imagen a través de los años.

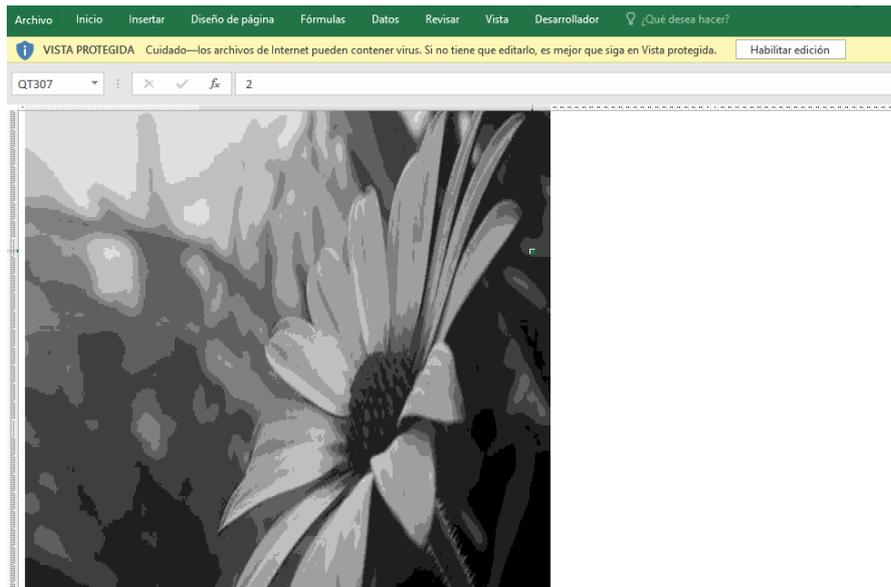


Figura 19. Imagen recreada a partir de Excel realizada por la estudiante 11.

Fotografías astronómicas procesadas por las estudiantes, que les permitió a las estudiantes entender de dónde salen las fotografías de estrellas, planetas, nebulosas, etc., que se encuentran en internet. En ese sentido, las estudiantes organizadas por grupos de 3 personas obtienen imágenes reales de objetos astronómicos de cielo profundo en filtros RGB sin ningún tipo de edición o procesamiento, a través de la plataforma dispuesta por el observatorio LCO, que consiste en una red de telescopios distribuidos en todo el mundo y adelanta procesos de astronomía ciudadana actualmente.

Las estudiantes aprendieron a usar el software de acceso libre llamado SIRIL que permitía hacer un procesamiento de imágenes astronómicas para convertir ese formato crudo en una composición RGB que asemejaba las imágenes del espacio que se encuentran en internet.

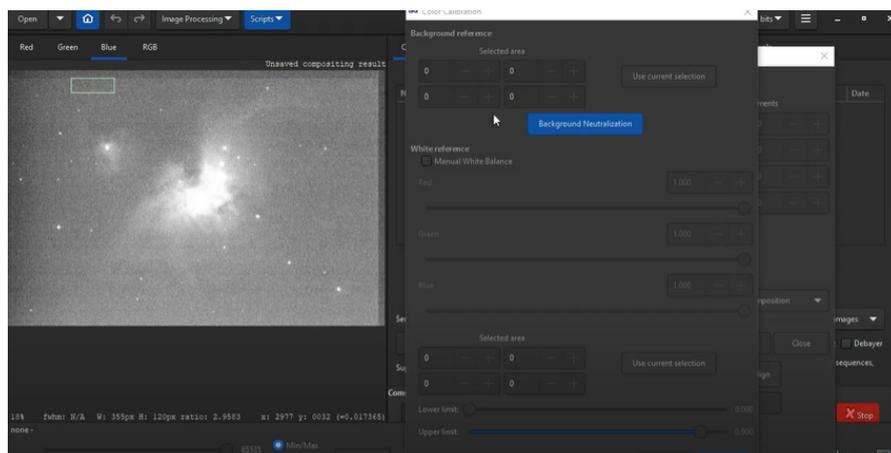


Figura 20. Pantallazo de Software Siril para procesamiento de imágenes astronómicas.



Figura 21. Nebulosa Trífida NGC 6514. Imagen procesada por el grupo 1 de estudiantes. Semillero de astronomía ÍO. (2022). Procesada con software Siril 1.0.5



Figura 23. Cúmulo globular M19. Imagen procesada por el grupo 3 de estudiantes. Semillero de astronomía ÍO. (2022). Procesada con software Siril 1.0.5



Figura 22. Nebulosa Omega M17. Imagen procesada por el grupo 2 de estudiantes. Semillero de astronomía ÍO. (2022). Procesada con software Siril 1.0.5



Figura 24. Galaxia M83. Imagen procesada por el grupo 4 de estudiantes. Semillero de astronomía ÍO. (2022). Procesada con software Siril 1.0.5

Posteriormente las estudiantes realizaron un poster con las fotografías astronómicas que ellas mismas procesaron y allí mismo describieron su experiencia realizando este ejercicio que permitió tener un acercamiento al trabajo que realizan astrónomos y aficionados para obtener imágenes de cielo profundo. Al respecto, las opiniones de ellas demostraron asombro y una apropiación de la actividad, destacando los siguientes comentarios:

“Fue bastante interesante aprender a utilizar diferentes herramientas que nos ayudan a editar este tipo de imágenes. Además, pudimos integrar nuevas capacidades y aprendizajes a través de la astronomía. Gracias a esta actividad, entendemos diferentes conceptos de la astrofotografía.” (Grupo 1)

“No fue algo totalmente sencillo de hacer, pero fue una experiencia interesante de aprender a utilizar la luz roja, verde y azul en las estrellas y en cómo utilizar el ruido de la imagen. (...), además que fue nuestra primera foto astronómica. Fue una experiencia muy linda.” (Grupo 2)

“A través de lo visto hemos adquirido el conocimiento respecto al funcionamiento de una cámara de acuerdo a la luz y sus lentes, y el cómo interactúan estas al momento de formar una imagen. También nos ayudó a ver un lado más científico de esta ya que para la fotografía se necesita luz, y al saber cómo se comporta esta, se podrá formar imágenes de distintos tipos.”

(Grupo 3)

Fotografías tomadas en jornadas nocturnas, como parte del ejercicio de reconocimiento de la observación astronómica, se realizó una salida extracurricular al Observatorio de la Universidad de los Andes, donde algunas de las niñas tuvieron la oportunidad no sólo de ver a Saturno y a Júpiter, sino también de conocer las dinámicas e instrumentos que se utilizan en un observatorio. Allí se tomaron algunas fotografías con cámara profesional y los celulares de ellas.



Figura 25. Evidencias fotográficas sesión nocturna complementaria. Observatorio Astronómico de la Universidad de los Andes. Bogotá (2022).

1.3. Testear

Para poder determinar los resultados de la Secuencia de Enseñanza Aprendizaje, se realizó una evaluación final con los conceptos más relevantes que se trataron durante todo el semestre.

1.3.1. Preguntas Post- test.

El post-test consta de 9 preguntas de las cuales 5 son de tipo abierta, y 4 de tipo cerrada. La razón de realizar el post-test de esta manera se basó en identificar las capacidades argumentativas de las estudiantes al momento de explicar un fenómeno científico. Se

pretende es determinar qué tan eficiente fue la Secuencia de Enseñanza Aprendizaje para comprender los aspectos de la óptica geométrica.

Para la aplicación del post-test se presenta un cambio en la población, particularmente en la cantidad de estudiantes, puesto que debido a los programas de inmersión en educación superior que tiene la institución educativa, 5 estudiantes se retiraron del semillero. Así mismo, 5 estudiantes más se incorporaron poco tiempo después de la aplicación del pre-test, y por lo tanto estuvieron en las sesiones de implementación, razón por la que se les aplicó el post-test.

1.3.2. Resultados de Post- Test

Análisis de preguntas cerradas

Al igual que en el pre-test, se realizó un análisis basado en la Teoría Clásica de los Test TCT, usando el índice de facilidad como indicador de las preguntas que más se les dificultaron a las estudiantes y las que, por el contrario, no representaron mayor nivel para ellas.

A continuación, se muestran las respuestas de las estudiantes organizadas por columnas en una tabla, donde “CLAVE” hace referencia a la respuesta correcta, N/A, es No Aplica para designar las estudiantes que se retiraron del semillero; y N/R, es No Responde.

	P5	P6	P7	P8
CLAVE	A	C	V	A
Estud 1	A	C	V	A
Estud 2	A	C	V	A
Estud 3	A	C	V	A
Estud 4	N/A	N/A	N/A	N/A
Estud 5	A	C	V	A
Estud 6	N/A	N/A	N/A	N/A
Estud 7	A	B	V	A
Estud 8	A	C	V	A
Estud 9	N/A	N/A	N/A	N/A
Estud 10	A	C	V	A
Estud 11	A	C	V	A
Estud 12	A	C	V	A
Estud 13	A	A	V	A
Estud 14	A	A	V	A

Estud 15	A	B	V	A
Estud 16	N/A	N/A	N/A	N/A
Estud 17	A	A	V	A
Estud 18	A	B	V	A
Estud 19	N/A	N/A	N/A	N/A
Estud 20	A	A	V	A
Estud 21	A	A	V	A
Estud 22	A	C	V	A
Estud 23	A	A	V	A
Estud 24	N/R	N/R	V	N/R

Se reescriben las respuestas de las estudiantes en términos numéricos, donde 1 es un acierto y 0, falla. Con esta información se calcula el índice de facilidad de cada pregunta teniendo en cuenta el número de aciertos y la cantidad de estudiantes examinadas.

	P5	P6	P7	P8
Índice facilidad	1,00	0,50	1,00	1,00

Se observa que en general, las preguntas cerradas no representaron mayor dificultad, siendo el promedio general para este índice 0.875 para el grupo de las estudiantes examinadas. La pregunta número 6, tiene un índice más bajo que las demás preguntas, pero con un puntaje que representa la mitad, por lo tanto, se puede decir que, si bien no supone una dificultad tan alarmante, sí indica que la mitad de las niñas que presentaron la prueba siguen sin tener claro la imagen que forman las lentes convergentes.

Análisis de preguntas abiertas

Al igual que en la prueba diagnóstica, para el análisis de las respuestas que corresponden a preguntas abiertas, se extrapolaron categorías para cada pregunta, según las respuestas de las estudiantes. Estas categorías fueron generadas y revisadas por los dos investigadores de este trabajo para efectos de objetividad.

A continuación, se muestran las preguntas y categorías que emergieron durante el análisis.

Pregunta 1. Explique con sus palabras, ¿qué es reflexión en física?

Categoría	Descripción	Nº de estudiantes	Porcentaje
A	La estudiante describe el fenómeno de reflexión de la luz como un cambio de dirección de un rayo incidente al	15	78,95%

	entrar en contacto con una superficie, teniendo en cuenta los tipos que existen, la ley de los ángulos iguales o dando ejemplos que complementan su argumento.		
B	La estudiante describe el fenómeno de reflexión como una propiedad de las ondas, como: Sonido y luz	1	5,26%
C	La respuesta es incoherente	3	15,79%
D	La estudiante no sabe, no responde	0	0,00%

Tabla 8. Categorías emergentes de la pregunta 1. Post-test. Fuente. Elaboración propia.

Para la pregunta 1, se realizaron 4 categorías de las que se puede inferir que aproximadamente el 80% de las estudiantes puede dar ideas que explican el fenómeno de reflexión. Sin embargo, se pudo notar entre las respuestas dadas que la mayoría, entienden la reflexión como un “rebote” de luz. Además, una estudiante reconoce el fenómeno de reflexión a partir de las ondas, bien sean de sonido, o de luz.

Pregunta 2. Explique con sus palabras, ¿qué es refracción?

Categoría	Descripción	Nº de estudiantes	Porcentaje
A	La estudiante describe el fenómeno de refracción de la luz como un cambio de dirección y velocidad de un haz de luz al entrar en contacto con un medio diferente, teniendo en cuenta la ley de Snell, los índices de refracción o dando ejemplos que complementan su argumento.	8	42,11%
B	La estudiante describe el fenómeno de refracción como un cambio de dirección de un rayo de luz al entrar en otro medio sin tener en cuenta el cambio de velocidad.	5	26,32%
C	La respuesta es incoherente o con información incompleta	6	31,58%
D	La estudiante no sabe, no responde	0	0,00%

Tabla 9. Categorías emergentes de la pregunta 2. Post-test. fuente: Elaboración propia.

Para la pregunta 2 se realizaron 4 categorías, de las que se puede inferir que alrededor de la mitad de las estudiantes están en capacidad de explicar el fenómeno de refracción, mientras que el 57,9% de las estudiantes no proporcionan información completa para comprender el fenómeno de refracción.

Pregunta 3. ¿Cómo usted explica la diferencia que hay entre un lente convergente y un lente divergente?

Categoría	Criterio	Nº de estudiantes	Porcentaje
-----------	----------	-------------------	------------

A	La estudiante reconoce los lentes convergentes como un instrumento que concentra los rayos de luz en un foco, formando imágenes reales o virtuales según la posición del objeto, mientras que los lentes divergentes separan los rayos de luz desde un punto imaginario en el que se unen todas las líneas al proyectarlas, formando una imagen virtual siempre.	8	42,11%
B	La estudiante sólo reconoce y explica uno de los dos tipos de lentes.	4	21,05%
C	La estudiante asocia los lentes convergentes y divergentes al fenómeno de reflexión	3	15,79%
D	La respuesta es incoherente o con información incompleta	3	15,79%
E	No sabe, no responde	1	5,26%

Tabla 10. Categorías emergentes de la pregunta 3. Post-test. Fuente: Elaboración propia.

Para la pregunta 3 se realizaron 5 categorías de las que se puede inferir que:

- Más del 60% de las estudiantes que presentaron la prueba, están en la capacidad de explicar las características principales de los lentes o de un sólo tipo de lente, bien sea convergente o divergente.
- Persiste en 3 estudiantes la confusión entre qué fenómeno (reflexión y refracción) se aplica a los lentes, puesto que asocian el lente directamente a reflexión.

Pregunta 4. Mencione y describa brevemente: un ejemplo de un espejo cóncavo y un ejemplo de espejo convexo, en la vida cotidiana.

Categoría	Criterio	N. de estudiantes	Porcentaje
A	La estudiante asocia y describe claramente los espejos convexos y cóncavos a objetos de la vida cotidiana.	14	73,68%
B	La estudiante sólo puede dar ejemplos de uno de los espejos esféricos	3	15,79%
C	No sabe, no responde	2	10,53%

Tabla 11. Categorías emergentes de la pregunta 4. Post-test. Fuente: Elaboración propia.

En este caso se puede decir que la mayoría de las estudiantes reconoce espejos esféricos en elementos de la vida cotidiana.

Pregunta 9. ¿Cómo se aplica la física en la fotografía?

Categoría	Criterio	N. de estudiantes	Porcentaje
A	La estudiante identifica la fotografía como una aplicación de la óptica y puede explicarla a través de los conceptos de	5	26,32%

	reflexión, refracción y formación de imágenes en lentes o espejos. Adicionalmente, reconoce en la fotografía digital, el sensor como una aplicación del efecto fotoeléctrico donde se convierten fotones en carga eléctrica.		
B	La estudiante entiende la relación entre física y fotografía a través del concepto de ángulos o de luz.	5	26,32%
C	La estudiante explica la relación entre física y fotografía a través del control de la cantidad de luz haciendo referencia a los elementos de Sensibilidad ISO, velocidad de obturación, apertura de diafragma, etc.	2	10,53%
D	La estudiante acude a otros campos de las ciencias naturales para explicar la fotografía.	2	10,53%
E	La estudiante no sabe o no responde la pregunta.	5	26,32%

Tabla 12. Categorías emergentes de la pregunta 9. Post-test. Fuente. elaboración propia

Para la pregunta 9 se realizaron 5 categorías, de las que se puede inferir que:

- El 63,16% de las estudiantes logran identificar elementos de física en las cámaras fotográficas y sus productos, bien sea explicando lo que ocurre con la luz al interior de la cámara, o a través de los elementos que permiten controlar el paso de luz.
- En la categoría D, fue frecuente acudir al campo de la química para explicar el funcionamiento de la fotografía.
- Más del 20 % de las estudiantes no respondieron la pregunta, indicando que, si bien sí vieron el tema, no tienen aún la capacidad de poder explicarlo con sus palabras, no se ha interiorizado.

1.3.3. Comparación Pre-test y post-test.

Realizando un promedio de los índices de facilidad de ambas pruebas, para el caso de las preguntas cerradas, se obtiene un valor de 0,4 en el pre-test y un promedio de 0,88 en el post-test, marcando una diferencia de 0,48 entre ambos promedios.

Lo anterior indica un aumento de aproximadamente el 50% en el índice de facilidad, indicando que las estudiantes tuvieron mejores resultados en este tipo de preguntas.

Respecto a las preguntas abiertas se puede decir que la mayoría de las estudiantes han cambiado la percepción o idea que tenían acerca de los conceptos principales que se trabajaron en la Secuencia de Enseñanza Aprendizaje. Sobre el tema de reflexión siguen relacionando el concepto a la palabra “rebote”, sin que ello suponga un problema de aprendizaje. Además, se observa que no se presenta confusión entre reflexión y refracción, cosa que ocurría con mayor frecuencia en el pre-test.

En el caso de refracción, si bien la mayoría de las estudiantes da explicación al fenómeno, se siguen presentando dificultades alrededor del cambio de la velocidad en la luz, al entrar a otro medio. Por otro lado, frente al tema de lentes y espejos esféricos, se ha cambiado totalmente la idea previa que tenían las estudiantes sobre la imagen virtual y real, consignada en los pre-test. No obstante, el tema que muestra más complejidad para las estudiantes según el post-test, sigue siendo la formación de imágenes, específicamente en las características de la imagen cuando el objeto está a cierta distancia del lente o espejo esférico.

Además, se pudo notar en el post-test que ocurrió en menor medida el caso en el que las estudiantes dejaban en blanco las preguntas, denotando que han adquirido más competencias para explicar con sus palabras lo que se les demanda. Sin embargo, la capacidad de argumentación es baja, puesto que sus respuestas, aunque correctas en muchos casos, eran bastante cortas, y no permitían tener más claridad frente a cuánto conocen del tema.

1.3.4. Aspectos a mejorar en la SEA

De acuerdo a las actividades implementadas en clase y entendiendo que las intervenciones en el aula no son absolutas, sino que pueden ser adaptadas a las demandas de aprendizaje, se realizan las siguientes sugerencias con el fin de mejorar la SEA:

Es apropiado destinar más tiempo a jornadas de observación y toma de fotografías para hacer del ejercicio una experiencia más enriquecedora y pragmática. Así mismo, se considera que se debe fortalecer la parte conceptual sobre el procesamiento de imágenes astronómicas.

En la medida de lo posible, es necesario buscar alternativas para la comprensión de las imágenes que forman los lentes y los espejos esféricos que se complementen con el uso de simuladores.

La oportunidad de vincular el grupo poblacional a la iniciativa que lidera la Colaboración Internacional de Búsqueda Astronómica (IASC) con su programa “1000 hours for 1000 schools” podría brindar elementos más significativos a la experiencia didáctica, estando a la vanguardia de las iniciativas de astronomía ciudadana.

Conclusiones

La revisión bibliográfica de la física permitió delimitar que los conceptos clave de la óptica geométrica para establecer los ejes temáticos disciplinares que se trabajaron en la Secuencia de Enseñanza Aprendizaje son: La naturaleza de la luz, la reflexión de la luz (de tipo especular y difusa), refracción de la luz, el principio de Fermat y la formación de imágenes en espejos esféricos y en lentes convergentes y divergentes.

Del mismo modo, la revisión bibliográfica sobre fotografía y las sesiones de acompañamiento con el profesor Wilder Reyes, posibilitaron el aprendizaje de las técnicas básicas de astrofotografía, que a su vez ayudaron a delimitar conceptos fundamentales de este campo como : La apertura de diafragma, la velocidad de obturación, y la sensibilidad ISO; que guardan relación con la óptica geométrica.

La Secuencia de Enseñanza/Aprendizaje construida permitió identificar las dificultades que las estudiantes presentaban sobre algunos conceptos concernientes a la óptica geométrica y la astronomía. A saber, la mayoría de las estudiantes no reconocían el fenómeno de reflexión como un concepto de la física, sino como un elemento introspectivo. Tampoco podían definir el concepto de refracción, o a menudo lo confundían con la reflexión de la luz. Sobre lentes y espejos esféricos las estudiantes no diferenciaban las características cualitativas de las imágenes que se formaban respectivamente, y además tenían falencias en aspectos básicos y en la instrumentación de la astronomía, como los tipos de telescopios fundamentales y el concepto de magnitud, cuyo significado lo relacionaban con el tamaño de un objeto celeste y no con su brillo.

Se implementó la propuesta para tratar de resolver las problemáticas conceptuales descritas en el párrafo anterior, a partir de la astrofotografía como eje transversal; avanzando así, en la comprensión no sólo del concepto de reflexión, refracción o de la formación de imágenes, sino también teniendo un acercamiento a cuestiones básicas sobre la astronomía observacional y al procesamiento de fotografías, puesto que, las estudiantes trabajaron con datos astronómicos reales que les proporcionó la red global de telescopios del observatorio Las Cumbres (LCO), aprovechando el poder de los telescopios robóticos remotos, y la física implícita en las imágenes astronómicas; percibiendo de esta manera el lado científico de la astrofotografía.

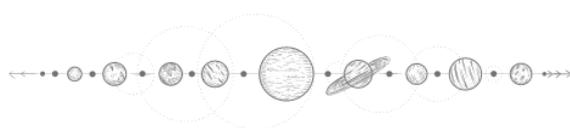
Se destaca la emoción de las estudiantes al momento de realizar los experimentos, la cámara oscura, las observaciones por telescopio y al realizar la composición RGB de una imagen astronómica, pues para varias estudiantes se trataba de un verdadero descubrimiento y a partir

de ahí podían articular los conceptos de la física y la astronomía abordados en clase, con la belleza de las fotografías que ellas obtuvieron. Al respecto, Wickman (2006) menciona que las experiencias estéticas pueden tener un impacto positivo en la forma en que los estudiantes aprenden.

Asimismo, se demostró que el uso de la astrofotografía como medio didáctico en las clases de ciencias permite tener un componente interdisciplinar y significativo en la escuela, vinculando el arte, la física y la astronomía tanto observacional como teórica, proporcionando espacios para la contextualización de la enseñanza de la ciencia teniendo en cuenta los puntos en común de estos campos: la observación, la experimentación, el descubrimiento, la disciplina y la belleza estética; dando así, elementos para motivar a las estudiantes, ya que, a lo largo de las sesiones, se evidenció que la fotografía les era familiar, algo cotidiano, suscitando en las estudiantes un elemento de identidad y apropiación por parte de ellas como se muestra en el Anexo 1. pág. 70, que puede generar una actitud positiva hacia el aprendizaje de la ciencia.

A través de la SEA, se obtuvo material tangible como la construcción de la cámara oscura y las fotografías astronómicas que procesaron con el software las mismas estudiantes (ver pág.68) y que, si bien requieren de habilidades técnicas, también requiere de conocimientos en el campo de la física para poder dar cuenta de eso que se observa en la imagen.

Naturalmente, persisten dificultades en las estudiantes alrededor de la formación de imágenes en lentes y espejos esféricos, debido a las dinámicas y tiempos dados para la ejecución de la SEA. No obstante, este trabajo demuestra el enorme potencial que tiene la astrofotografía y la astronomía como medio didáctico en la educación en ciencias y cómo puede articularse esto a los lineamientos curriculares que propone el Ministerio de Educación Nacional. Es una hoja de ruta que puede ser mejorada o adaptada a las necesidades de otro investigador, por ejemplo, cambiando el tiempo de dedicación de las sesiones, o apoyándose en otros experimentos.



Bibliografía

- Bachiller, R. (2009). *Elmundo.es*. Obtenido de http://rsefalicante.umh.es/Astronomia/Hitos_astronomia/1882_astronomia_fotografica.pdf
- Carbonnel, A., Ruz, D., Osorio, A., & Hernández, C. (2019). Modelo pedagógico de educación científica escolar. *Perfiles educativos*, *XLI*(166). doi:<https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2019.166.59032>
- Cardozo rodríguez, c. J., & Amórtegui Cedeño, e. F. (2021). Actitudes hacia las ciencias naturales y su aprendizaje en los estudiantes. Una revisión documental. *Revista Electrónica EDUCyT*, *11*(Extra), 203–216. Recuperado a partir de <https://die.udistrital.edu.co/revistas/index.php/educyt/article/view/39>
- Cañal, P. (2007). *La investigación escolar hoy*. Enseñar y aprender investigando. Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales, *52*, 9-19.
- Chávez, C., & Saade, A. (2009). *Procedimientos básicos para el análisis de reactivos*. Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, AC, 164.
- Cornejo, A., & Urcid, G. (2005). *Óptica geométrica. Resumen de conceptos y fórmulas*. Técnico, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica INAOE, Tonantzintla, Puebla. Obtenido de https://www-optica.inaoep.mx/~gurcid/rbt/og_acorgurc2005.pdf
- Cuevas, J. (2003). *Fotografía y Conocimiento. La fotografía en la ciencia hasta 1927*. Madrid: Editorial Complutense.
- Díaz, L. (2017). El estudio de los fenómenos ópticos: una reflexión sobre el sentido de la enseñanza de la física en la educación básica. Universidad Pedagógica Nacional. Obtenido de <http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/2151/TE-19737.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Easterday, M. W., Rees Lewis, D. G., & Gerber, E. M. (2018). The logic of design research. *Learning: Research and Practice*, *4*(2), 131-160
- Espitia, E. (2016). Propuesta didáctica para la enseñanza de óptica geométrica, tomando como modelo pedagógico el Constructivismo. Bogotá D.C.
- Gomez, E. L., & Fitzgerald, M. (2017). Robotic Telescopes in education. *Astronomical Review*, *13*(1). doi:<https://doi.org/10.1080/21672857.2017.1303264>
- Hecht, E. (2001). *Óptica* (3 ed.). Addison Wesley.
- Mejía, Y. (2021). *Fundamentos de óptica*. Editorial Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/Facultad_de_Ciencias/Publicaciones/Arc

hivos_Libros/Libros_Fisica/Fundamentos_de_Optica/Fundamentos_de_Optica.pdf
 BN: 9789587944150

Ministerio de Educación Nacional, (2017). *Serie Derechos Básicos de Aprendizaje*. Ciencias Naturales. Vol. 1. Bogotá: MEN, 2017.
http://aprende.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/DBA_C.Naturales.pdf

Ministerio de Educación Nacional (MEN). (s.f.). *Sistema Nacional de Información de la Educación Superior SNIES*. Obtenido de Colombia.
https://hecaa.mineducacion.gov.co/consultaspublicas/poblacional?p_ano=&p_semestre=&p_variable=&p_depto

Ministerio de Educación Nacional. (2006). *Estándares Básicos de Competencias en lenguaje, matemáticas, ciencias y ciudadanas*. ISBN 958-691-290-6.

Molina-Caballero, M.F., Casas-Mateus, J.A. y Rivera-Rodríguez, J.C. (2017). Actitudes hacia la ciencia en bachilleres de colegios distritales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 13 (2), 101-121.

Percy, J. (1998). Educación astronómica: una perspectiva internacional. *Coloquio de la Unión Astronómica Internacional*, 162, 2-6. doi:10.1017/S025292110011468X

Pérez, J. F. (2006). Una visión histórica de la óptica. *Ciencia y tecnología para la salud visual y ocular*(7), 16. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/950/95000713.pdf>

Rodríguez, W. y Jiménez, R. y Caicedo-Maya, C. (2007). Protocolo de actitudes relacionadas con la ciencia: adaptación para Colombia. *Psychologia. Avances de la Disciplina*, 1(2), 85-100. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=297224996001>

Salimpour, S. (2019). Capturing the cosmos: teaching astronomy (and more) through astrophotography in Middle School. *Rbotic Telescopes, Student Research and Education (RTSRE)*, 2, pág. 17. doi:10.32374 / rtsre.2019.010

Serje, V. F., Prieto, L. E. y Riveros, F. (2021). Actitudes hacia la ciencia y la investigación en miembros de instituciones de educación superior de Bogotá: diferencias por variables demográficas y de rol académico. *Educación y Educadores*, 24(3), e2431. DOI: <https://doi.org/10.5294/edu.2021.24.3.1>

Serway, R. A., & Jewett, J. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con física moderna* (7 ed., Vol. 2). México: Cengage.

Silva, R., Holanda, T., Lamarão, S. (2014). Astrofotografia como auxílio à aprendizagem no ensino de astronomia. XXXII Encontro de Físicos do Norte e Nordeste - João Pessoa.
https://www.academia.edu/29450799/ASTROFOTOGRAFIA_COMO_AUX%C3%8DLIA_%C3%80_APRENDIZAGEM_NO_ENSINO_DE_ASTRONOMIA

- Solbes, J., Montserrat, R., & Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en la enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*(21), 27.
- Tytler, R. (2007). *Re-imagining Science Education Engaging students in science for Australia's future*. Australian Council for Educational Research ACER. Obtenido de <https://research.acer.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1002&context=aer>
- Valderrama, D., & Navarrete, D. (2020). *Apropiación conceptual de la astronomía en el contexto de la educación primaria*. Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC. Obtenido de <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/3190>
- Vélez, F. (2015). *Apuntes de Relatividad*. Bogotá D.C.
- Wickman, P.-O. (2006). *Aesthetic experience in science education: Learning and meaning-making as situated talk and action*. Routledge

Anexo 1. Bitácora de SEA

Clase 1: Luz (1h 30 min)

Se abre la discusión con la pregunta de qué es la luz, y a partir de allí se va construyendo el concepto hablando sobre cuáles fueron las teorías más disputadas acerca de su comportamiento, hasta llegar a la teoría actual de la luz como onda electromagnética que transporta energía. También se introduce el concepto de radiación y espectro electromagnético.

Se realiza una actividad con notas Post-It que contienen el nombre de cada una de las longitudes de onda que hacen parte del espectro electromagnético, con el fin de que las estudiantes peguen la nota en el esquema dibujado en el tablero donde hay una flecha que va de menos energía a más energía. Las estudiantes organizaron los tipos de radiación electromagnética según su criterio, dando como resultado lo siguiente:

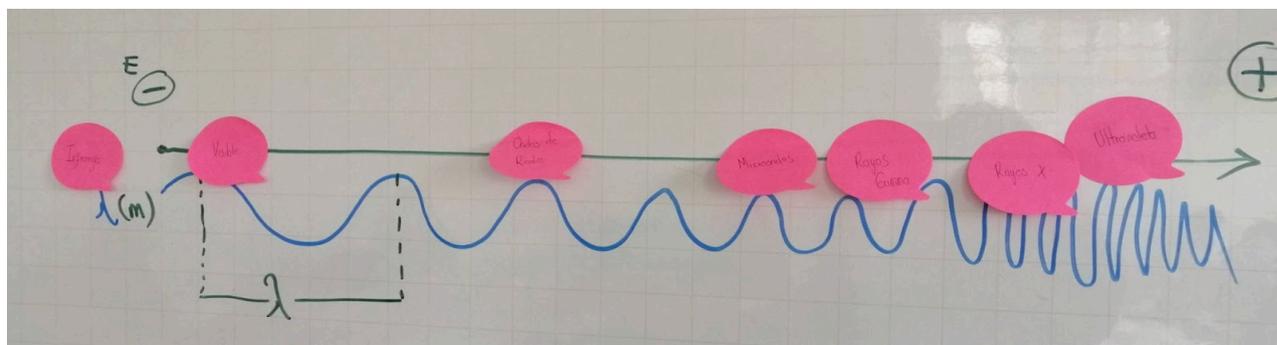


Figura 26. Evidencia fotográfica clase 1. Espectro electromagnético según conceptos previos de las estudiantes

Al hacer la comparación con el espectro electromagnético más aceptado actualmente, se puede notar que las estudiantes no reconocen los tipos de radiación más energética y menos energética.

Espectro electromagnético según las ideas previas de las estudiantes	Espectro electromagnético aceptado en la ciencia actualmente
Infrarrojo	Ondas de radio
Visible	Microondas
Ondas de radio	Infrarrojo
Microondas	Visible
Rayos Gamma	Ultravioleta
Rayos X	Rayos X
Ultravioleta	Rayos Gamma

Una vez se reorganizan los tipos de radiación electromagnética en el tablero, se clarifican los conceptos de frecuencia f , longitud de onda λ y la relación entre ellas a través de la ecuación:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

Donde v es la velocidad de la radiación electromagnética, a mayor frecuencia mayor energía y menor longitud de onda.

Clase 2: Construcción de cámara oscura (1h 30 min)

Como primer acercamiento al concepto de imagen en física, se realiza una actividad interactiva en la que las estudiantes construyen cada una su propia cámara oscura. Una vez realizado este proceso, se realizan preguntas orientadoras como: ¿Qué es una imagen? ¿Qué pasaría si el orificio de la cámara oscura es más grande?, así como también, las estudiantes preguntaban, ¿Por qué la imagen se ve invertida? y alrededor de estas dudas se iba generando diálogo entre las estudiantes y yo, como tutora encargada de la clase en ese momento. Para finalizar se les explica que, al interior del artefacto construido, la luz se propaga en línea recta, los rayos que inciden de abajo, pasan arriba, y los que inciden de arriba pasan abajo, por lo que la imagen queda invertida como se muestra en la Figura 14. Esclareciendo así, el concepto de imagen como conjunto de puntos luminosos.

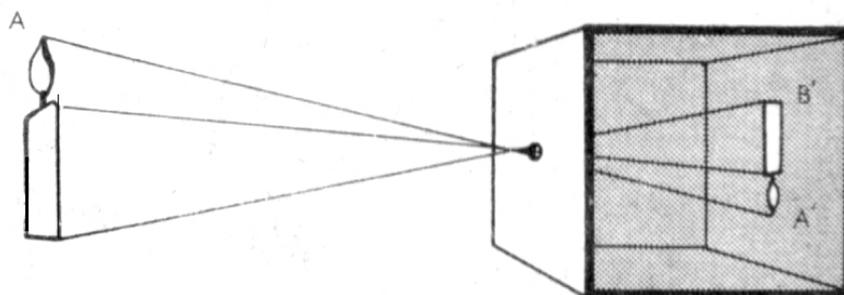


Figura 27. Esquema de cámara oscura. Tomada de: <https://claquetas.com.ar/2015/10/la-camara-fotografica-introduccion80.html>



Figura 28. Evidencias fotográficas clase 2. Construcción de una cámara oscura

Clase 3: Reflexión- introducción al concepto (1h 30min)

La sesión inicia a partir de preguntas orientadoras que fueron claves para generar controversia entre las ideas previas de las estudiantes, y de cierta forma identificar esas capacidades argumentativas de ellas al momento de explicar cosas de la vida cotidiana. Las preguntas que se abordaron son:

¿Qué es reflexión?, donde algunas estudiantes (las más grandes) tendían a responder con palabras como “rebotar”, mientras que otras definían la reflexión en términos de una introspección, incluso, ligados al ámbito religioso.

¿Por qué el cielo es azul?, una de las dudas que hizo desviar un poco el tema principal, puesto que la respuesta instantánea de varias fue “porque es el reflejo del mar en el cielo”, una concepción que llevó finalmente a abordar de manera superficial el concepto de efecto invernadero, que por sí mismo tiene relación con el fenómeno de reflexión; y a través de esto se tuvo un primer acercamiento al concepto de refracción al mencionar la atmósfera, así como también se enlazó con el tema de radiación infrarroja ya antes visto en clase y el tema de calentamiento global grosso modo, logrando así, un ejercicio interdisciplinar a partir de una pregunta detonante.

Para finalizar, se abordó el concepto de reflexión de la luz formalmente y un breve contexto histórico, sin profundizar en los desarrollos matemáticos que conlleva esto. Además, se explicó que la reflexión especular es el cambio en una sola dirección que sufre un rayo de luz al encontrarse con una superficie lisa, cumpliendo con la ley en la que el ángulo de incidencia es igual al ángulo reflejado, mientras que la reflexión difusa es el cambio que sufre un rayo de luz, reflejándose en varias direcciones al encontrarse con una superficie rugosa.

Clase 4. Reflexión y color (2h)

Se realizó una experiencia en la que se usaron globos de colores que, una vez inflados, se iban ubicando bajo una lupa que convergía la luz del Sol, con el fin de responder a la pregunta fundamental de la clase: “¿Qué tiene que ver el color con el fenómeno de reflexión? La idea consistía en registrar el tiempo que tardaba en reventarse cada globo.

Posteriormente, por iniciativa de una estudiante se realiza un cambio en el experimento, en el que en una hoja de papel blanco se pinta un punto con un marcador negro, y éste se pone bajo la lupa a la luz del sol. Como resultado, el papel se empieza a quemar más rápido en la zona negra que en la zona blanca, un suceso que sorprendió de inmediato a las estudiantes.

Las estudiantes debían consignar los datos experimentales en una tabla y responder a las siguientes preguntas:

¿por qué el globo de color blanco se demora más tiempo en reventarse?

¿por qué el globo de color negro se demora menos tiempo?

¿Por qué si se dibuja un punto con un marcador negro en una hoja de papel blanco se quema más rápido?

La siguiente tabla muestra un promedio de las medidas tomadas por las estudiantes.

Color del Globo	Tiempo
Blanco	3,19 min
Negro	1,53 s
Rosado claro	45,39 s
Amarillo	30,82 s
Verde	31,81 s

Tabla 13. Promedio de tiempos registrados para cada color de globo. Clase 4. Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran algunas de las respuestas de las estudiantes frente a las preguntas solicitadas.

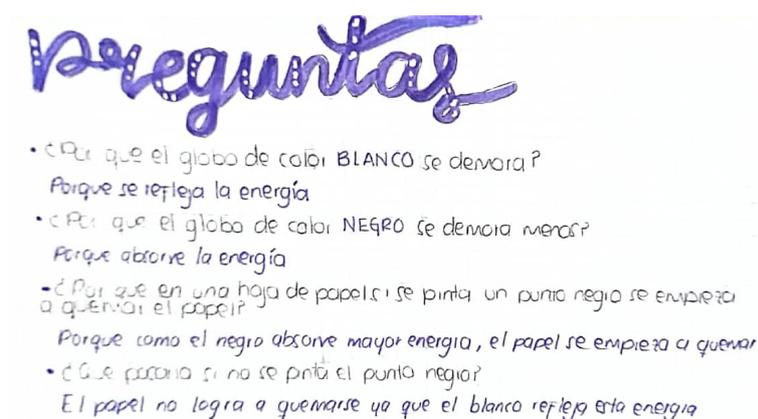


Figura 29. Evidencia fotográfica de clase 4. Respuestas de las estudiantes sobre las preguntas del experimento.

Es necesario resaltar que esta experiencia, tuvo un margen de error considerable en la toma de datos debido a que la fuente de luz, en este caso el sol, no era constante. En ocasiones al estar tomando el tiempo, una nube tapaba la luz y se debía esperar a que saliera nuevamente el sol, por lo tanto, se dependía directamente de las condiciones climáticas. Si bien, la toma de datos experimentales no fue tan precisa, las estudiantes sí lograron entender que existe una estrecha relación entre el color, el calor y el fenómeno de reflexión y absorción de la luz.



Figura 30. Evidencias fotográficas clase 4. Experimento

Clase 5: Ley de reflexión 2h

Se aborda la ley de reflexión y a partir de la duda de las estudiantes sobre cómo comprobar que la ley es cierta, se toma la iniciativa de demostrar esto a partir de las matemáticas. De tal manera, que se usó el principio de Fermat para demostrar la ley de la reflexión. Sin embargo,

en este punto, se hicieron notorias las falencias que tenían las estudiantes en conceptos básicos de geometría, específicamente en teorema de Pitágoras, ángulos semejantes y concepto de derivada, pues, algunas de ellas aún no habían visto el tema, y otras lo habían olvidado. Es así, como junto al profesor a cargo del semillero, se decidió dedicar toda la sesión de clase para realizar un repaso de estos temas que se les dificultaban a ellas a través de ejercicios mecánicos. Se repasó la noción de función en matemáticas y a partir de ello se definió la derivada como una tasa de cambio de una variable con respecto a otra, mostrando que emerge del concepto de límite.

En el caso de la niña más pequeña del grupo (cuarto grado), fue difícil abordar estos temas al tiempo que se les trataba de explicar a las demás, y aunque naturalmente no comprendió el concepto de derivada, sí mostró indicios de entender el teorema de Pitágoras como una relación geométrica que deriva de las áreas de los cuadrados formados por los lados de un triángulo rectángulo.

Clase 6: Reflexión y principio de Fermat 2h

De acuerdo al repaso que se realizó en la sesión anterior, se da paso a realizar la demostración de la ley de reflexión a partir del principio de Fermat usando el mismo procedimiento matemático que se usó en el marco teórico ([pág. 21](#)), donde se aplica el teorema de Pitágoras y el concepto de derivada, explicando paso por paso a las estudiantes.

Clase 7: Refracción- Introducción al concepto 1h 30 min

Con el fin de tener en cuenta las ideas previas de las estudiantes y su capacidad para argumentar temas que alguna vez han leído o escuchado, se inicia la sesión con preguntas orientadoras como: ¿La velocidad de la luz puede cambiar? Esto generó un diálogo con las estudiantes alrededor de cómo fue que se concluyó que la luz es constante y en qué condiciones es así, sin necesidad de ahondar en los procesos matemáticos.

La discusión previa permitió abordar el concepto de refracción como un fenómeno ondulatorio de la luz que depende del medio y que le dificulta el desplazamiento a través de él, trayendo a colación ejemplos de la astronomía como el “titilar” de las estrellas que se observa en el cielo nocturno debido a la perturbación de la atmósfera sobre la luz de esas estrellas.

Se explica la ley de Snell, y dado que se había demostrado la ley de la reflexión en la clase anterior, se procedió a realizar el mismo procedimiento para demostrar la ley de Snell como se muestra en la ([pág. 20](#)) del marco teórico y afianzar lo que las estudiantes ya habían aprendido en el repaso sobre los conceptos de teorema de Pitágoras y operar derivadas.

Clase 8: Invisibilidad y refracción 1h 30 min

Con el fin de clarificar el concepto de refracción y sus alcances en la cotidianidad, se realiza un experimento con dos vasos de cristal de diferente tamaño (que debían cumplir la condición de que uno pudiera meterse dentro del otro) y aceite de cocina.

El procedimiento consistía en que las estudiantes debían llenar un poco el vaso más grande con aceite, y luego sumergir el vaso más pequeño en donde posteriormente se agregaría aceite hasta rebosarlo, dando como resultado, la ilusión de que el vaso interior va desapareciendo a medida que se agrega el aceite en él.

Esta experiencia asombró bastante a las estudiantes porque creían que se trataba de algo mágico y no de una ilusión óptica. Con la pregunta orientadora de la experiencia: “¿Por qué desaparece el vaso interno?”, se lleva a cabo la explicación física de este experimento permitiendo traer a colación los adelantos tecnológicos en la comunidad científica usando el índice de refracción para el estudio de lo que se denominan los metamateriales, demostrando a las estudiantes que los fenómenos que se abordan en clase tienen utilidad real en la ciencia actual.



Figura 31. Experimento de invisibilidad. Imagen de referencia.
Tomada de: <https://www.teachersource.com/product/the-disappearing-beaker>

Clase 9: Formación de imágenes en Lentes (2h)

Se inicia esta sesión definiendo qué es un lente, y sus diferentes elementos como: distancia focal, centro de curvatura, foco, eje óptico. Para abordar las características de la imagen que forman los lentes se usó el simulador PhET Colorado, que permitía señalar las diferencias entre lente convergente y divergente, así como también evidenciar la imagen que se forma según la distancia del objeto al lente con las preguntas:

1. ¿Qué pasaría si el objeto se ubica lejos del lente?
2. ¿Qué pasaría si el objeto se ubica justamente en el foco del lente?
3. ¿Qué pasaría si el objeto se ubica entre el foco y el lente?

En este ejercicio de aproximación no se usó ninguna ecuación, puesto que la caracterización de las imágenes fue netamente cualitativa en términos de si la imagen que se formaba era invertida o derecha, de mayor o menor tamaño, de tipo real o virtual. En esta sesión las estudiantes lograron reconocer los lentes como un ejemplo del fenómeno ondulatorio de refracción, relacionando lo aprendido en la clase anterior y, además asociándolo a los lentes que debían usar para tratar problemas de visión particulares que tenían algunas de ellas.

Clase 10: Formación de imágenes en espejos esféricos (2h)

Se define qué es espejo esférico y los tipos de estos espejos, relacionando esto con ejemplos de la vida cotidiana como: una cuchara, un retrovisor, entre otros. Asimismo, para abordar las características de la imagen que forman los espejos esféricos se usó el simulador PhET Colorado, haciendo el mismo ejercicio de variar la distancia entre el objeto y el espejo cóncavo o convexo, con las preguntas que se usaron para la clase de lentes.

Clase 11: Física y fotografía - Introducción 2h

Se explica el funcionamiento de una cámara profesional y las diferentes partes que la componen, mostrando el recorrido que hace la luz desde que ingresa por el lente objetivo hasta llegar a nuestro ojo, aplicando lo visto en clases anteriores sobre reflexión, refracción y formación de imágenes.

Al abordar el lente objetivo de la cámara profesional llevada a la clase, cuyo comportamiento es el de un lente convergente, se habla del concepto de distancia focal haciendo énfasis en que guarda una relación inversa con el ángulo de visión, es decir a mayor distancia focal, menor ángulo de visión.

Haciendo uso de la cámara profesional y los teléfonos celulares de las estudiantes, se abordan los tres conceptos básicos que se deben tener en cuenta al momento de tomar una fotografía, y que se relacionan con las temáticas vistas en clase.

1. Diafragma y su relación con el número f , así como también con la apertura de diafragma y la profundidad de campo.
2. Velocidad de obturación
3. Sensibilidad ISO, uno de los conceptos que por su complejidad se le dedicó más tiempo y detalle, ya que primero se tuvo que hablar acerca de cómo funciona el sensor de una cámara profesional a través de fotodiodos, lo que implícitamente conllevaba hablar grosso modo del efecto fotoeléctrico, y luego de los datos aleatorios que se generan al momento de tomar una fotografía, para así comprender cuál es la función de eso que llamamos ISO. Finalmente, esto permitió hablar sobre la proporción Señal de Ruido

(SNR) y de cómo se podía calcular esto mismo, sin ahondar en procedimientos matemáticos.

Lo visto anteriormente, se condensó a través de lo que en fotografía se llama el “triángulo de exposición”, donde se pueden encontrar imágenes subexpuestas, expuestas o sobreexpuestas. Una vez las estudiantes tenían conocimiento de cómo controlar la cantidad de luz, se procedió a una etapa práctica, cuyo objetivo consistió en que las estudiantes lograran tomar fotografías variando estos parámetros desde sus teléfonos celulares y haciendo uso de la cámara profesional dispuesta en clase, para obtener imágenes subexpuestas y sobreexpuestas, familiarizándose más con el uso de las cámaras.



Figura 32. Triángulo de exposición en fotografía. Imagen de referencia tomada de: <https://www.dzoom.org.es/los-tres-elementos-que-afectan-a-la-exposicion-en-tus-fotos/>

Clase 12: Astrofotografía y evolución de la imagen 2h

Se inicia la sesión hablando de cómo la fotografía le sirve a la astronomía en términos de que le ha permitido a la comunidad científica observar detalles nunca antes vistos y que va más allá de la estética, en últimas, posibilita el avance de la astronomía. En ese orden de ideas, se realiza una breve descripción de los telescopios espaciales que existen actualmente y de cómo cada uno de ellos aportó al campo de la ciencia con las imágenes que lograban capturar en su viaje por el espacio.

En un segundo momento de la sesión, teniendo como punto de partida la cámara oscura abordada en clases anteriores, se realiza un ejercicio comparativo mostrando la imagen en la actualidad, ya no como un conjunto de puntos luminosos sino como un conjunto de números organizados de cierta manera que denominamos píxeles y que tienen un color asignado,

haciendo uso de Microsoft Excel y una página web que permitía extraer la matriz numérica de una imagen cualquiera.

De esta manera, se les asigna a las estudiantes un trabajo en donde cada una debía sacar la matriz numérica de una imagen que eligieran al azar y hacerle un tratamiento con Microsoft Excel a través de la función de formato condicional, para que esos valores cobraran un sentido visual al añadirle un tono a cada número, recreando nuevamente la imagen a blanco y negro. Por medio de esta actividad, las estudiantes dimensionaron la evolución del concepto de imagen a través de los años gracias a los avances tecnológicos.

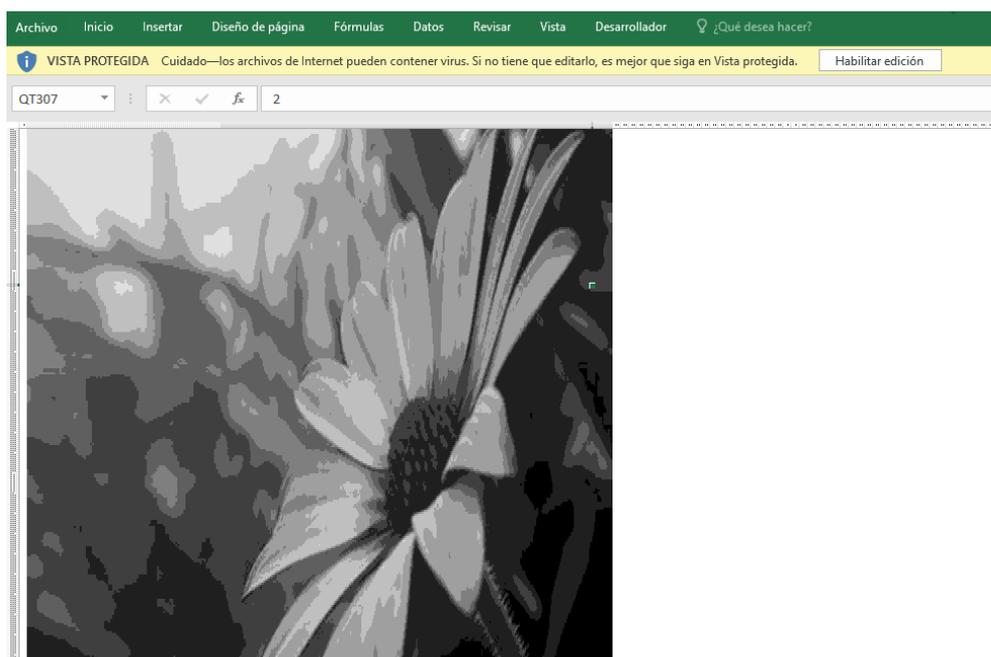


Figura 33. Evidencia de imagen recreada en Excel a partir de la matriz numérica. Realizada por la estudiante 11.

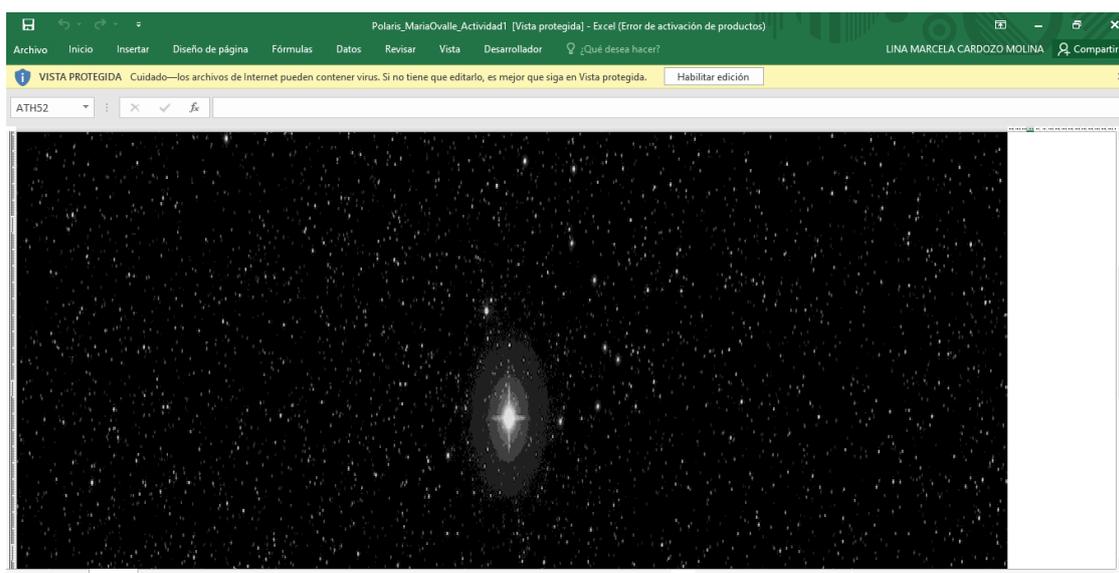


Figura 34. Evidencia de imagen recreada en Excel a partir de la matriz numérica. Realizada por la estudiante 8

Clase 13: Astrofotografía, introducción al procesamiento de imágenes (1h)

Con el objetivo de clarificar ideas alrededor de las imágenes astronómicas, se realiza un ejercicio final para que las estudiantes puedan entender de dónde salen las fotografías inspiradoras sobre estrellas, planetas, nebulosas, etc., que fácilmente lograban captar su atención. En ese sentido, las estudiantes organizadas por grupos de 3 personas obtienen imágenes reales de objetos astronómicos en diferentes filtros (RGB) sin ningún tipo de edición o procesamiento, a través de la plataforma dispuesta por el observatorio LCO, que consiste en una red de telescopios distribuidos en todo el mundo. Actualmente esta plataforma junto a la Unión Astronómica Internacional ofrece a la comunidad un programa denominado “1000 horas para 1000 escuelas” donde un profesor puede tener acceso a cierta cantidad de tiempo para solicitar que un telescopio tome fotografías de un objeto que se elija de acuerdo a las características que se requieran. Esto se enmarca en las iniciativas de astronomía ciudadana que se vienen desarrollando.

El siguiente paso, fue enseñar de manera remota (debido a las dinámicas y tiempos de la institución) el uso de un software de accesos libre llamado SIRIL que permitía hacer un procesamiento de imágenes astronómicas para convertir ese formato bicolor, y ruidoso, en una composición RGB que asemejaba las imágenes del espacio que se encuentran en internet.

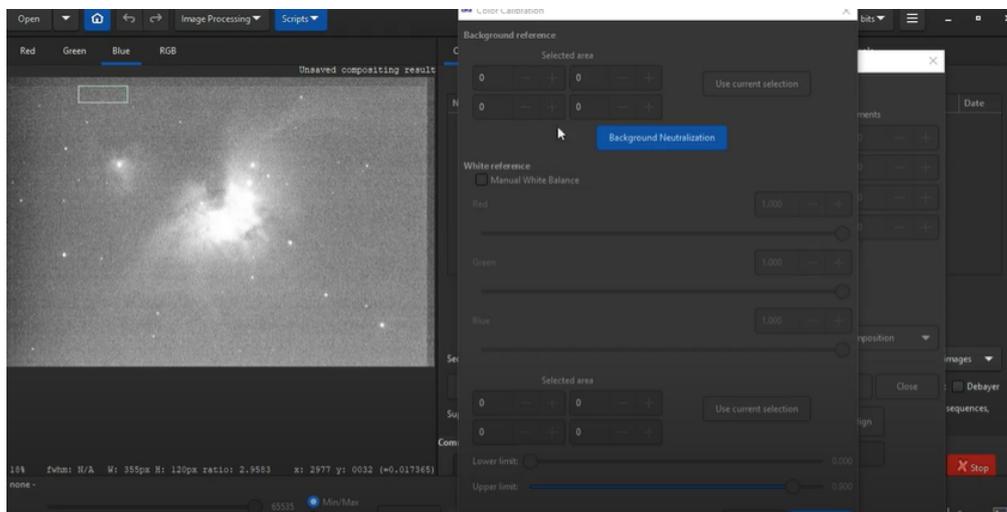


Figura 35. Pantallazo de Software Siril para procesamiento de imágenes astronómicas.

Las estudiantes realizaron un poster con las fotografías astronómicas que ellas mismas procesaron y allí mismo describieron su experiencia realizando el ejercicio.

Comparando las imágenes que obtuvieron las estudiantes con las imágenes astronómicas que se encuentran en internet, se puede observar que hay bastante ruido en ellas y hay detalles que no se resaltan tanto, no obstante, el ejercicio permitió tener un acercamiento al trabajo que realizan astrónomos y aficionados para obtener imágenes.

Fotografías astronómicas procesadas por las estudiantes

Grupo 1- Nebulosa trífida NGC 6514



Figura 36. Nebulosa Trífida NGC 6514. Imagen procesada por el grupo 1 de estudiantes. Semillero de astronomía ÍO. (2022). Procesada con software Siril 1.0.5

Grupo 2- Nebulosa Omega M17

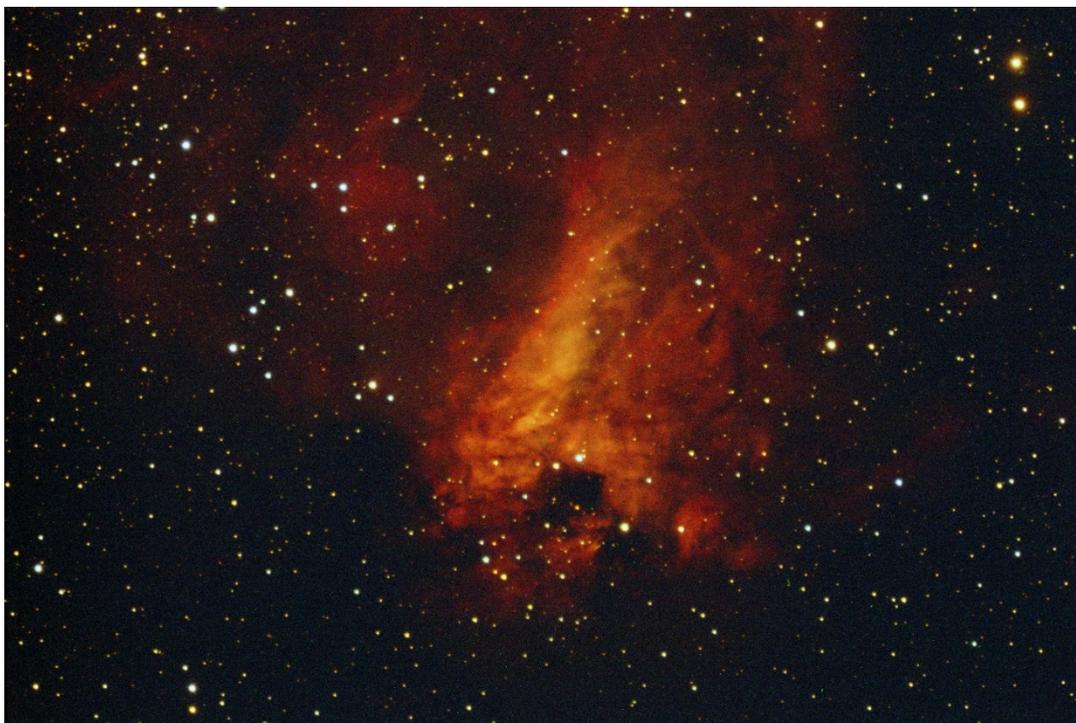


Figura 37. Nebulosa Omega M17. Imagen procesada por el grupo 2 de estudiantes. Semillero de astronomía ÍO. (2022). Procesada con software Siril 1.0.5

Grupo 3- Cúmulo globular M19



*Figura 38. Cúmulo globular M19. Imagen procesada por el grupo 3 de estudiantes. Semillero de astronomía ÍO. (2022).
Procesada con software Siril 1.0.5*

Grupo 4 – Galaxia M83



Figura 39. Galaxia M83. Imagen procesada por el grupo 4 de estudiantes. Semillero de astronomía ÍO. (2022). Procesada con software Siril 1.0.5

Las estudiantes describieron su sentir al respecto de las imágenes que ellas procesaron, demostrando asombro y una apropiación de la actividad, un factor que puede ser motivante en el estudio de las ciencias. Se muestran a continuación, algunas de sus opiniones textuales sobre la experiencia:



Clase 12: Repaso 2h

Para finalizar, se realiza un breve repaso de todas las temáticas vistas a lo largo del semestre, con el fin de afianzar lo aprendido e identificar posibles falencias, antes de aplicar el post-test. Se usó una herramienta lúdica para llevar a cabo el repaso. El juego se tituló “Charadas de óptica”, en donde se tenían dispuestas unas tarjetas con los nombres de los conceptos principales que se trabajaron a lo largo del semestre y que debían ser adivinados. Es decir, las estudiantes debían hacer dos grupos y elegir una persona por ronda que adivinara el concepto de acuerdo a la definición que le daban sus compañeras de equipo. Los puntos se sumaban de acuerdo a la cantidad de conceptos que adivinaran las participantes en 1 minuto. Una restricción fundamental en el juego consistía en no usar sinónimos, ni significados ajenos a los usados en clase; también estaba prohibido consultar apuntes escritos en los cuadernos. Al final el equipo ganador tendría un premio.

Conceptos usados para la dinámica de “Charadas”

Luz

Reflexión

Refracción

- | | | |
|--|---|---|
| <input type="checkbox"/> Principio de Fermat | <input type="checkbox"/> Imagen real | <input type="checkbox"/> Señal de ruido |
| <input type="checkbox"/> lente | <input type="checkbox"/> Distancia focal | <input type="checkbox"/> Hubble |
| <input type="checkbox"/> Espejo | <input type="checkbox"/> Diafragma | <input type="checkbox"/> James Webb |
| <input type="checkbox"/> Convergente | <input type="checkbox"/> Velocidad de | |
| <input type="checkbox"/> Divergente | obturación | |
| <input type="checkbox"/> Imagen virtual | <input type="checkbox"/> Sensibilidad ISO | |

Durante la sesión se notó en las estudiantes un sentimiento de competencia que las motivó a organizarse para elegir los roles y participar activamente, pues al ser un trabajo en equipo podían aprender unas de las otras.

Jornadas nocturnas complementarias

Se realizaron 3 jornadas nocturnas, en las que las estudiantes llevaban a sus padres o acudientes y amigos al colegio para realizar espacios culturales en torno a la astronomía y finalizar con observación por telescopios. En una de esas sesiones, ellas mismas tomaron la iniciativa de explicar el funcionamiento de los telescopios que se estaban usando a sus acompañantes, aplicando lo visto en clase. Poco a poco adquirieron la capacidad de reconocer algunas constelaciones y diferenciar planetas de estrellas a simple vista.

Como parte de la experiencia y el reconocimiento del ejercicio de observación astronómica, se realizó una salida extracurricularmente al Observatorio de la Universidad de los Andes, donde algunas de las niñas tuvieron la oportunidad no sólo de ver a Saturno y a Júpiter, sino también de conocer las dinámicas e instrumentos que se utilizan en un observatorio. Allí se tomaron algunas fotografías con cámara profesional y los celulares de ellas.



Figura 40. Evidencias fotográficas sesión nocturna complementaria. Observatorio Astronómico de la Universidad de los Andes. Bogotá (2022).



*Figura 41. Evidencia fotográfica sesión nocturna complementaria.
IED Colegio Femenino Mercedes Nariño. Bogotá (2022)*

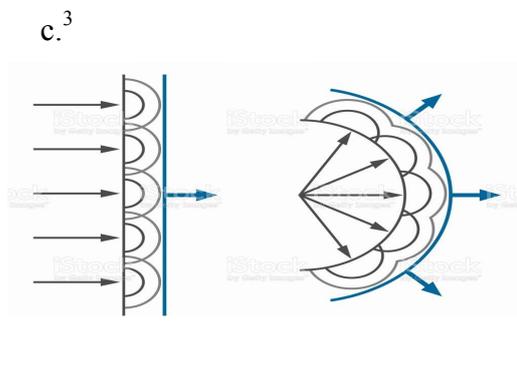
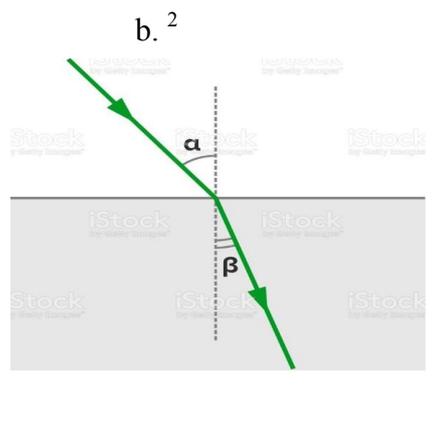
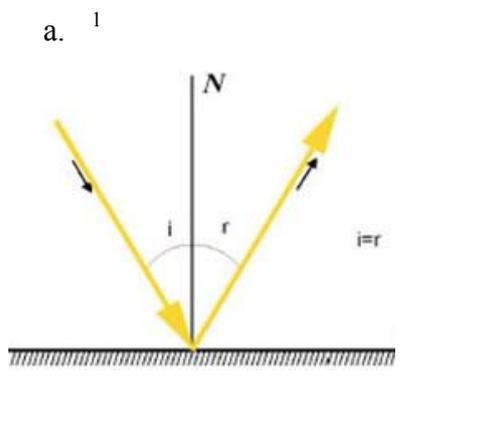
Anexo 2. Pre-test

Liceo Femenino Mercedes Nariño

Edad: _____ Curso: _____

Examen diagnóstico- óptica geométrica

1. Escribe el nombre del fenómeno según corresponda.



2. Cuando un rayo de luz pasa de un medio como el aire a otro medio como el agua, ¿qué es lo que no cambia?
- Velocidad de propagación
 - Frecuencia
 - Longitud de onda

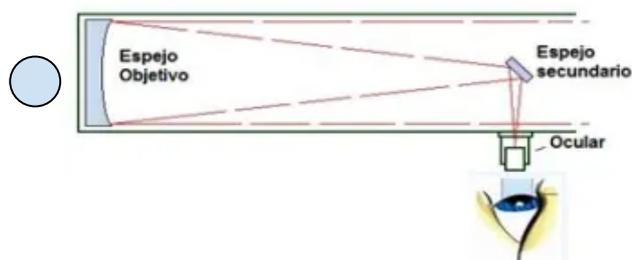
¹ Imagen tomada de: <https://definicionesyconceptos.com/leyes-de-reflexion-optica-fisica/>

² Imagen tomada de: https://www.freepik.es/vector-premium/refraccion-cambio-direccion-propagacion-onda_32320707.htm

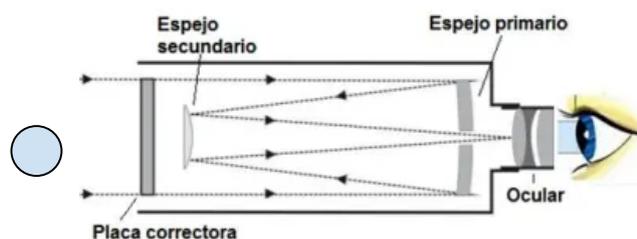
³ Imagen tomada de: <https://www.uv.es/jbosch/PDF/PrincipioHuygens.pdf>

3. Une con una línea las imágenes con los conceptos.

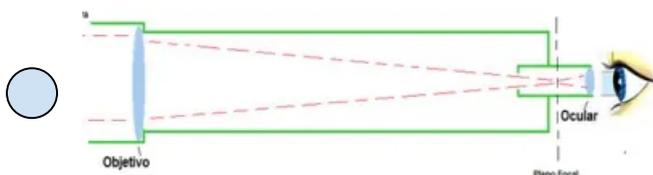
¹Telescopio refractor



²Telescopio Reflector



³Telescopio catadióptrico



4. ¿Qué comportamientos tiene la luz?
- Ondulatorio
 - Corpuscular
 - Ondulatorio y corpuscular
 - Rayos
5. ¿Qué pasa si la luz pasa a través de un prisma?
- Se refracta
 - Se difracta
 - Se polariza
 - No le pasa nada

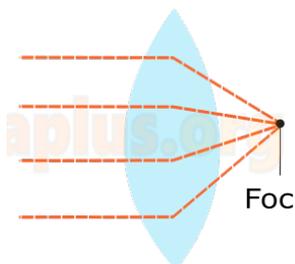
¹Imagen tomada de: <https://josevicentediaz.com/2014/09/03/tipos-de-telescopios/>

² Imagen tomada de: <https://josevicentediaz.com/2014/09/03/tipos-de-telescopios/>

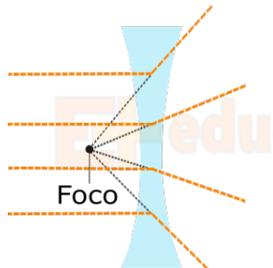
³ Imagen tomada de: <https://josevicentediaz.com/2014/09/03/tipos-de-telescopios/>

6. Selecciona la imagen que corresponda a una lente convergente.

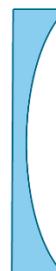
a. ¹



b. ²



c. ³



7. ¿Qué es la distancia focal de un telescopio?

- El tiempo que tarda en llegar la luz al telescopio
- La distancia que hay entre el lente objetivo y ocular.
- La distancia que hay entre el lente objetivo y un espejo primario.
- La distancia entre el tubo del telescopio y la montura que lo sostiene.

8. ¿Qué diferencias hay entre una imagen virtual y una imagen real?

9. ¿Qué significa magnitud en astronomía?

- Tamaño de un objeto.
- Visibilidad de un objeto.
- Aumento de un objeto.
- Brillo de un objeto.

10. ¿Qué sistemas de coordenadas en astronomía conoces?

- Coordenadas horizontales.
- Coordenadas ecuatoriales.
- Coordenadas geográficas.
- Ninguna de las anteriores.
- Todas las anteriores.

¹ Imagen tomada de: <https://educaplus.org/luz/lente2.html>

² Imagen tomada de: <https://educaplus.org/luz/lente2.html>

³ Imagen tomada de: <https://educaplus.org/luz/lente2.html>

Anexo 3. Post-test

Examen Final Semillero de Astronomía IO

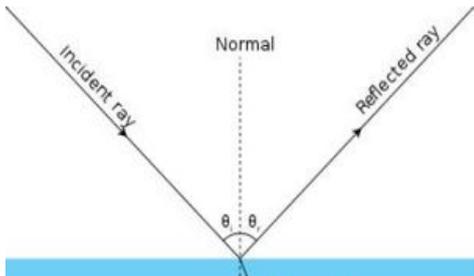
Colegio Liceo Femenino Mercedes Nariño

Nombre:

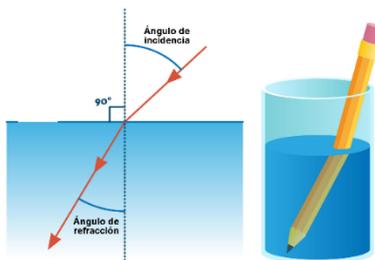
Curso:

Fecha:

1. Explique con sus palabras, ¿qué es reflexión en física? ¹²



2. Explique con sus palabras ¿Qué es refracción? ³



3. ¿Cómo usted explica la diferencia hay entre un lente convergente y un lente divergente? ⁴



¹ Imagen tomada de: <https://estudyando.com/reflexion-especular-definicion-y-ejemplos/>

² Imagen tomada de: https://es.wikipedia.org/wiki/Reflexi%C3%B3n_%28f%C3%ADsica%29

³ Imagen tomada de: <https://sp.depositphotos.com/vector-images/normal-angle.html>

⁴ Imagen tomada de: <http://www.educaplus.org/luz/lente1.html>

4. Mencione y describa brevemente: un ejemplo de un espejo cóncavo, y un ejemplo de espejo convexo, en la vida cotidiana.

5. ¿Qué es el espectro electromagnético?
- La clasificación de las diferentes ondas electromagnéticas según su frecuencia y longitud de onda.
 - Teoría física del universo
 - Una fuerza de la naturaleza
6. ¿Qué imagen se obtiene al situar un objeto en el foco de una lente convergente?
- Se forma una imagen virtual
 - Se forma una imagen real
 - No se forma imagen

7. La luz es una onda electromagnética que transporta energía.

- Verdadero Falso

8. ¿Cuáles son los 3 elementos del triángulo de exposición en fotografía?
- Velocidad de obturación, Sensibilidad ISO, Apertura de diafragma
 - Distancia focal, diámetro, objetivo
 - Profundidad de campo, Señal de ruido, movimiento

9. Bonus: (Esta pregunta es opcional y equivale el doble) ¿Cómo se aplica la física en la fotografía?
