

UNA APROXIMACIÓN EXPERIMENTAL AL ESTUDIO SOBRE EL FENÓMENO DE  
LA TRANSFORMACIÓN DE LA LUZ EN ELECTRICIDAD CON SUSTANCIAS  
FOTOSENSIBLES.

JUAN CAMILO JIMÉNEZ JIMÉNEZ

[jjimenezj@upn.edu.co](mailto:jjimenezj@upn.edu.co)

DIRECTORA: MARINA GARZÓN BARRIOS

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

ESPECIALIZACIÓN EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS PARA NIVEL BÁSICO

BOGOTÁ D.C.

2023

## *Dedicatoria*

*Con profundo agradecimiento y amor, dedico esta tesis a tres seres excepcionales que han sido mi fuente constante de apoyo e inspiración.*

*A mi amada mamá, Johanna Jiménez, cuyo sacrificio, sabiduría y amor incondicional han sido el faro que ha iluminado mi camino académico.*

*A mi valiente papá, Sebastián Mendoza, cuya fortaleza y ejemplo de perseverancia han sido un motor constante para superar desafíos.*

*A mi increíble novia, Sara Sierra, cuya paciencia, comprensión y aliento inquebrantable han sido mi roca en los momentos difíciles.*

*Este trabajo de investigación no solo refleja mi esfuerzo, sino también el fruto del apoyo inquebrantable de estos seres queridos que han creído en mí y han compartido este viaje conmigo. Su presencia en mi vida ha enriquecido este logro y esta dedicación es un modesto tributo a su impacto en mi camino académico.*

## *Agradecimientos*

*Con profundo agradecimiento, deseo expresar mi reconocimiento a la Dra. Marina Garzón Barrios, mi excepcional asesora de tesis, cuya guía experta y dedicación fueron fundamentales en la culminación de este proyecto académico.*

*De igual manera agradezco profundamente por tener el honor de contar con el apoyo y acompañamiento de la Dra. Liliana Tarazona, su invaluable compromiso han hecho de este largo viaje una experiencia de crecimiento personal.*

*Agradezco también a mis estudiantes de grado undécimo de la promoción 2023 del Liceo San Basilio Magno, quienes, con su entusiasmo y participación activa, contribuyeron significativamente al desarrollo de este trabajo. Sus perspicaces observaciones y compromiso con el aprendizaje fueron invaluableles.*

*Por último, pero no menos importante, mi eterno agradecimiento a mi querida madre, Johanna Jimenez, cuyo amor, apoyo incondicional y sabias palabras han sido el motor que me impulsa a alcanzar mis metas académicas.*

*Este logro no solo es mío, sino también de quienes han compartido su sabiduría y aliento en este viaje.*



## TABLA DE CONTENIDO.

Introducción.....	10
Justificación y planteamiento del problema .....	10
Pregunta de Investigación .....	15
Objetivos .....	16
Objetivos Generales:.....	16
Objetivos Específicos: .....	16
Antecedentes .....	19
Capítulo I. Fundamentación pedagógica para la estructuración de escenario de estudio del fenómeno de transformación en el aula.....	22
1.1 La perspectiva fenomenológica.....	25
1.2. La experimentación como herramienta para reducir la brecha entre el conocimiento común y el conocimiento científico .....	32
Capítulo II. Reconocimiento de fundamentos fenomenológicos de los cambios eléctricos de las sustancias al contacto con la luz desde una perspectiva histórica. ....	36
2.1 Sobre los inicios de las formas de medir los cambios eléctricos de una sustancia al contacto con la luz.....	37
2.2 Aportes al estudio de la luz y su transformación en electricidad entre el final del siglo XIX y siglo el XX .....	40
2.2.1 Las relaciones entre la luz y la electricidad. Heinrich Hertz. 1889 .....	40
2.2.2 Aportes de Philipp von Lenard en el estudio los efectos que se producen cuando la luz ultravioleta y la materia 1902.....	42
2.2.3 Una mirada al fenómeno de la luz y sus transformaciones, desde la mirada de Albert Einstein 1905 .....	44
2.3 Sobre el estudio del efecto de la luz en las sustancias de Edmond Becquerel desde las experiencias de Jérôme Fatet.....	45
2.4 El actinómetro .....	50
2.5 Producción y análisis de los efectos eléctricos en sustancias fotosensibles al ser iluminadas bajo diferentes frecuencias de luz.....	55

2.5.1 Memoria sobre el estudio del comportamiento de un fluido fluorescente cuando se le proyecta cierto tipo de luz. ....	57
2.5.2 Memoria sobre el estudio del comportamiento de una mezcla de nitrato de plata con agua, cuando se le proyecta cierto tipo de luz UV.....	64

**Capítulo III. Propuesta de aula para abordar el fenómeno de la transformación de la luz en electricidad, sobre el efecto de la luz UV en las sustancias .....68**

3.1 Propuesta de aula: Construcción de relaciones entre la luz y la electricidad para la comprensión del proceso de transformación.....	71
3.1.1 Actividad 1: Discusión y reflexión sobre las formas de convertir luz en electricidad .....	72
3.1.2 Actividad 2: Estudio del cambio eléctrico de una mezcla de sulfato de hierro en agua-alcohol cuando se le proyecta luz ultravioleta .....	74

**Capítulo IV. Caracterización y Análisis de las expresiones de los estudiantes en el desarrollo de las actividades para el estudio de la transformación de luz en electricidad. ....79**

4.1 Respuestas del grupo de estudiantes en la actividad 1. Discusión y reflexión sobre las formas de convertir luz en electricidad. ....	81
4.1.1 Análisis para los resultados de la actividad 1 .....	83
4.2 Respuestas del grupo de estudiantes en la actividad 2. Estudio del cambio eléctrico de una mezcla de sulfato de hierro en agua-alcohol cuando se le proyecta luz ultravioleta..	84
4.2.1 Análisis para los resultados de la actividad 2 .....	86

**Capítulo V. Conclusiones y reflexiones finales ..... 89**

**Bibliografía.....95**

## TABLA DE TABLAS

Tabla 1. Experimentos que estudiaban el comportamiento de la luz en el siglo XVIII. ....	38
Tabla 2. Descripción de los experimentos realizados por Edmond Becquerel. (Fatet J, 2015).....	48
Tabla 3. Resumen de las descripciones de los fluidos al ser proyectado con luces de diferentes frecuencias. ....	64
Tabla 4. mediciones de los cambios del voltaje de la mezcla de nitrato de plata al contacto con luces de diferentes frecuencias. ....	65
Tabla 5. Mediciones de los cambios de corriente de la mezcla de nitrato de plata al contacto con luces de diferentes frecuencias. ....	66
Tabla 6. Mediciones de los cambios de temperatura de la mezcla de nitrato de plata al contacto con luces de diferentes frecuencias.....	66
Tabla 7. Descripción de las actividades desarrolladas con la propuesta en el aula. ....	71
Tabla 8. Tabla para datos de medición de corriente sin luz UV.....	77
Tabla 9. Tabla para datos de medición de corriente con luz UV.....	77
Tabla 10. Expresiones de los estudiantes en el desarrollo de la actividad 1. ..	83
Tabla 11. Datos medidos y expresiones de los estudiantes en la actividad 2..	86

## TABLA DE IMÁGENES

Imagen 1. Dispositivo creado por pierre bouguer para estudiar la luz. ....	38
Imagen 2. Dispositivo creado por Benjamin Thomson para estudiar los efectos de la luz sobre cristales.....	38
Imagen 3. Datos de medición de corriente con el actinómetro replica de Jérôme Fatet. (Fatet J, 2015).....	49
Imagen 4: Esquema del actinómetro electroquímico de 1841. tomada de “les recherches d’edmond becquerel sur la nature de la lumière entre 1839 et 1843, histoire d’une interaction réussie entre science et photographie” (Fatet J, 2015). .....	51
Imagen 5. Imagen observada por la profesora P3 en su computadora al momento de realizar sus preguntas. ....	58
Imagen 6. Captura de la imagen observada por el profesor.....	59
Imagen 7. Fluido fluorescente proyectado con luz amarilla observado en las pantallas.....	60
Imagen 8. Observación del fluido fluorescente con perspectiva de la proyección de luz diferente. ....	60
Imagen 9. Fluido fluorescente en diferentes envases, plástico y vidrio. ....	61
Imagen 10. Observación del fluido fluorescente proyectado con luz blanca. .	62
Imagen 11. Observación del fluido fluorescente con proyección de luz roja.	62
Imagen 12. Observación del fluido fluorescente con proyección de luz azul.	63
Imagen 13. Observación del fluido fluorescente con proyección de luz ultravioleta.....	63



Imagen 14: Diseño experimental, aislamiento de una mezcla de sulfato de hierro con alcohol y agua conectada a una fuente de 5 voltios y un medidor de corriente, en una caja con fuente de luz UV. ....76

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo de investigación surgió de la necesidad de los profesores de ciencias para enseñar integralmente los fenómenos naturales, no solo transmitiendo conocimientos, sino fomentando habilidades críticas, inspirando a los estudiantes y guiándolos en su exploración científica, en específico a la exploración de los fenómenos asociados a la transformación de magnitudes, se propone desarrollar estrategias que permitan aproximar a los estudiantes a producir experiencias y explicaciones sobre el fenómeno de la transformación de luz en electricidad, de igual manera, se realiza una reflexión sobre las posibles maneras de abordar la enseñanza y comprensión que contribuyen a la formación científica escolar.

Para este trabajo es de suma importancia abordar el proceso de transformación de magnitudes, en específico sobre el efecto fotoeléctrico, centrándose en las relaciones que los estudiantes establecen respecto a cómo explican lo que observan, piensan y saben sobre los fenómenos de transformación. Entonces para la exploración sobre las formas en que los estudiantes comprenden, piensan y construyen conocimiento sobre el fenómeno de transformación de luz en corrientes eléctricas, se diseñó e implementó una propuesta de aula a partir de la experimentación, con actividades que fomentan espacios de reflexión y observación al efecto eléctrico que se produce cuando se proyecta luz ultravioleta sobre una sustancia fotosensible conectada a una pila y a un medidor de corriente.

Para estudiar la transformación de luz en electricidad, o efecto fotoeléctrico, se tuvieron en cuenta los principios desarrollados por el científico Edmond Becquerel (1820 -1891) en el siglo XIX sobre sustancias fotosensibles, además, se consideró importante revisar experiencias y contribuciones durante el siglo XX, estos trabajos inspiraron el ejercicio experimental en el aula.

## JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La enseñanza de las ciencias se ha limitado, en muchas situaciones, a enfocar las clases hacia la repetición de conceptos y contenidos teóricos, obteniendo como resultado la memorización con poca comprensión por parte de los estudiantes. Con esto no queremos decir que se deje

de enseñar el tratamiento de ecuaciones o de enfatizar conceptos necesarios para la comprensión del mundo físico; lo que se busca a través de esta propuesta en enseñanza de las ciencias es promover que los procesos de aprendizaje se acompañen de metodologías didácticas que vinculen contextos históricos, experimentales y conceptuales, obteniendo una comprensión de los fenómenos significativos para los estudiantes. Si lo que se desea es la construcción de conocimiento, los docentes debemos formarnos en la capacidad de reflexionar sobre la disciplina a enseñar.

Se reconoce que en las escuelas hay una carencia en la información disponible para los estudiantes sobre el fenómeno de la transformación de la luz en electricidad afectando directamente su comprensión. Es imperativo que los educadores diseñen entornos de aprendizaje que promuevan nuevas experiencias y permitan a los estudiantes establecer conexiones claras entre sus observaciones, lo que explican y el conocimiento existente sobre el fenómeno. Cuando se piensa en la enseñanza de los fenómenos de transformación en específico sobre la transformación de luz en electricidad en el aula escolar, la comunidad de docentes e investigadores de la enseñanza en ciencias, acuden al efecto fotoeléctrico, ateniéndose a la condición de que reproducir efectos sensibles desde este campo de explicación requiere arduos parámetros y elaborados conceptos ya establecidos sobre el fenómeno. La propuesta le apuesta al estudio del fenómeno mencionado, desde las experiencias de Becquerel, que al ser más notables y sencillas de reproducir, pueden aproximar las formas de conocer el fenómeno con los estudiantes, analizando cuales son los cambios eléctricos que presentan sustancias fotosensibles cuando son proyectadas con luz ultra violeta.

Persiste una brecha entre las formas en que la ciencia explica los fenómenos involucrados en los procesos de transformación de magnitudes o convertibilidad y cómo esos conocimientos llegan a los estudiantes, complejizando su comprensión. Por ejemplo, habitualmente se reconoce el efecto fotoeléctrico principalmente al través del trabajo de Albert Einstein (1879-1955), un poco menos a través de los trabajos de Philipp von Lenard (1862-1947) y Heinrich Hertz (1857 -1894); sobre los efectos en los tubos de rayos catódicos, Einstein y Lenard ganaron premios nobel en 1905 por realizar estos estudios, sin embargo, sus explicaciones

requieren una aproximación que se basa en consideraciones teóricas que requieren para su comprensión haber tenido ya una formación en la explicación de otra clase de fenómenos electromagnéticos porque ellos muestran explicaciones sobre la naturaleza de la luz que fue un problema central de principios del siglo XX, permitiendo entender el efecto fotoeléctrico como una causa de los efectos de la luz sobre la materia.

A pesar de esta complejidad, es necesario superar la idea errónea, cada vez más común en la escuela, al respecto de que no es necesario que los estudiantes accedan a este tipo de información por lo compleja que puede llegar a ser la explicación científica a ciertos fenómenos. Es esencial que la educación científica escolar aborde estos temas y haga accesible el conocimiento científico, en lugar de evitarlo debido a su dificultad.

En esta investigación se asume la hipótesis de que la actividad experimental reduce la brecha entre estos tipos de conocimiento, y fomenta la idea de la generación de espacios que promuevan el análisis de fenómenos naturales (en específico sobre el efecto que produce la luz en sustancias fotosensibles); esto se asume por el impacto directo que tienen las experiencias en los estudiantes, participando en los procesos de observación a efectos sensibles para la comprensión de los fenómenos.

Por esto consideramos que el trabajo experimental de Edmond Becquerel sobre sustancias fotosensibles ayuda a hacer un acercamiento al fenómeno por el tipo de trabajo más descriptivo, además, porque permite reproducir y evidenciar en el aula las situaciones y efectos para la comprensión del fenómeno de la transformación de la luz en electricidad a partir de las reacciones eléctricas que se presentan en sustancias cuando están en presencia de la luz.

De este modo, nos apoyamos en el análisis histórico-crítico que sirve de base para construir una metodología educativa que genere relatos y experiencias, favoreciendo la enseñanza y la comprensión de la transformación de la luz en electricidad. Por eso se seleccionaron los estudios de los científicos Edmond Becquerel (1820), Philipp von Lenard (1862) y Albert Einstein (1879).

Este tipo de contribución científica permitió a los individuos aumentar la comprensión de la relación de la luz con la electricidad, en concreto la del sol, fomentando dinámicas para favorecer la supervivencia del ser humano en la tierra. Cada día los humanos tenemos la suerte de sentir la energía del sol, que, a 150 millones de kilómetros, nos da la oportunidad de disfrutar de su luz y calor, estos beneficios impactan igual al planeta tierra, generando provecho en las plantas, que absorben esta energía y la utiliza para producir elementos en la naturaleza.

La indagación sobre cómo los conocimientos sobre la transformación de luz solar en electricidad pueden contribuir a que los estudiantes adquieran conocimientos prácticos para la obtención de energía eléctrica mediante fuentes renovables, parte de los grandes problemas globales de las sociedades contemporáneas y que deberán resolverse en corto tiempo.

Entre las tecnologías relevantes para este campo de estudio están las fotoceldas, foto resistencias, métodos de captación de la luz, vitales para satisfacer las necesidades energéticas de la humanidad, entre otros. Ejemplos notables de la aplicación de estas tecnologías se encuentran en Chile y en La Guajira, donde se aprovecha la energía solar en zonas desérticas para convertirla en electricidad.

Este enfoque subraya la importancia de fomentar en las aulas un entendimiento profundo de tales fenómenos, acercando a los jóvenes a las aplicaciones prácticas de la ciencia. Así, en este trabajo hay un compromiso por construir una propuesta didáctica para la enseñanza del fenómeno de la transformación de luz en electricidad a través de sustancias fotosensibles cuya implementación involucre los conocimientos de los estudiantes.

La propuesta consideró crear dos secuencias de actividades, una primera secuencia fue implementada con un grupo de seis docentes en formación del programa de Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional, y sirvió de base para el desarrollo de una segunda secuencia que fue proyectada para trabajar con un grupo de 8 estudiantes de grado undécimo de la institución Liceo San Basilio Magno en Bogotá. El trabajo de investigación fue implementado en este colegio puesto que para el momento de la implementación era el lugar donde me encontraba trabajando como docente, dictando clases en las asignaturas de

física para todo bachillerato. La intención del trabajo con los docentes era intercambiar ideas y conocimientos sobre actividades experimentales y explorar la interacción entre luz y electricidad en determinadas sustancias, así como su papel en la construcción del conocimiento científico, esto enriqueció la comprensión del fenómeno y contribuyó al desarrollo de conceptos y prácticas experimentales esenciales para introducir en el aula escolar el fenómeno de la conversión de la luz en electricidad. Por lo que, se rediseñaron las actividades para construir la segunda secuencia, donde se reprodujeron experiencias para que los estudiantes evidenciaran los efectos que ocurren cuando se exponen diversas sustancias a la luz ultravioleta. En particular, se estudia el uso de una mezcla de sulfato de hierro con alcohol-agua y sulfato de plata con alcohol-agua como sustancias reactivas a la luz para modificar su estado eléctrico.

Consideramos que propuestas de este estilo pueden contribuir a la adaptación de los modelos educativos a las cambiantes necesidades y realidades sociales para disminuir la brecha entre el conocimiento científico y los conocimientos comunes, que en la era moderna se amplía cada vez más. La velocidad de la información, la globalización y las demandas de un mercado laboral en constante evolución exigen un replanteamiento urgente de cómo se reconstruyen los conocimientos para cuestionar y comprender los fenómenos naturales.

Para el escenario de aprendizaje propuesto, se buscó que la relación entre profesor y estudiante debe estar encaminada hacia una ruta que favorezca los procesos de construcción de conocimiento, asumida desde las habilidades y capacidades de los estudiantes, dejando de lado los prejuicios que el mismo profesor tiene para experimentos científicos. Se destaca la importancia de los procesos experimentales en el aula facilitando así la construcción de conocimiento científico.

De ahí, la búsqueda de elementos e ideas que propicien una reflexión sobre cómo los estudiantes entienden y aprovechan el fenómeno de producción de la electricidad, partiendo de la interacción de la luz con diversas sustancias.

## PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

A partir de la idea de la estructuración de escenarios que promuevan la construcción del conocimiento científico y la actividad experimental, en específico sobre el fenómeno de la transformación de luz en electricidad y sus relaciones, se plantea la siguiente pregunta:

*¿Cuáles son las expresiones que los estudiantes de grado undécimo despliegan en situaciones experimentales configuradas sobre el estudio de la transformación de la luz en electricidad a través de sustancias fotosensibles?*

La pregunta de investigación permitió en este estudio realizar un análisis a las formas de explicación que presentan los estudiantes de grado once en relación con situaciones experimentales derivadas del análisis de la transformación de la luz en electricidad mediante sustancias fotosensibles. Dada la complejidad de este fenómeno y su importancia en diversos contextos científicos y tecnológicos, resulta crucial explorar cómo los estudiantes abordan experimental y conceptualmente los efectos que produce la luz ultravioleta en una mezcla de sulfato de hierro con alcohol y agua. Esta investigación se propone indagar en las concepciones, razonamientos y argumentaciones que los estudiantes despliegan al enfrentarse a experimentos que involucran la interacción entre la luz y sustancias fotosensibles, con el objetivo de ofrecer procesos de construcción de conocimientos significativos en los alumnos y también para la mejora de la enseñanza de conceptos fundamentales en física.

Los objetivos de esta investigación son múltiples y se estructuran en torno a la comprensión profunda de las formas de explicación de los estudiantes en el contexto mencionado. En primer lugar, se busca identificar patrones recurrentes en las respuestas de los estudiantes, destacando las conceptualizaciones más comunes y las posibles lagunas en su comprensión. Además, se pretende evaluar la influencia de variables contextuales, como el tipo de sustancias fotosensibles utilizadas o el diseño experimental, en las explicaciones de los participantes. Con un enfoque cualitativo, se aspira a generar conocimientos valiosos sobre las comprensiones de estudiantes de grado once, que contribuyan a optimizar estrategias didácticas y a promover un aprendizaje más significativo en física.

## OBJETIVOS

### OBJETIVOS GENERALES:

- Analizar las formas de expresión de los estudiantes de grado once del Liceo San Basilio Magno de Bogotá, durante el desarrollo de la propuesta de aula sobre estudio de la transformación de luz en electricidad para identificar su comprensión.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Hacer una reconstrucción histórico-crítica sobre los fenómenos involucrados en el estudio de la interacción entre la luz y electricidad.
- Diseñar actividades experimentales sobre los efectos eléctricos de la luz en las sustancias fotosensibles teniendo referencia elementos de la reconstrucción histórico-crítica.
- Hacer una prueba piloto de las actividades experimentales con docentes en formación para que sean discutidas y se deriven recomendaciones.
- Implementar una propuesta de aula sobre la transformación de la luz en electricidad, que reúna las recomendaciones de los docentes, y permita identificar las expresiones de los estudiantes de grado once del Liceo San Basilio Magno de Bogotá.

El presente trabajo se divide en cinco capítulos:

**El capítulo 1: “Fundamentación pedagógica para la estructuración de escenarios en el aula”**, en esta sección se aborda la necesidad del ser humano de organizar fenómenos naturales a través de su sensibilidad. Se destaca la relación entre teoría y experimentación en la actividad de la enseñanza científica, proponiendo una visión donde la experimentación tiene un papel independiente. Se subraya la importancia de reconocer las prácticas experimentales en la construcción del conocimiento y se aborda la complejidad de la argumentación y conocimiento asociados a la experimentación. Se enfatiza en la construcción e implementación de perspectivas pedagógicas a través de la interacción. La práctica científica en el aula busca construir representaciones fenomenológicas a partir de historia, teoría y experimentación, fomentando la organización de magnitudes y la generación de conocimiento científico. Se hace hincapié en la importancia del "acto



experimental" y la necesidad de un programa y actividades de apoyo. La construcción de magnitudes se ilustra mediante la experimentación de la transformación de luz en corriente eléctrica, promoviendo la asociación de conceptos y la generación de un lenguaje científico. La argumentación se presenta como herramienta clave para evaluar el aprendizaje, permitiendo estudiar la estructura de las explicaciones y su papel en la evidencia del conocimiento construido.

En el **capítulo 2 “Reconocimiento de fundamentos fenomenológicos de los cambios eléctricos de las sustancias al contacto con la luz desde una perspectiva histórica”**, se realizó un estudio histórico de las reacciones eléctricas generadas por la luz en sustancias, a fines del siglo XIX y contribuyendo al desarrollo tecnológico del siglo XX. Se destaca las aportaciones de diferentes autores, se centra en gran medida en la investigación de Becquerel sobre la transformación de luz en electricidad, resaltando su influencia en la fotografía y la electroquímica, incluida la invención del actinómetro electroquímico. Se cierra el capítulo con los resultados de una propuesta de aula que se desarrolló en un encuentro realizado con docentes en formación en física de la Universidad Pedagógica Nacional; con ellos se estudiaron y midieron los efectos eléctricos que se producen en una sustancia fotosensible (nitrato de plata en agua) cuando se le proyectan luces de diferentes colores (Luz blanca, luz roja, Luz azul y luz ultravioleta).

El **capítulo 3, “Propuesta de aula para abordar el fenómeno de la transformación de la luz en electricidad, sobre el efecto de la luz UV en las sustancias”**, se describe la planificación de actividades experimentales centradas en la transformación de luz en electricidad, apoyándose en marcos conceptuales sólidos y validación experimental. La propuesta diseñada para explorar cambios eléctricos de sustancias bajo luz ultravioleta, la propuesta se probó con docentes, antes de implementarse en el Liceo San Basilio Magno en Bogotá. El objetivo de este capítulo se centra en reflejar como se hizo para acercar a los estudiantes al fenómeno de transformación de luz en electricidad utilizando una mezcla de sulfato de hierro con alcohol y agua. La configuración de actividades se basa en marcos conceptuales respaldados por investigación experimental, asegurando su eficacia en generar discusiones y análisis significativos con los estudiantes.

El **capítulo 4**, “**Caracterización y Análisis de las expresiones de los estudiantes en el desarrollo de las actividades para el estudio de la transformación de luz en electricidad.**”, Esta sección examina la experiencia en el aula sobre la transformación de luz en electricidad, enfocándose en las explicaciones de ocho estudiantes de grado once. El análisis detallado de estas explicaciones es esencial para comprender y mejorar la construcción de conocimiento. Identificar patrones y concepciones previas permite adaptar la enseñanza, abordar lagunas y personalizar intervenciones. Este enfoque centrado en el estudiante promueve un aprendizaje activo y participativo, facilitando un proceso más efectivo de construcción de conocimiento. La propuesta se implementó en el laboratorio, y las explicaciones estudiantiles proporcionan una valiosa evaluación para mejorar la enseñanza en ciencias naturales.

En el **capítulo 5**, se formularon **las conclusiones y reflexiones finales** significativas que arrojan luz sobre los aspectos clave de la interacción entre la luz y la electricidad. Además, hemos reflexionado sobre la aplicabilidad de estos hallazgos en el entorno educativo, destacando la importancia de abordar este fenómeno en el aula para enriquecer la experiencia de aprendizaje de los estudiantes. Estas conclusiones y reflexiones finales no solo consolidan los conocimientos adquiridos, sino que también señalan caminos prometedores para futuras investigaciones y prácticas educativas en el campo de la física y la enseñanza de las ciencias.

## ANTECEDENTES

En este trabajo de investigación, se usaron diversos referentes metodológicos y teóricos para enriquecer el análisis y comprensión de la temática abordada. Se integran elementos metodológicos y de estudio de situaciones como las características de la luz y sus efectos eléctricos en la sustancia, esta revisión permitió estudiar desde la historia y la experimentación el fenómeno de estudio. A continuación, se presentan y justifican los aportes de cada uno de los referentes seleccionados:

- **"Análisis de la luz a partir de su interacción eléctrica: una propuesta experimental para generar conocimientos sobre el efecto fotoeléctrico" por Luisa Yineth García Maldonado (García L, 2023):** Este trabajo proporciona una valiosa propuesta experimental que se centra en la interacción eléctrica de la luz, específicamente abordando el efecto fotoeléctrico. La inclusión de este referente metodológico en mi investigación permite profundizar en el análisis histórico-crítico para la enseñanza de la física. En este trabajo, se realiza un estudio histórico de los trabajos de científicos como Edmond Becquerel y Heinrich Hertz para identificar las interacciones eléctricas de la luz y el efecto fotoeléctrico. Además, se propone una secuencia de enseñanza y actividades experimentales para que los estudiantes puedan construir su conocimiento sobre estos fenómenos. Esta investigación aportó un análisis histórico-crítico para la enseñanza de la física, el trabajo se convierte en una contribución importante para mejorar las estrategias de enseñanza y la propuesta de actividades experimentales permite a los estudiantes participar activamente en la construcción de su conocimiento sobre estos fenómenos.
- **"Fuentes luminosas, características y clasificación: una estrategia para acercar a los estudiantes a algunos fenómenos de la emisión de luz" por Yeferson Andrés Moreno Quiñones (Moreno Y, 2018):** La obra de Moreno Quiñones proporciona una estrategia experimental que busca acercar a los estudiantes a fenómenos relacionados con la emisión de luz. La inclusión de este referente teórico en mi investigación se justifica por su capacidad para enriquecer la comprensión de las fuentes luminosas, sus características y clasificación, ofreciendo así un marco conceptual sólido que

respalda la fundamentación teórica de mi trabajo. En este trabajo de grado, se propone el desarrollo de actividades experimentales centradas en el estudio de las características de algunas fuentes de luz y su clasificación. Estas actividades no se conciben únicamente como herramientas para comprobar teorías, sino como medios para estimular diferentes habilidades de pensamiento o habilidades cognitivas en los estudiantes. Además, se plantea una actividad experimental que busca cuestionar lo que el estudiante comprende de un fenómeno determinado y así poder ampliar sus comprensiones a medida que se estudia. Este enfoque busca fomentar la interacción de los estudiantes con diferentes fenómenos de forma controlada, permitiéndoles generar marcos explicativos cada vez más elaborados. Este proyecto enriquece la estrategia experimental pues la propuesta de Moreno Quiñones ofrece un marco conceptual sólido relacionado con la emisión de luz en sustancias, relacionándolo con la actividad experimental donde cuestiona la comprensión previa de los estudiantes sobre un fenómeno específico y busca ampliar sus conocimientos, esto fomenta el pensamiento crítico al desafiar las percepciones existentes y alentar la construcción activa del conocimiento, lo cual es esencial en la investigación científica.

- **"Les recherches d'Edmond Becquerel sur la nature de la lumière entre 1839 et 1843, histoire d'une interaction réussie entre science et photographie" por Jérôme Fatet (Fatet J, 2015):** La investigación de Fatet sobre las contribuciones de Edmond Becquerel a la comprensión de la naturaleza de la luz entre 1839 y 1843 ofrece una perspectiva histórica valiosa. La inclusión de este referente teórico en mi trabajo proporciona un contexto histórico relevante, mostrando la evolución del conocimiento sobre la luz y su relación con la fotografía. Esto contribuye a situar mi investigación en un marco histórico que enriquece la comprensión del desarrollo del campo de estudio, pues la investigación de Fatet proporciona un valioso contexto histórico que sitúa el estudio en una línea temporal más amplia, al comprender cómo la comprensión de la naturaleza de la luz ha evolucionado a lo largo del tiempo, esto permite apreciar mejor el progreso y la importancia de los descubrimientos relacionados con los efectos eléctricos de la luz en sustancias fotosensibles. De este trabajo se obtienen las contribuciones de Edmond Becquerel, pues han impactado en

la comprensión histórica de la luz, el trabajo se beneficia al ofrecer una visión más completa del desarrollo del campo de estudio, esto puede ser especialmente relevante al explorar cómo ciertos conceptos o descubrimientos han sentado las bases para investigaciones posteriores en el ámbito de los efectos eléctricos de la luz en sustancias fotosensibles.

Estos referentes metodológicos y teóricos se seleccionaron estratégicamente para dar un fundamento sólido a mi investigación que combina enfoques experimentales, estrategias educativas y una perspectiva histórica para abordar la temática relacionada con la luz y sus interacciones eléctricas en las sustancias fotosensibles.

## CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN PEDAGÓGICA PARA LA ESTRUCTURACIÓN DE ESCENARIO DE ESTUDIO DEL FENÓMENO DE TRANSFORMACIÓN EN EL AULA

La propuesta de investigación resalta la importancia de contar con referentes pedagógicos en los procesos de construcción de conocimiento de los fenómenos naturales, es fundamental para guiar y enriquecer la experiencia educativa. Estos referentes orientan la planificación y ejecución de estrategias pedagógicas. Al contar con modelos pedagógicos como constructivismo, enseñanza para la comprensión, se concibe que los educadores tienen la capacidad de adaptarse a las necesidades y estilos de aprendizaje de los estudiantes, promoviendo un ambiente de enseñanza más significativo y enriquecedor. Tanto el constructivismo como la enseñanza para la comprensión ponen énfasis en el aprendizaje activo y en la construcción del conocimiento por parte del estudiante. Estos enfoques reconocen que los estudiantes tienen sus propias experiencias, ideas previas y formas únicas de procesar la información. Al adaptarse a las necesidades y conocimientos de los estudiantes, se logra un enfoque más centrado en el estudiante, lo que facilita un aprendizaje más significativo. Ambos modelos fomentan el aprendizaje contextualizado, donde los conceptos y habilidades se enseñan en el contexto de situaciones o problemas del mundo real. Esto ayuda a los estudiantes a ver la relevancia y aplicabilidad de los conceptos científicos, lo que puede aumentar su motivación y comprensión. Este trabajo de investigación promueve el desarrollo del pensamiento crítico al desafiar a los estudiantes a cuestionar, analizar y reflexionar sobre la información.

También, los referentes pedagógicos de constructivismo y enseñanza para la comprensión sirven como herramientas para analizar y evaluar los resultados de los procesos de construcción de conocimiento; facilitan la identificación de enfoques exitosos, permitiendo a los educadores ajustar y mejorar continuamente sus prácticas. Estos referentes fomentan la reflexión y la investigación en el ámbito pedagógico, contribuyendo al desarrollo y evolución constante de las estrategias educativas. Estos proporcionan un marco estructurado para la enseñanza y asegura una base para la innovación y mejora continua en la construcción de conocimiento, creando un entorno educativo que favorece el razonamiento científico y la comprensión de los fenómenos, acorde a los objetivos de aprendizaje.

¿Por qué hablar lenguaje, experiencia y conocimiento en la fundamentación pedagógica?

Hablar de lenguaje, experiencia y conocimiento es esencial en la construcción del conocimiento científico por varias razones fundamentales. En primer lugar, el lenguaje actúa como el medio a través del cual compartimos y expresamos nuestras experiencias. La ciencia, como empresa colectiva, depende de la comunicación efectiva entre científicos, y el lenguaje proporciona la herramienta para describir, analizar y compartir observaciones y resultados experimentales (Arcà & Guidoni., 1990).

La experiencia es la base sobre la cual se erige el conocimiento científico. Los científicos, al interactuar con el mundo natural a través de experimentos y observaciones, construyen su comprensión y teorías. La experiencia brinda el componente práctico y tangible que respalda y valida las afirmaciones científicas. Además, la experiencia permite a los científicos formular preguntas fundamentales, explorar fenómenos y, en última instancia, desarrollar nuevas teorías que amplíen nuestro entendimiento del universo.

El conocimiento se construye según las experiencias vivenciadas, se interpretan y articulan a través del lenguaje; la capacidad conocer científicamente y de interpretar los fenómenos no va a depender solamente de conceptos y teorías coherentes, es esencial establecer relaciones entre lo que se observa, se conoce y se explica. Así, el lenguaje no solo sirve como un medio de comunicación, sino como una herramienta intrínseca para la conceptualización y formalización del pensamiento científico (Arcà & Guidoni., 1990).

Hablar de lenguaje, experiencia y conocimiento en el contexto de la construcción del conocimiento científico se justifica porque el lenguaje facilita la comunicación, la experiencia proporciona la base empírica y el conocimiento surge cuando estas dos dimensiones se entrelazan de manera coherente. La interconexión de estos elementos es fundamental para el progreso continuo de la empresa científica y para nuestra comprensión en constante evolución del mundo que nos rodea. (Arcà & Guidoni., 1990)

Sobre el lenguaje y la experiencia en el aula, es necesario que la comunicación se de en forma de reflexión y discusión por parte de todos los integrantes del grupo, procurando siempre

plantear cuestiones abiertas que posiblemente no sean solucionadas en el momento pero fortalecen los procesos de construcción de conocimiento científico en ese ejercicio del estudio de un fenómeno y la comunicación entre pares, permitiendo que sea posible abordar estas cuestiones en sesiones posteriores con la intención de fomentar en los estudiantes que investiguen y obtenga un avance significativo en el dominio del tema. Se rescata la importancia de introducir al estudiante al lenguaje desconocido de formas sutiles, haciendo un tipo de prescripción de cómo debería decirse o escribirse ciertos términos y en qué momentos se podrían usar todo esto con el fin de promover en el estudiante el “reconocimiento” de términos como lo podrían ser sustantivos o adjetivos. (Arcà & Guidoni., 1990)

En este proceso el docente encargado no puede fijar su atención en calificar si los nuevos términos que aprende el estudiante están bien o mal, tanto como se escriben o como se aplican en el habla, al contrario, el maestro debe tener claro que los términos que está atrayendo a sus estudiantes están alejados de sus vidas y no hacen parte de lo común entre los estudiantes, por lo que en primera instancia no llamaran su atención.

“No se trata de que lo diga bien o mal, sino que el problema radica en que la temática es algo tan lejano a sus intereses como lo sería para una persona que tiene que explicar el dolor por el asesinato de un presidente al referirse a la división de poderes que establece la constitución. Por otra parte, es preciso que la exposición de dicha temática permanezca lo más estrechamente asociada la naturaleza del lenguaje en uso, a su probable origen y a las funciones que desempeña” (Bruner, 1984)

Así, cuando se pretende identificar y agrupar los razonamientos más frecuentes generados en la práctica experimental, no se debe caer en la trampa de calificar o juzgar las expresiones apresuradamente, en cambio se propone recolectar los argumentos o explicaciones más comunes, y luego, promover en el estudiante la capacidad de ser consiente y responsable de la propia construcción de conocimiento. Al formular el escenario de aprendizaje en el aula se deben hacer en forma de los términos y experiencias que posee el estudiante, para así incentivar un modo consiente de comprensión intuitiva de tal forma que los modos de hablar



y escribir de los estudiantes se vean alterados a partir del ejercicio de la reflexión. Al generar un espacio de comunicación enfocada en la discusión se pretende que cada aparato en el sistema comunicativo como lo es el emisor, el receptor y el canal sean más sensibles y a la vez dinámicos, fomentando la participación activa de cada participante. En el momento en el que el estudiante se enfrenta al ejercicio de dar explicación, y el cual no conoce ni utiliza los términos que se necesitan para tal explicación está dando inicio a la transformación de su lenguaje.

La importancia de contar con referentes pedagógicos, como el constructivismo y la enseñanza para la comprensión, en los procesos de construcción de conocimiento de los fenómenos naturales de transformación de magnitudes ha quedado establecida. Estos modelos no solo promueven un enfoque centrado en el estudiante y el aprendizaje activo, sino que también fomentan la adaptabilidad a las necesidades individuales y estilos de aprendizaje, creando así un ambiente educativo más significativo y enriquecedor. Además, estos referentes pedagógicos sirven como herramientas para analizar y evaluar los resultados de los procesos de construcción de conocimiento, facilitando la identificación de enfoques exitosos y contribuyendo al desarrollo constante de estrategias educativas. En el siguiente capítulo se aborda la perspectiva fenomenológica en los procesos de transformación.

## 1.1 LA PERSPECTIVA FENOMENOLÓGICA

El ser humano se ha visto en la necesidad de organizar los fenómenos naturales debido a la sensibilidad que posee, entendiendo la sensibilidad como la capacidad del hombre al dejarse afectar por situaciones o efectos producidos en la naturaleza; la organización de preguntas en torno a los efectos que nos afectan permiten obtener concepciones o comprensiones que al desarrollarlas van generando conocimiento científico, de los cambios en su forma de pensar y de ver el mundo.

El desarrollo del estudio de los fenómenos naturales ha permitido construir una relación con la interacción entre la teoría y la experimentación en la actividad científica. Se destaca la importancia de reevaluar la concepción tradicional en la que la experimentación era considerada subsidiaria de la teoría (García A. & Estany, 2010), se propone una nueva visión

en la que la experimentación tiene un papel independiente o en equilibrio con la teoría. Esta propuesta reconoce la necesidad de discutir y analizar los problemas filosóficos y promover una nueva imagen de la ciencia en el aula, centrándose en las prácticas experimentales, la visualización de efectos, la interacción humana y otros factores que inciden en la dinámica interna de la ciencia. Se discute la importancia de reconocer la validez de las prácticas experimentales en la construcción del conocimiento sobre los procesos de transformación de magnitudes. (García A. & Estany, 2010)

En la comprensión del fenómeno de transformación de luz en electricidad, la experimentación permite obtener formas de argumentación y de conocimiento, lo cual desafía la brecha entre las formas de explicar de los estudiantes y la ciencia. Se reconoce que la actividad experimental conlleva una riqueza metodológica y conceptual que debe ser valorada en los escenarios académicos y escolares, subrayando la importancia de considerar tanto el análisis de los efectos como el proceso de la actividad científica. Para la construcción de las perspectivas fenomenológicas se considera La perspectiva fenomenológica en los procesos de transformación de magnitudes se basa en la filosofía fenomenológica, la cual se centra en el estudio de las experiencias directas y la conciencia de los fenómenos tal como se presentan, sin prejuicios o interpretaciones previas. En el contexto de los procesos de transformación de magnitudes, la perspectiva fenomenológica busca comprender la naturaleza de las experiencias que tienen los estudiantes al interactuar con conceptos matemáticos relacionados con la magnitud, como la medición, la conversión de unidades y otras transformaciones numéricas.

En este enfoque, se presta atención especial a cómo los estudiantes perciben, interpretan y dan sentido a las magnitudes y a las operaciones matemáticas asociadas. La perspectiva fenomenológica reconoce la subjetividad de estas experiencias, considerando que la comprensión y la interpretación de las magnitudes pueden variar entre individuos. Este enfoque destaca la importancia de explorar las vivencias y perspectivas individuales de los estudiantes para comprender sus procesos mentales y emocionales durante la transformación de magnitudes.

Desde la perspectiva fenomenológica, se busca ir más allá de la simple adquisición de habilidades matemáticas y explorar la riqueza de las experiencias subyacentes. ¿Cómo perciben los estudiantes las magnitudes en su entorno cotidiano? ¿Qué significado tienen para ellos las transformaciones en situaciones prácticas? ¿Cómo influyen las experiencias previas en su comprensión actual? Estas son preguntas clave que la perspectiva fenomenológica aborda al examinar los procesos de transformación de magnitudes. (García A. & Estany, 2010)

En el marco teórico, al adoptar la perspectiva fenomenológica, se enfatiza la importancia de considerar las experiencias vividas por los estudiantes como elementos fundamentales para comprender y mejorar la enseñanza de los procesos de transformación de magnitudes. Este enfoque puede contribuir a diseñar estrategias pedagógicas más efectivas, identificando las barreras conceptuales y emocionales que los estudiantes pueden enfrentar durante el aprendizaje matemático relacionado con las magnitudes. Además, la perspectiva fenomenológica puede proporcionar una base teórica sólida para investigar y analizar las prácticas educativas desde una perspectiva centrada en el estudiante y enriquecer la comprensión de cómo se construye el conocimiento en el contexto escolar. La interacción entre la formulación de escenarios que discutan los efectos eléctricos que se pueden producir cuando la luz ultravioleta es proyectada sobre sustancias sensibles con artefactos tecnológicos que contribuyen en el proceso cognitivo, y se enfatiza que la ciencia es una actividad cultural que se realiza de acuerdo con necesidades e intereses individuales, sociales, económicos, políticos, éticos y estéticos. (García A. & Estany, 2010)

La práctica científica para el aula se debe proponer construir representaciones sobre los fenómenos de transformación a partir de la historia, la teoría y la experimentación, construyendo así un campo de representación del fenómeno que trae consigo la descripción y explicación detallada del fenómeno por parte de las personas. En la construcción del campo fenomenológico se espera que el estudiante sea consciente de la construcción de saberes y pueda aplicar la nueva información para dar explicación y descripción a las cuestiones del fenómeno de estudio de este caso.

“En este orden de ideas es necesario destacar el carácter exhibido y constructivo del fenómeno. Las descripciones e interpretaciones que demanda la comprensión de una fenomenología exigen la organización de una serie de experiencias y observaciones intencionadas, esto es una descripción detallada del fenómeno, la cual esta imbricada en la actividad experimental que exige una comprensión conceptual que acompañe a la intervención y disposición experimental” (Malagón, Sandoval, & Ayala, 2013). Esto podría significar también que el docente que realiza las actividades experimentales podría obtener evidencia del progreso en las formas de explicación de los estudiantes mediante los discursos que va adquiriendo y aplicando en el desarrollo de la propuesta de aula sobre el estudio del fenómeno del cambio eléctrico de algunas sustancias al contacto con la luz ultravioleta

El “acto experimental” no es posible sin la organización previa de un programa y actividades de apoyo, esto implica la cuidadosa planificación del diseño del experimento, asegurando la disponibilidad de recursos necesarios, estableciendo un cronograma adecuado y controlando variables que podrían afectar los resultados. Además, la planificación busca abordar cuestiones importantes sobre el fenómeno de estudio. La organización previa también incluye la planificación del análisis de datos, asegurando la obtención de resultados válidos y confiables. En resumen, sin una organización adecuada, los experimentos pueden carecer de validez, confiabilidad y credibilidad, comprometiendo la utilidad de los datos obtenidos. El docente debe configurar una tendencia o sendero en las actividades donde se analicen y discutan fenómenos físicos para así construir las explicaciones que ilustran la descripción de los fenómenos.

La intención de formular e implementar actividades experimentales es generar espacios en los que el estudiante se enfrente con problemas de su entorno relacionado con un fenómeno para así construir conocimiento científico. En nuestro caso las actividades experimentales están enfocadas a situaciones donde se observa cómo se produce electricidad a partir de la proyección de luz en sustancias fotosensibles. “... la intención de la actividad experimental está centrada en la construcción de una base fenomenológica o de hechos de observación detallada de efectos con los que se destacan los rasgos relevantes del fenómeno. La organización de éstos permite desarrollar el proceso de construcción de las magnitudes con

las cuales quedan establecidos los aspectos del fenómeno que son tenidos en cuenta en su caracterización“ (Malagón, Sandoval, & Ayala, 2013). Se espera de estas actividades, que contribuyan a que el estudiante haga una adecuada organización del fenómeno de la transformación de luz en corriente eléctrica.

Las magnitudes juegan un papel importante en el reconocimiento del fenómeno, estas configuran los aspectos del fenómeno que se estudia, pues al determinar una escala de medida de dicha magnitud o su variación, es posible hacer una caracterización de los fenómenos y caracterizar las reacciones de algunos materiales. En nuestro caso, proponemos situaciones en las que sea posible discutir y reflexionar los cambios eléctricos que tiene una mezcla de sulfato de hierro disuelta en una mezcla agua-alcohol cuando se proyecta sobre ella luz ultravioleta.

La medición de magnitudes que se desarrolló en el escenario experimental de la propuesta de investigación se basó en la construcción e implementación en el aula de un dispositivo “casero” que permitió identificar y medir el aumento de corriente eléctrica de una sustancia que aumentaría cuando se proyecta sobre ella luz ultravioleta. La intención de presentar esta situación de estudio fue aproximar las experiencias de los estudiantes para que estos hicieran un análisis del fenómeno de estudio, donde lograron tener una representación del fenómeno de transformación de luz en electricidad, desde la identificación de los cambios en la medición de las magnitudes eléctricas de una mezcla de agua-alcohol cuando se le proyecta luz ultravioleta.

Para abordar el fenómeno de la transformación de luz en corrientes se plantearon situaciones asociadas con el fenómeno en forma de situaciones problema, con el objetivo de dar espacio a la reflexión y discusión de lo observado por parte del grupo de estudiantes de grado once, lo que permitió al grupo la construcción de un lenguaje científico para explicar lo que se observó. Se produjo la situación con los estudiantes procurando enfatizar en los cambios eléctricos que se producen en una mezcla conectada a un medidor de corriente cuando hay contacto con la luz ultravioleta, asegurándonos que los elementos conceptuales y experimentales sean aplicados en el aula, a los estudiantes se les proporcionó un contexto

conceptual e histórico, de igual manera, se presentaron instrumentos para que el estudiante explique cómo una magnitud de luz se transforma para producir cambios de otra magnitud de tipo eléctrica.

En el transcurso de la actividad se enfatizó en la asociación de conceptos y magnitudes específicas para referirse al fenómeno de estudio, se utiliza la magnitud amperio para hablar de la corriente, pues el estudio de esta magnitud eléctrica y el estudio del cambio que se observó en las mediciones que hicieron parte de las construcciones del campo fenomenológico. Al proponerse el estudio de la medición del cambio de una magnitud de electricidad, se encontró que los modos de evidenciar las relaciones que establecen los estudiantes entre las actividades experimentales presentadas y las experiencias previas deben ser efectos visibles o simples de percibir; el estudio puede realizarse a partir de la descripción y análisis detallado de lo que cambia en el medidor de corriente cuando está conectado a la mezcla (Sulfato de hierro en agua-alcohol) y de la apariencia de la mezcla mientras se produce el efecto cuando la luz ultravioleta se proyecta sobre la mezcla, se acompaña el análisis con cuestiones como: ¿qué se mantiene el cambio? O ¿De qué dependen los cambios en las mediciones eléctricas cuando hay presencia de luz sobre la mezcla? Se espera que las cuestiones anteriores fomenten en el estudiante una reconstrucción del campo de explicación del fenómeno de estudio.

A medida que los estudiantes observaron el fenómeno, el proceso de aprendizaje les permiten organizar experiencias y conceptos que aparecen en el transcurso de las actividades, ellos atribuyen al fenómeno estudiado diferentes modos de organización, que va cambiando por el avance en el desarrollo de las experiencias organizadas y así fomentar una construcción del campo fenomenológico. La intención fue organizar las actividades experimentales es un factor importante en la organización de los fenómenos por parte de los estudiantes, si se configuran – efectos sensibles- (Malagón, Sandoval, & Ayala, 2013) es posible identificar las formas de pensar y de hablar de los estudiantes.

Para caracterizar la estructura del argumento es necesario que los términos que se utilizan en esa frase se relacionan entre sí lógicamente, se distinguen los procesos más básicos y

mecánicos, como el reconocimiento de los signos gráficos o la segmentación de palabras y frases, del resto de operaciones más complejas e intelectuales, como la discriminación entre informaciones relevantes e irrelevantes, o la organización de estos datos en una estructura ordenada y comprensible.

La argumentación sirve como herramienta para la evaluación de la construcción de conocimiento en el proceso enseñanza aprendizaje, pues permite estudiar la estructura de las explicaciones, esta acción juega un papel importante para la evidencia del aprendizaje. Toda experiencia de aprendizaje se re-organiza a través de imágenes mentales propias del estudiante y de acuerdo a este orden se estructuran los argumentos que explican de qué maneras se aplica y se utiliza la ciencia para abordar una cuestión o un problema concreto, para nuestro caso las reacciones y cambios eléctricos por las que pasan las sustancias cuando son proyectadas con luz ultravioleta.

En el telar de la enseñanza de los fenómenos de transformación, esta sección del capítulo ha tejido una trama donde el lenguaje, la experiencia y el conocimiento convergen en una danza compleja. Hemos explorado cómo las palabras construyen puentes entre la experiencia individual y el saber colectivo, iluminando los senderos de la comprensión de fenómenos. Ahora, nos embarcamos en una nueva fase donde la experimentación emerge como faro conductor. En este viaje, la experimentación se erige como un puente sólido, destinado a cerrar la brecha entre el conocimiento común y el científico. La práctica activa y la exploración directa nos invitan a desafiar las fronteras establecidas, a cuestionar lo conocido y a forjar nuevas conexiones entre la comprensión cotidiana y los rigores de la investigación científica. Así, nos sumergimos en el laboratorio del aprendizaje, donde la experimentación se convierte en la llave maestra para desentrañar los misterios del mundo que nos rodea.

## 1.2. LA EXPERIMENTACIÓN COMO HERRAMIENTA PARA REDUCIR LA BRECHA ENTRE EL CONOCIMIENTO COMÚN Y EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

En esta sección del capítulo se entiende que la actividad experimental desempeña un papel crucial en el aula de ciencias al proporcionar a los estudiantes una oportunidad invaluable para involucrarse directamente con los fenómenos naturales. Al participar en experimentos, los estudiantes no solo observan y analizan, sino que también construyen activamente su comprensión de conceptos científicos. La experimentación no solo ilustra teorías y principios abstractos, sino que también permite a los estudiantes aplicar el método científico, fomentando habilidades críticas y analíticas. En este contexto, surge la importancia de explorar la relación entre la luz y la electricidad, un fenómeno fascinante que ha capturado la atención de científicos a lo largo de la historia. Para comprender mejor esta conexión, nos sumergiremos en el marco teórico que explora las complejidades y relaciones entre estos dos elementos fundamentales, brindando una base sólida para nuestras futuras experiencias experimentales en el aula.

La experimentación en el aula de ciencias se convierte en el vehículo principal para explorar esta relación. Los estudiantes, al participar activamente en experimentos, no solo presencian la teoría en acción, sino que también se convierten en arquitectos de su propio conocimiento. Al diseñar y llevar a cabo experimentos que involucren la interacción entre la luz y la electricidad, los estudiantes no solo aplican el método científico, sino que también desarrollan habilidades críticas y analíticas. La experimentación no se trata solo de confirmar teorías abstractas; se trata de descubrir, explorar y cuestionar. En este contexto, los estudiantes no solo aprenderán sobre la relación entre la luz y la electricidad, sino que también se sumergirán en la esencia misma de la ciencia: la curiosidad y la búsqueda constante de comprender el mundo que nos rodea. La experiencia no solo proporcionará una base sólida para la experimentación en el aula, sino que también cultivará el pensamiento científico y la capacidad de los estudiantes para enfrentar desafíos desconocidos con un enfoque basado en la investigación y la exploración.



El conocimiento común se podría definir como un saber, inteligencia que permite al hombre trascender; estos saberes, a los que se refiere Jean Piaget, son ideas construidas acerca o en contra de lo que ya se sabe, es decir, el ser humano aprende y a medida que experimenta nuevas vivencias reconstruye los conocimientos que ha adquirido para así ir desechando los saberes que no le van permitir avanzar en la solución de problemas de su entorno. Del sentido común se desprende el pensamiento común, que se dice, constituido por elementos dispersos y no relacionados, llamados saberes en piezas o paquetes. El pensamiento común está organizado por niveles y temas, en las ciencias, los niveles de pensamiento se clasifican por la capacidad de superar obstáculos o problemas de diferentes clases. Para Jean Piaget, por ejemplo, el desarrollo de la inteligencia se caracteriza a partir de las capacidades que surgen en las personas desde que son niños. Para alcanzar los niveles de entendimiento según Piaget existen procesos de entendimiento y pensamiento los cuales están asociados al conflicto personal con uno mismo. (Piaget J. , 1971)

Para que exista la adaptación del conocimiento en los estudiantes, se deben generar un proceso de adaptación que es, en sí mismo, en la persona, y está asociado con la acomodación y el equilibrio del conocimiento y el nuevo conocimiento (Piaget J. , 1971). En otras palabras, el acto de aprender es una forma de negociación con uno mismo y con su propio conocimiento, el conocimiento es construido “con” y “en contra” de lo que uno ya sabe. En la mayoría de los casos, los razonamientos en ciencias están alejados de los habituales, si se intenta predicción a partir de razonamientos comunes o habituales sobre un fenómeno natural, es probable que se hagan estudios o explicaciones poco validos o verídicos.

En la perspectiva fenomenológica el conocimiento común no es falso, puede ser ampliado y reestructurado para favorecer el proceso de la construcción de conocimiento sobre el fenómeno de transformación de luz en electricidad, se da prioridad a las relaciones que establece el estudiante respecto a las maneras como piensa y habla al momento que estudia los procesos de convertibilidad (Arcà & Guidoni., 1990). En la física se concibe la idea de que la convertibilidad de magnitudes de luz en magnitudes eléctricas se puede presentar gracias al ajuste de condiciones como lo sería una fuente de luz, una sustancia que reacciona

ante la presencia de la luz y un circuito para que la corriente sea liberada, como es el caso más común de los paneles solares.

Las relaciones entre la forma de hablar, actuar y pensar que el estudiante propone se obtienen gracias a la organización de la propuesta de estudio del fenómeno de la transformación de luz en electricidad, como una secuencia estructurada, parte desde un primer momento donde se reconoce la existencia de una fuente de luz ultravioleta, luego en un segundo momento es indispensable que la luz sea proyectada sobre una sustancia, en un tercer momento esa sustancia debe ser capaz de reaccionar ante la luz y generar cambios en su estado eléctrico, esta reacción es la liberación de electrones que en el cuarto momento se debe disponer de un circuito que permita el flujo de esos electrones liberados por la sustancia formando así una corriente eléctrica.

La investigación se ha propuesto diseñar y elaborar experiencias o actividades para construir con los estudiantes la definición de fenómenos físicos con un carácter epistemológico y comprensivo, lo que prevalece aquí es fomentar la construcción de saberes sobre un fenómeno para favorecer los procesos cognitivos que establece sobre el fenómeno estudiado pues los procesos de construcción de conocimiento son continuos, cambiantes y no paran. En aquella producción de saberes, construcción y comprensión de fenómenos, las personas que estudian su realidad establecen según Jean Piaget (Piaget J. , 1975). unos principios de identidad sobre magnitudes que permanecen iguales, todo esto se debe a un proceso de adaptación del hombre en el medio que se encuentra, y este proceso se denomina “inteligencia”.

Cuando las personas son capaces de dejarse afectar por los fenómenos naturales que lo rodean (sensibilidad), el cual es para mí, la capacidad más admirable y compleja que posee el hombre; y luego de haber organizado las experiencias los seres humanos establecen y otorgan una identidad para darle reconocimiento a los objetos que estudian y que pasan por algún tipo de cambio, en nuestro caso de luz ultravioleta proyectada sobre una sustancia que reacciona de tal manera que produce cantidades de corriente, la definición de variables

medibles sobre los fenómenos y la idealización continua de los fenómenos da sentido a la convertibilidad de los fenómenos y se define en la organización de la sensibilidad que realiza un sujeto, encontramos que el lenguaje, la experiencia y el conocimiento permite definir los diferentes procesos de transformación que existen, en nuestro caso en específico -la transformación de luz en corrientes-; lo ideal es utilizar estrategias didácticas coherentes para que los estudiantes construyan conscientemente la comprensión del fenómeno mencionado anteriormente. La intención de abordar estas temáticas es con fines de configurar un amplio rango de saberes sobre el fenómeno que se estudia y así poder formular una serie de actividades en el aula sobre la transformación de luz en electricidad que permita discutir y construir experiencias que construyan fenomenologías, más que dar explicación de las ecuaciones que se utilizan para dar cuenta de esos fenómenos.

## CAPÍTULO II. RECONOCIMIENTO DE FUNDAMENTOS FENOMENOLÓGICOS DE LOS CAMBIOS ELÉCTRICOS DE LAS SUSTANCIAS AL CONTACTO CON LA LUZ DESDE UNA PERSPECTIVA HISTÓRICA.

Este capítulo comienza con un breve recuento histórico de las relaciones que se establecen entre el estudio de las reacciones eléctricas que genera la luz al entrar en contacto con diferentes sustancias. El estudio del fenómeno de la transformación de luz en electricidad comenzó a finales del siglo XIX y abrió el camino a las nuevas tecnologías del siglo XX, permitiendo el aprovechamiento de la luz para su conversión en electricidad.

En este capítulo se establecen algunas referencias históricas y teóricas para comprender cómo la luz proyectada sobre ciertas sustancias puede generar corriente eléctrica. Esta comprensión se ha construido analizando las contribuciones de los siguientes trabajos:

- Jérôme Fatet (2015) “Les recherches d’Edmond Becquerel sur la nature de la lumière entre 1839 et 1843, histoire d’une interaction réussie entre science et photographie”.
- Heinrich Hertz “On the relation between light and electricity” (1889) encontrado en *Miscellaneous papers* (1896).
- La traducción del artículo de Albert Einstein (1905) “Sobre un punto de vista heurístico concerniente a la producción y transformación de la luz” hecha por Enrique Ruiz (2004).

La revisión de estos campos de explicación teórica es crucial para comprender el fenómeno de la transformación de luz en electricidad. Sin embargo, se enfatizan las experiencias de Becquerel (1820) utilizadas como referentes para formular la actividad experimental en el aula sobre el estudio de la luz y los efectos eléctricos que produce en sustancias fotosensibles. Se explora su investigación sobre las transformaciones del estado eléctrico en sustancias influenciadas por la luz. Además, se destaca cómo la labor de Becquerel en la fotografía y la electroquímica, particularmente su invención del actinómetro electroquímico contribuyó a un análisis más detallado y preciso del espectro solar.

## 2.1 SOBRE LOS INICIOS DE LAS FORMAS DE MEDIR LOS CAMBIOS ELÉCTRICOS DE UNA SUSTANCIA AL CONTACTO CON LA LUZ

La medición de la luz ocupa un lugar central en el estudio de diversas disciplinas científicas y aplicadas, desde la física hasta la biología. Este fundamento transversal es el punto de partida de nuestra investigación, que se adentra en la interacción entre la luz y la electricidad, un fenómeno que ha capturado la curiosidad humana desde el siglo XVII. Explorar este tema es vital para entender las reacciones eléctricas que la luz puede inducir en sustancias, y también para identificar la evolución de ciertas tecnologías que transforman la luz en electricidad, una búsqueda que ha persistido con los siglos.

Desde los primeros intentos de cuantificación de la luz por parte de pioneros como François Marie (1700) y Alexandre-Edmond Becquerel (1820) hasta las modernas aplicaciones en fotografía y energía solar, este tema es una piedra angular en el avance del conocimiento y la innovación tecnológica.

Históricamente, el monje capuchino François Marie (1694 - 1778) ofreció la primera metodología concreta para medir y estudiar los efectos de la luz en 1700, estableciendo una escala de intensidad a través de la atenuación por vidrios. Pierre Bouguer (1698 - 1758), sin embargo, señaló la necesidad de mediciones consistentes. Por su parte, Alexandre-Edmond Becquerel (1820 - 1891) se destacó en el estudio de la luz y sus efectos en sustancias fotosensibles, llevando adelante el legado científico de su familia.

Su invención del actinómetro electroquímico fue un hito que permitió un análisis más preciso del espectro solar, lo que se convierte en una referencia clave para este trabajo de investigación. (Fatet J, 2015)

En la siguiente tabla se muestran los experimentos anteriores a los de Alexandre-Edmond Becquerel sobre las propiedades de la luz utilizando lámparas y velas.

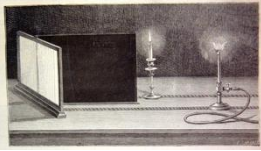
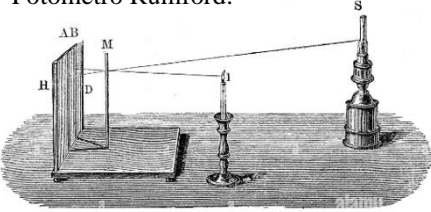
Época	Investigador	Dispositivo/Método	Experimento
Siglo XVIII	Pierre Bouguer	<p>Lucímetro:</p>  <p>Imagen 1. Dispositivo creado por Pierre Bouguer para estudiar la luz.</p>	Comparación de luminosidad entre la luna y la luz de una vela.
Siglo XVIII	Benjamín Thompson	<p>Fotómetro Rumford:</p>  <p>Imagen 2. Dispositivo creado por Benjamin Thompson para estudiar los efectos de la luz sobre cristales.</p>	Estudio de transmisión de vidrio, reflejo de espejos y eficiencia de velas y lámparas de aceite.

Tabla 1. Experimentos que estudiaban el comportamiento de la luz en el siglo XVIII.

Se destaca que todos estos métodos de medición de la luz se basan en el uso del ojo humano como detector, lo que implica limitaciones inherentes a las características individuales del ojo y la percepción de la luz. Sin embargo, los dispositivos propuestos por Edmond Becquerel introdujeron el uso de sustancias químicas como detectores independientes de las características humanas, lo que permitió obtener medidas más reproducibles.

En el estudio de las propiedades de la luz y sus efectos sobre las sustancias aparece un descubrimiento de las líneas negras en el espectro solar y la evolución de la técnica de análisis espectral, se menciona que Isaac Newton fue el primero en obtener una teoría completa de la descomposición de la luz blanca en un espectro continuo, pero no pudo observar las líneas oscuras en el espectro solar. Posteriormente, en 1802, Wollaston observó por primera vez estas líneas y las atribuyó a los límites de los colores del espectro solar. Joseph Fraunhofer, de manera independiente, identificó estas líneas en 1814 y las cartografió en un mapa del espectro. (Fatet J, 2015)

Fraunhofer observó un total de 574 líneas en el espectro visible y publicó más de 350 de ellas. Estas líneas se convirtieron en puntos de referencia utilizados posteriormente por Edmond Becquerel en su trabajo con el espectro solar. Se menciona que John Herschel y Fox Talbot también investigaron los espectros de llamas y su relación con las líneas del espectro solar. Sin embargo, no fue hasta 1861 que Bunsen y Kirchhoff propusieron la técnica de los espectros de llamas como medio para identificar la composición de una sustancia. (Fatet J, 2015)

La medición de la luz es crucial en disciplinas como la física, la ingeniería, la óptica, la fotografía y la biología. Se hace con instrumentos especializados, como fotómetros, que miden la intensidad luminosa en un área determinada, y espectrómetros, que analizan la distribución espectral de la luz. Estas mediciones son esenciales en una amplia gama de aplicaciones prácticas. En fotografía, por ejemplo, facilitan la determinación de los valores de exposición para capturar imágenes correctamente iluminadas. En iluminación arquitectónica, son fundamentales para calcular la iluminación necesaria en espacios específicos. En la investigación científica, la precisión en la medición de la luz es imprescindible para entender los fenómenos ópticos y estudiar el comportamiento de la luz en diferentes contextos. La medición de la luz es imprescindible para comprender y cuantificar sus características y propiedades, permitiendo así adquirir información detallada sobre su intensidad y su espectro.

Comprender la naturaleza de la luz es un área de estudio valiosa que ha surgido en diversos contextos, permite al trabajo de investigación tener la capacidad de identificar los cambios eléctricos en las sustancias inducidas por la luz, las reacciones o cambios eléctricos nos permiten analizar el fenómeno de la transformación de la luz en electricidad. La relevancia de esta línea de investigación es inmensa, ya que comprende los procesos fotoeléctricos fundamentales para los avances contemporáneos en energías renovables y otros campos científicos. Con este trasfondo histórico y teórico, nuestra tesis propone una inmersión en la experimentación en el aula para fomentar una comprensión tangible de estos conceptos, enriqueciendo así la educación científica y su aplicación práctica.

## 2.2 APORTES AL ESTUDIO DE LA LUZ Y SU TRANSFORMACIÓN EN ELECTRICIDAD ENTRE EL FINAL DEL SIGLO XIX Y SIGLO EL XX

### 2.2.1 LAS RELACIONES ENTRE LA LUZ Y LA ELECTRICIDAD. HEINRICH HERTZ. 1889

En el siguiente análisis, exploraremos las intrincadas relaciones entre la luz y la electricidad, centrándonos especialmente en los fundamentos establecidos por Heinrich Hertz en los textos titulados "On the relation between light and electricity (1889)" (Sobre la relación entre la luz y la electricidad). (Hertz H, 1896) . En el artículo se busca comprender más profundamente la interdependencia entre la electricidad y la luz, sentando las bases para una comprensión más completa de estos aspectos fundamentales de la física.

Para respaldar la relación entre el fenómeno de la luz y el fenómeno de la electricidad, se evidencian varios ejemplos concretos que respaldan la afirmación de que la luz es, en esencia, un fenómeno eléctrico. Según Hertz, uno de estos ejemplos ilustrativos se basa en el uso de un rayo para observar los fenómenos de polarización. Estos fenómenos pueden ser controlados, ya sea apagando o excitando un resonador, de acuerdo con las mismas leyes que rigen el aclaramiento u oscurecimiento del campo de visión en un aparato polarizador cuando se interponen placas cristalinas.

Adicionalmente, se detalla cómo los rayos eléctricos pueden refractarse de manera similar a la luz. Este proceso se ilustra al hacer pasar los rayos a través de un prisma, provocando una desviación de su trayectoria recta. Esta similitud en el comportamiento entre los rayos eléctricos y la luz sugiere una conexión intrínseca entre ambos agentes, revelando así la naturaleza eléctrica subyacente de los fenómenos luminosos.

En el documento se describen varios experimentos llevados a cabo para investigar las relaciones entre la luz y la electricidad. Uno de estos experimentos involucró la disposición de un conductor en el cual se generaron oscilaciones sobre la línea focal de un espejo cóncavo de considerable tamaño. Este procedimiento posibilitó que las ondas se amalgamaran y emergieran del espejo como un potente haz paralelo. Este haz, al comportarse como un rayo



de luz, podía ser dirigido en diversas direcciones, y su trayectoria recta podía ser analizada para demostrar su recorrido lineal. Además, se demostró la capacidad de refracción del rayo de manera análoga a la luz, al hacerlo pasar a través de un prisma y experimentar una desviación en su trayectoria original. Otro experimento consistió en emplear una rejilla de alambre adecuada para controlar la excitación o extinción de chispas en un resonador, siguiendo las mismas leyes que regulan la claridad u opacidad en el campo de visión de un dispositivo polarizador cuando se interponen placas cristalinas. (Hertz H, 1896)

Los resultados de los experimentos mencionados en el documento respaldaron la afirmación de que la luz tiene un fenómeno eléctrico ondulatorio. Por ejemplo, al colocar un conductor con oscilaciones en la línea focal de un espejo cóncavo muy grande, se observó que las ondas se comportaban como un potente haz paralelo, que podía enviarse en varias direcciones y cuya trayectoria recta podía examinarse para demostrar que viajaba en línea recta. Además, al refractar el rayo de la misma manera que la luz, se observó que se comportaba de manera similar a la luz al pasar por un prisma, sufriendo una desviación de su trayectoria recta. Se destaca la interesante observación de que, si se elimina la electricidad del mundo, la luz desaparece. Esta constatación apunta de manera concluyente hacia una interdependencia entre la electricidad y la luz, indicando que la presencia de electricidad es esencial para la manifestación de la luz en nuestro entorno. "Estos ejemplos refuerzan la premisa central de que la luz, en sus manifestaciones, se basa en fenómenos eléctricos intrínsecos y conectados en la compleja trama de la naturaleza". (Hertz H, 1896)

Los trabajos de Hertz contribuyen significativamente a la comprensión del efecto fotoeléctrico y su relación con la interacción de la luz en distintos materiales. Hertz llevó a cabo experimentos que demostraron que la luz ultravioleta posee la capacidad de incrementar la distancia de chispa de la descarga de una bobina de inducción. (Hertz H, 1896). Estos descubrimientos son fundamentales y proporcionan una base para el diseño de actividades experimentales en el aula, contribuyendo así a la comprensión de las interacciones eléctricas de la luz y el efecto fotoeléctrico en la educación media.

## 2.2.2 APORTES DE PHILIPP VON LENARD EN EL ESTUDIO LOS EFECTOS QUE SE PRODUCEN CUANDO LA LUZ ULTRAVIOLETA Y LA MATERIA 1902

Philipp von Lenard, nacido en 1862, fue un físico conocido por sus importantes contribuciones en diversas áreas. Inicialmente centrado en la mecánica, exploró fenómenos de fosforescencia y luminiscencia. La colaboración de Lenard con W. Wolf condujo al estudio de la dependencia de luminosidad del ácido pirogálico sobre la oxidación. (Organización de los Premios Nobel, 2023)

Según un artículo biográfico en la página web de la Organización de los Premios Nobel (Organización de los Premios Nobel, 2023), el experimento del desprendimiento de electrones de una placa iluminada con luz ultravioleta, realizado por Philipp von Lenard en 1902, fue un importante avance en el campo de la ciencia. Lenard descubrió que los electrones de la placa metálica se liberaban bajo la influencia de la luz UV, y atribuyó este fenómeno a un movimiento dentro del átomo. Creía que la luz seleccionaba ciertos electrones para ser expulsados de la placa, y que la velocidad de este desprendimiento dependía de la estructura atómica de la sustancia.

El descubrimiento de Lenard fue antes desafiado por J.J. Thomson en 1897, quien concluyó que los rayos catódicos no eran luz, sino partículas cargadas que conocemos ahora como electrones. A pesar de este desafío, el trabajo de Lenard contribuyó a la teoría de los rayos catódicos, demostrando que los electrones pueden viajar y desplazarse en el espacio, aunque sean muy pequeños. Lenard realizó nuevos experimentos con los rayos X, similares a la luz ultravioleta, y descubrió un comportamiento particular en estas partículas en movimiento con carga negativa. Demostró que la luz ultravioleta podía producir electrones al hacerla brillar a través de una pantalla hacia un vacío, estudiando así el efecto fotoeléctrico. (Organización de los Premios Nobel, 2023)

Aunque Lenard no pudo establecer una conexión directa, en diciembre de 1900, el científico alemán Max Planck estableció unas ecuaciones para la radiación del cuerpo negro, explicando por qué la luz ultravioleta podía tener la energía para producir el efecto

fotoeléctrico. Esto se debía a que la luz ultravioleta tiene una frecuencia más alta y, por lo tanto, está compuesta por elementos de mayor energía. A pesar de algunas conclusiones erróneas en cuanto a la energía proveniente de la luz lo que permite explicar la transformación repentina de algunas sustancias al contacto con la luz, el trabajo de Lenard sentó las bases para comprender el comportamiento de los electrones y contribuyó a las leyes de la física aceptadas en la época.

En 1888, Lenard inició trabajos sobre rayos catódicos, desafiando la idea de que eran similares a la luz ultravioleta. Su descubrimiento crucial de la "ventana Lenard" en 1894 permitió el estudio de los rayos catódicos fuera de los tubos de descarga. El trabajo posterior de Lenard reveló la naturaleza corpuscular de los rayos catódicos, abandonando la creencia inicial en su propagación a través del éter. Lenard amplió la investigación de Hertz sobre el efecto fotoeléctrico, demostrando que la luz ultravioleta, al incidente sobre un metal, emitía electrones cuya velocidad dependía de la longitud de onda. A pesar de conflictos con teorías existentes, los hallazgos de Lenard fueron explicados más tarde por la teoría cuántica de Einstein. (Organización de los Premios Nobel, 2023)

Los trabajos pioneros de Lenard han sido fundamentales para avanzar en nuestra comprensión del efecto fotoeléctrico. Sus experimentos meticulosos y análisis detallados han arrojado luz sobre los fenómenos relacionados con la emisión de electrones por la interacción con la luz. Estableció la base experimental y proporcionó datos cruciales que permitieron a la comunidad científica comenzar a descifrar los misterios subyacentes en este fenómeno. Lenard demostró que la energía de los electrones emitidos dependía de la frecuencia de la luz incidente, un hallazgo que desafiaba las expectativas basadas en la teoría clásica. Su trabajo allanó el camino para futuras investigaciones y teorías, destacando la necesidad de un marco conceptual completamente nuevo. (Organización de los Premios Nobel, 2023)

En la siguiente sección se explorará la contribución crucial de Albert Einstein a la comprensión del efecto fotoeléctrico. En su célebre memoria publicada en 1905, Einstein propuso una interpretación revolucionaria del fenómeno, postulando la idea de cuantización de la energía, que más tarde se convertiría en la base de la mecánica cuántica. Este trabajo

innovador y visionario no solo transformó nuestra percepción del efecto fotoeléctrico, sino que también le valió a Einstein el reconocimiento máximo en la comunidad científica: el Premio Nobel de Física en 1921. Al sumergirnos en este capítulo, exploraremos la brillante mente de Einstein y cómo sus ideas revolucionarias redefinieron nuestra comprensión de la interacción entre la luz y la materia.

### 2.2.3 UNA MIRADA AL FENÓMENO DE LA LUZ Y SUS TRANSFORMACIONES, DESDE LA MIRADA DE ALBERT EINSTEIN 1905

A continuación, se presenta el análisis del texto titulado "Un punto de vista heurístico sobre la producción y transformación de la luz". *Albert Einstein* (1905)". (Einstein A, 1905) (traducción hecha por Enrique Ruiz. 2004) En este artículo, Albert Einstein discute sus avances científicos en relación con la naturaleza de la luz.

Einstein propuso la idea revolucionaria de que la luz está compuesta por partículas individuales, a pesar de que comúnmente se creía que era una onda continua en el siglo XIX. Esta idea se basa en la observación de que la luz tiene una energía distribuida de manera similar a un gas. Aunque ya se conocía que la luz se comporta como un gas, nadie antes había dado el paso lógico de concluir que la luz podría estar formada por partículas individuales. Esta propuesta, conocida como la cuantificación de la luz, marcó un hito en la comprensión de la naturaleza de la luz.

El artículo también menciona que Einstein utilizó la teoría cuántica para explicar varios experimentos relacionados con la eliminación de electrones de metales y moléculas de gas, conocidos como el efecto fotoeléctrico. Estos experimentos respaldaron la idea de que la luz está compuesta por paquetes de energía. El trabajo de Einstein en este campo fue tan significativo que le valió el premio Nobel.

Además, el texto hace referencia a la relación de Einstein con Lenard, el distinguido físico ganador del premio Nobel. Inicialmente, Einstein admiraba y se inspiraba en el trabajo de Lenard, pero su relación se deterioró debido a diferencias en sus creencias sobre la existencia del éter y la teoría de la relatividad de Einstein. Mientras Lenard defendía la existencia del

éter como un material invisible que llena el universo, Einstein argumentaba que la teoría de la relatividad invalidaba la necesidad del éter. Estas diferencias de opinión causaron tensiones en su relación y finalmente se distanciaron.

El texto presenta un punto de vista sobre la producción y transformación de la luz, centrándose en los avances científicos de Albert Einstein en 1905. Se destaca su propuesta revolucionaria de que la luz está compuesta por partículas individuales, así como los experimentos de efecto fotoeléctrico que respaldaron esta idea. También se menciona su relación con Lenard, sus diferencias en cuanto a la existencia del éter y la teoría de la relatividad, y los eventos históricos que afectaron su dinámica durante la Primera Guerra Mundial. (Einstein A, 1905)

Sobre estas experiencias, el trabajo de investigación reconoce la importancia de considerar estos aportes para entender el fenómeno de estudio, pero también se reconoce que estos experimentos no son perceptibles de forma sencilla, por lo que abordarlos en un ambiente escolar sería algo complejo. Sin embargo, la inclusión del análisis del texto "Un punto de vista heurístico sobre la producción y transformación de la luz" de Albert Einstein (1905) en nuestra propuesta de aula ofrece una base sólida para la comprensión de la naturaleza de la luz. Einstein revoluciona la percepción común al proponer que la luz está compuesta por partículas individuales, desafiando las concepciones tradicionales del siglo XIX que la consideraban una onda continua. Este enfoque teórico se traduce de manera efectiva para la formulación de actividades prácticas en el aula, permitiendo a los estudiantes participar activamente en la exploración de la emisión de electrones con la proyección de la luz UV sobre sustancias fotosensibles.

### 2.3 SOBRE EL ESTUDIO DEL EFECTO DE LA LUZ EN LAS SUSTANCIAS DE EDMOND BECQUEREL DESDE LAS EXPERIENCIAS DE JÉRÔME FATET

En el texto: "*Les recherches d'Edmond Becquerel sur la nature de la lumière entre 1839 et 1843, histoire d'une interaction réussie entre science et photographie*" de Jérôme Fatet (Fatet J, 2015), se discute la posición histórica de Edmond Becquerel en la ciencia y la falta de reconocimiento de su trabajo. Se menciona que gran parte de los archivos y documentos

relacionados con él están incompletos o incluso desaparecidos. Esto podría atribuirse a la estrategia de la familia Becquerel de ocupar las mismas posiciones generación tras generación, lo que llevó a la preservación cuidadosa de los documentos de Henri Becquerel, pero al descuido de los archivos de Edmond.

Se destaca que Edmond Becquerel es recordado por tres razones principales: la invención del fosforoscopio, la realización de la primera fotografía en color del espectro solar y el descubrimiento del efecto fotovoltaico en 1839. Sin embargo, se plantea una diferencia entre el efecto fotovoltaico estudiado por Edmond Becquerel y el que se encuentra en los paneles solares modernos. Mientras que el trabajo de Edmond se centraba en reacciones químicas bajo la luz, los paneles solares aprovechan las propiedades semiconductoras de los materiales para generar corriente eléctrica bajo la luz.

En el texto de Jérôme Fatet (Fatet J, 2015) se destaca que la formación y práctica de Edmond Becquerel en física se basa en la investigación experimental y en la obtención de resultados precisos y realizables para el estudio de los efectos que produce la luz sobre sustancias fotosensibles. Él evitó usar teorías cuando no fueran útiles y reivindicó el derecho a realizar experimentos independientes de marcos teóricos canónicos.

Se resalta que el análisis de la luz y sus efectos sobre la materia es un ejemplo de su enfoque. Se indica que los dispositivos utilizados en sus experimentos se construyen sin referirse explícitamente a teorías de la luz, ni proponer teorías para explicar su funcionamiento. Se aclara que los dispositivos estudiados se dividen en tres conjuntos diferentes de experimentos, lo que significa que no se pueden clasificar como experimentos independientes de cualquier teoría sobre la naturaleza de la luz.

En resumen, Edmond Becquerel se enfoca en la investigación experimental, obteniendo resultados que evitan la dependencia excesiva de formulaciones matemáticas. Este aspecto, hace que su trabajo más descriptivo, cualitativo y representativo de lo observado, sea muy pertinente para introducir a jóvenes de secundaria en este campo de estudio. Su trabajo en el análisis de la luz y los efectos que produce sobre la materia se realiza sin basarse en teorías

específicas, aunque los dispositivos utilizados pueden clasificarse en diferentes conjuntos de experimentos.

En la siguiente tabla se resumen algunos de los experimentos de Becquerel.

Dispositivo	Descripción del dispositivo
<p>Primer dispositivo creado por Becquerel.</p>	<p>El dispositivo de dos fases es mencionado como un instrumento de investigación cuyo propósito es identificar un fenómeno que afecta la materia bajo la influencia de la luz, pero cuya forma de producción es desconocida. El autor plantea que este dispositivo no está respaldado por una teoría explicativa debido a la falta de comprensión del fenómeno en estudio. Asimismo, se indica que el experimentador adopta un enfoque metodológico y epistemológico que busca minimizar posibles fuentes de error y artefactos, asegurando que las mediciones estén directamente relacionadas con el fenómeno investigado.</p> <p>A pesar de estas estrategias, no lograron convencer al principal detractor de Becquerel, Jean-Baptiste Biot, y se requirió desarrollar un segundo dispositivo para eliminar posibles errores y artefactos. Este segundo dispositivo permitiría aplicar de manera continua la estrategia propuesta por Franklin, es decir, eliminar posibles errores y artefactos.</p> <p>El primer dispositivo construido por Becquerel tiene la función en la investigación para identificar un fenómeno ligado a la luz. Se destaca la falta de una teoría explicativa y se mencionan las estrategias utilizadas por Becquerel para eliminar errores y artefactos. También se menciona la necesidad de desarrollar un segundo dispositivo para mejorar la validez de los resultados y abordar las críticas de Jean-Baptiste Biot. (Fatet J, 2015)</p>
<p>Segundo Experimento creado por Becquerel.</p>	<p>El enfoque de Edmond Becquerel para eliminar posibles fuentes de error en sus experimentos. Se menciona que construyó un nuevo dispositivo basado en un proceso diferencial para demostrar que los efectos causados por la luz en las placas de platino desnudas no afectaban al dispositivo anterior. Sin embargo, se plantea un problema en cuanto a la validación de este nuevo dispositivo y la necesidad de contar con suficiente respaldo para su validez.</p> <p>Sorprendentemente, Jean-Baptiste Biot acepta los resultados del segundo dispositivo sin validarlos previamente, como una forma de eliminar posibles artefactos en el dispositivo de dos fases. El uso de un dispositivo diferencial se considera eficaz para demostrar la ausencia de un fenómeno bajo una influencia específica, ya que permite detectar cualquier cambio y anular cualquier artefacto que pueda ocurrir en ambos elementos al mismo tiempo.</p> <p>Se menciona que el uso del proceso diferencial también fue utilizado por César Becquerel (1788 - 1878) durante la construcción del galvanómetro, lo que permite utilizar el dispositivo como indicador de la ausencia de efecto. La aceptación de los principios de funcionamiento del dispositivo puede deberse a la aceptación en</p>

	<p>la comunidad científica de que los artefactos sean reproducibles y que su aparición simultánea en las dos placas permita su anulación mutua, esto gracias al enfoque de Edmond Becquerel para eliminar posibles fuentes de error en sus experimentos a través de la construcción de un nuevo dispositivo diferencial, y se plantean preguntas sobre la validez y aceptación de los resultados obtenidos. (Fatet J, 2015)</p>
<p>El actinómetro electroquímico.</p>	<p>El trabajo de Edmond Becquerel y su conexión entre placas metálicas recubiertas por sustancias reactivas a la luz y placas recubiertas por sustancias fotosensibles. Al modificar el dispositivo, Becquerel cambia el objeto de estudio, convirtiendo la sustancia fotosensible en un detector que permite analizar la luz solar. El autor destaca la influencia del propio aparato en la teoría, ya que su modificación afecta su función y la relación entre los resultados y la realidad. También se menciona la importancia de las elecciones del experimentador y su papel en la construcción del diagrama explicativo que vincula el funcionamiento del dispositivo al fenómeno estudiado. Sin embargo, se señala que el enfoque científico de Becquerel y su rigor experimental anclan el uso del actinómetro electroquímico en el mundo real, lo que matiza esta etapa de negociación entre los elementos involucrados.</p> <p>Se destaca el contexto social y científico en el que trabaja Edmond Becquerel y se resalta la importancia de la validación de su instrumento, el actinómetro electroquímico, por parte de la comunidad científica de la época. Se menciona además que el interés en la fotografía y las sustancias fotosensibles fue clave en la aceptación de los resultados de Becquerel. También se hace mención del reconocimiento científico de su padre, César Becquerel, quien pertenecía a la Academia de Ciencias, lo que contribuyó a la favorable posición de Edmond en la comunidad científica francesa. El texto sugiere que podría haber habido intereses individuales y políticos involucrados, ya que el apoyo de François Arago a Becquerel le permitía enfrentarse a su rival Jean-Baptiste Biot. Por último, se menciona que en ese momento había un debate sobre la naturaleza de la luz, con la aceptación mayoritaria del modelo ondulatorio propuesto por Fresnel, pero con algunos defensores de la teoría corpuscular, como Biot. El análisis de la luz solar realizado por Edmond Becquerel y las reacciones que provocó en Biot podrían contribuir a enriquecer este debate y acercarnos a una posible resolución. (Fatet J, 2015)</p>

Tabla 2. Descripción de los experimentos realizados por Edmond Becquerel. (FATET J, 2015)

Se reconoce la importancia de estos experimentos por que proponen una mirada al estudio de la luz desde los efectos que puede producir en elementos fotosensibles, a lo que a la propuesta de investigación le facilita para la proyección de una propuesta de aula que genere efectos sensibles para los estudiantes.



Fatet se toma la tarea de replicar experimentos de Becquerel que le permitieron comprender mejor la naturaleza de la luz y cómo las sustancias químicas pueden reaccionar bajo su influencia. (Fatet J, 2015)

En la siguiente imagen se muestran los datos de medición de corriente sobre una mezcla de haluros de plata como el bromuro de plata y el cloruro de plata. Estas sustancias fueron utilizadas para explorar la sensibilidad a la luz de diferentes compuestos y para estudiar la naturaleza de la luz a través de los efectos que producen en el actinómetro obtenidos, Jérôme Fatet replica el actinómetro de Becquerel.

Light color	Silver bromide	Warmed silver chloride	Silver iodide
Dark red	3	3	1
Red	7	5	4
Orange	7	7	5
Orange-Yellow	6	6	11
Yellow	7	7	12
Green	9	9	10
Blue	11	4	8
Violet	14	4	14
Dark violet	14	3	8
Near UV	18	1	8
Far UV	6	0	4

Imagen 3. Datos de medición de corriente con el actinómetro replica de Jérôme Fatet. (FATET J, 2015)

Los datos en la imagen muestran la medición de corriente de tres compuestos (Bromuro de plata, Cloruro de plata y yoduro de plata) cuando son proyectados con luces de distintas frecuencias; en la imagen se puede observar que en el tipo de luz cercana a la ultravioleta para el bromuro de plata se genera un corriente de 18 siendo la mayor medición, luego, para el bromuro de plata y el yodo de plata en las frecuencias de luz violeta, violeta oscura y ultravioleta tiene un registro que predomina respecto a las otras luces de color, lo que permite contrarrestar y comprobar los efectos que produce la luz ultravioleta sobre sustancias fotosensibles. Esta experiencia fue utilizada para el diseño de un montaje que permite evidenciar los cambios eléctricos de una sustancia fotosensible cuando está en presencia de luz UV, no se utilizó en sí el mismo dispositivo pero si se utilizaron elementos como el uso de sustancias reactivas al igual que el uso de luces de diferentes frecuencias. Esta experiencia permite conocer el fenómeno de transformación de luz en electricidad, pues la medición de

corriente en los compuestos mencionados revela patrones distintivos que destacan la influencia de la luz de diferentes frecuencias en la generación de corriente eléctrica. La observación de que el bromuro de plata muestra la corriente más alta cuando se expone a luz cercana a la ultravioleta subraya su sensibilidad a esta gama específica de radiación. Asimismo, el registro predominante para el bromuro de plata y el yoduro de plata en las frecuencias de luz violeta, violeta oscura y ultravioleta indica la capacidad de estos compuestos para responder de manera destacada a rangos específicos de luz.

Este análisis sentó las bases para el diseño un montaje experimental diseñado con el propósito de visualizar y entender los cambios eléctricos en sustancias fotosensibles bajo la influencia de la luz ultravioleta. Aunque el dispositivo final no replicó exactamente el experimento original, se emplearon elementos similares, como sustancias reactivas y luces de diversas frecuencias, para recrear las condiciones esenciales. Esta experiencia ofrece una valiosa perspectiva sobre el fenómeno de la transformación de la luz en electricidad, permitiendo explorar de manera práctica y tangible cómo ciertos compuestos responden a la radiación ultravioleta y generan corrientes eléctricas mensurables.

#### 2.4 EL ACTINÓMETRO

En julio de 1841, los informes de la Academia de Ciencias describieron el actinómetro electroquímico inventado por Edmond Becquerel. Este dispositivo fue creado para analizar la luz solar y medir su actividad luminosa. Consistía en una mesa longitudinal con una placa de madera que sostenía una cuba de agua. Dentro de la cuba había una solución conductora de electricidad y dos láminas de plata conectadas a un galvanómetro.

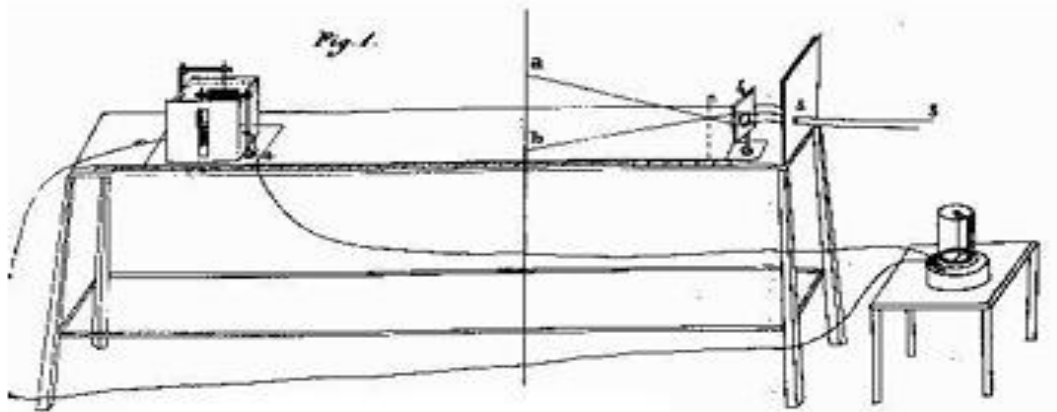


Imagen 4: Esquema del actinómetro electroquímico de 1841. tomada de "les recherches d'edmond becquerel sur la nature de la lumière entre 1839 et 1843, histoire d'une interaction réussie entre science et photographie" (FATET J, 2015).

El proceso de descomposición de la luz solar en espectros se llevaba a cabo mediante un prisma colocado sobre la mesa. La placa del actinómetro electroquímico podía deslizarse lateralmente, lo que permitía que los diferentes colores del espectro solar pasaran a través de una rendija en una pantalla ubicada frente a la placa. Las dos placas de plata dentro de la cuba estaban recubiertas con yodo de plata y se conectaban a los bornes del galvanómetro para medir la corriente generada por la luz. Para garantizar mediciones precisas, se tomaban precauciones para asegurar que las placas estuvieran en el mismo estado de yodación. Además, el actinómetro electroquímico debía utilizarse en una habitación completamente oscura, permitiéndose solo la luz de una vela ubicada lejos del dispositivo. Además, el tiempo de exposición de la placa iluminada debía ser lo más corto posible.

Ahora nos concentraremos en el actinómetro electroquímico de Edmond Becquerel y los resultados que proporcionaron este montaje; era un dispositivo utilizado para analizar la luz solar y medir su actividad luminosa. Se basaba en corrientes eléctricas generadas por reacciones químicas para realizar mediciones precisas. Según Jérôme Fatet, Edmond Becquerel presenta su tesis titulada "Recherches sur les effets de la radiation chimique et de la lumière solaire a moyo moyen des courants électriques" (Fatet J, 2015). El objetivo de su investigación era estudiar la reacción de diversas sustancias bajo la influencia de las radiaciones que emanan de la luz y su efecto sobre los elementos de los cuerpos, ya sea

combinándolos o separándolos. Estas radiaciones, denominadas radiaciones químicas, están presentes en todas las partes del espectro y se rigen por las leyes físicas de reflexión, refracción y polarización.

Para llevar a cabo su estudio, Becquerel propuso utilizar corrientes eléctricas en la combinación y separación de dos elementos bajo la influencia de las radiaciones químicas. Describió un aparato en el cual se colocan dos líquidos de densidades desiguales, conductores de electricidad, uno sobre el otro en un jarrón. Si uno de los líquidos contiene una sustancia capaz de reaccionar con la otra bajo la influencia de la luz, se producirá una corriente eléctrica que puede medirse con un galvanómetro.

Becquerel realizó experimentos utilizando este aparato y estudió la reacción del percloruro de hierro sobre el alcohol bajo la luz. Observó una decoloración lenta de la mezcla que duraba varios días. Mediante la exposición de dos líquidos de densidades desiguales a la luz, Becquerel demostró que la intensidad de la corriente eléctrica producida dependía del número de rayos recibidos por la interfase entre los líquidos. Además, utilizó distintos filtros para evaluar los efectos de la luz de diferentes colores y espesores sobre la reacción.

Becquerel concluyó que su aparato permitía medir los efectos de los medios químicos sobre las partes constituyentes del cuerpo, sin necesidad de comparar diferentes tinturas o sustancias. Sin embargo, Jean-Baptiste Biot planteó objeciones y propuso que los efectos de la luz también podrían ocurrir en las placas de platino del aparato de Becquerel. Esta controversia se discutió posteriormente.

La investigación realizada por Edmond Becquerel en el siglo XIX sobre los efectos de la luz en las placas metálicas. Becquerel quería determinar si los efectos medidos en las placas se debían al desequilibrio de temperatura causado por la diferencia de calentamiento entre ellas.

Para investigar esto, Becquerel propuso un dispositivo diferencial que consistía en colocar dos placas metálicas idénticas unidas por un galvanómetro. Una placa se exponía a la luz mientras la otra se mantenía en la oscuridad. Si la luz generaba un efecto, se detectaría un desequilibrio en el galvanómetro. (Fatet J, 2015)

Becquerel experimentó con placas metálicas recubiertas con sustancias fotosensibles, como haluros de plata. Observó que la luz generaba efectos eléctricos en estas placas recubiertas, lo que llevó a la conclusión de que estos efectos no eran causados por el calentamiento, sino por una capa de impurezas en la superficie metálica. Estos efectos se atribuyeron a la acción de los rayos químicos sobre estas impurezas. (Fatet J, 2015)

Además, Becquerel estableció una relación entre sus estudios y la práctica de la daguerrotipia, ya que utilizó placas de plata recubiertas con haluro de plata en sus experimentos. Concluyó que la descomposición de estos compuestos bajo la influencia de la luz generaba efectos eléctricos que se podían utilizar para determinar el número de rayos químicos activos. Mediante el uso de un dispositivo diferencial y placas recubiertas con sustancias fotosensibles, Becquerel pudo estudiar estos efectos y establecer una conexión con la práctica de la daguerrotipia (Fatet J, 2015).

Se aborda la historia de los descubrimientos relacionados con sustancias fotosensibles y reacciones fotoquímicas; describe experimentos realizados con un dispositivo de dos compartimentos, para demostrar que los efectos estudiados no se originan en el calor y que se pueden estudiar las reacciones fotosensibles usando corrientes eléctricas, el documento permite observar cómo Becquerel describe el estudio de las reacciones fotoquímicas con un dispositivo bifásico.

Se establece según el texto (Fatet J, 2015), que ciertos rayos en un haz de radiación solar, distintos de los rayos luminosos y térmicos, pueden reaccionar con placas metálicas sumergidas en un líquido conductor, generando una corriente eléctrica mensurable mediante un galvanómetro. En segundo lugar, se menciona que ciertas sustancias sensibles a la luz solar, como los bromuros y cloruros y, al ser expuestas a la radiación, producen una corriente eléctrica cuya intensidad se puede utilizar para comparar los efectos químicos generados.

El autor destaca que el enfoque presentado en la tesis difiere del enfoque de los informes de Edmond Becquerel. Además, las conclusiones de la tesis contrastan con las conclusiones mencionadas en esos informes. Mientras que en la tesis se considera que los resultados del segundo dispositivo permiten el análisis de la luz a través de sustancias fotosensibles, en los

informes se presentan los mismos resultados como si permitieran el estudio de los efectos químicos producidos. (Fatet J, 2015)

Los experimentos realizados por Edmond Becquerel consistieron en estudiar el espectro solar utilizando un prisma de vidrio de sílex para descomponer la luz en diferentes colores. Realizó mediciones de corriente en distintas zonas del espectro solar y observó que la corriente era más intensa en los rayos amarillos y violetas. Además, descubrió que había una acción más allá del violeta hasta una cierta longitud y que no había acción más allá del rojo. (Fatet J, 2015)

Después, comparó los resultados obtenidos con prismas hechos de diferentes materiales, como vidrio de silicio o aluminio. Encontró que había muy poca diferencia en la posición y la intensidad de los efectos máximos para los rayos excitadores y continuadores entre los tres prismas. En otro experimento, comparó la luz producida por diferentes lámparas con la luz solar. Observó que la lámpara Argand tenía más rayos de continuidad química que los rayos solares, es decir, más rayos menos refrangibles. También estudió la influencia de la intensidad de la luz en la intensidad de la corriente, utilizando una lente para variar la intensidad de la fuente luminosa. Sin embargo, los resultados obtenidos no mostraron una proporcionalidad inversa entre la intensidad de la luz y la corriente. (Fatet J, 2015)

En su investigación sobre el espectro solar, utilizó distintos procedimientos fotográficos para analizar las líneas de Fraunhofer en el espectro químico. Concluyó que el espectro químico y luminoso presentaban las mismas imágenes y que más allá del violeta había un número infinito de líneas. Basándose en los resultados obtenidos, adoptó la teoría de Fresnel, que afirmaba que el espectro luminoso y el espectro químico eran uno y el mismo. (Fatet J, 2015)

Los experimentos de Edmond Becquerel permitieron establecer conexiones entre el espectro luminoso, el espectro químico y la acción de la luz sobre los cuerpos. Aunque sus resultados fueron importantes, reconoció que eran necesarios experimentos más precisos para cuantificar la intensidad de la corriente en función de la intensidad de la luz. También observó que el material del prisma no afectaba significativamente a los resultados obtenidos y que las diferencias de absorción se neutralizaban en el actinómetro.

En el análisis de los efectos eléctricos producidos por la luz, se ha considerado no solo el texto de Fatet, sino también el trabajo pionero de Becquerel en esta área. La revisión de del texto proporciona una visión histórica más completa y enriquecedora sobre el desarrollo de la comprensión de la relación entre la luz y la electricidad. A través de este estudio histórico, se destaca la evolución de las ideas y teorías a lo largo del tiempo. En particular, al revisar los escritos de Becquerel, se profundiza en los primeros experimentos que exploraron los efectos fotovoltaicos, sentando las bases para investigaciones posteriores.

Se extrae de este estudio histórico la apreciación de cómo las mentes científicas han abordado y desentrañado los misterios de la luz y su interacción con la electricidad a lo largo de los años. La persistencia en la exploración de estos fenómenos, desde los experimentos tempranos hasta las teorías más complejas, resalta la naturaleza colaborativa y acumulativa de la investigación científica. Como resultado de esta comprensión histórica, surge la idea de diseñar un enfoque en el aula que no solo presente los conceptos actuales sobre la transformación de la luz en electricidad, sino que también destaque la evolución histórica de estas ideas. Incorporar experimentos o demostraciones que reflejen los primeros descubrimientos, como los de Becquerel, puede proporcionar a los estudiantes una experiencia más completa y contextualizada. Además, fomentar la discusión en el aula sobre cómo estas ideas evolucionaron con el tiempo puede inspirar un mayor interés y aprecio por el proceso científico y la importancia de la investigación continuada.

## 2.5 PRODUCCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS EFECTOS ELÉCTRICOS EN SUSTANCIAS FOTOSENSIBLES AL SER ILUMINADAS BAJO DIFERENTES FRECUENCIAS DE LUZ

Para la construcción de situaciones experimentales que permitan a las personas reconstruir sus experiencias, el leguaje y el conocimiento para entender el comportamiento de la transformación de la luz en electricidad, el trabajo consideró importante desarrollar propuestas de aula que permitan el estudio y contribución a la construcción de conocimiento científico desde la actividad experimental, así que el trabajo de investigación tuvo encuentros académicos con 5 profesores de física en formación de la Universidad Pedagógica Nacional.

Se realizaron 4 encuentros en modalidad virtual, destinando 1 hora por sesión<sup>1</sup>; en donde se realizaron los siguientes momentos de las practicas experimentales abordadas con los profesores en formación para el estudio del comportamiento eléctrico de las sustancias al proyectarse ante un haz luz. El propósito de estos encuentros con profesores fue poder obtener las discusiones y recomendaciones experimentales como una primera aproximación sobre la propuesta, sus consideraciones sobre la mirada para la actividad experimental, y las nociones e ideas de estas personas sobre el fenómeno de la transformación de luz en electricidad, el efecto fotoeléctrico y de la relación entre luz y electricidad. Todo esto a partir de situaciones experimentales diseñadas desde una perspectiva del estudio de la transformación de las sustancias y sus reacciones. El análisis de las sesiones trabajadas con ellos, se realizará por cada situación abordada, las ideas, recomendaciones y discusiones que surgieron en cada encuentro serán narradas a partir de una revisión y transcripción de las grabaciones de cada encuentro, para su análisis se encuentran 2 memorias que pretenden suscitar las situaciones de discusión y reflexión con los profesores en formación y la propuesta del estudio de las sustancias que cambian su estado eléctrico al estar proyectadas con un haz de luz, es importante aclarar que en los encuentros con los docentes en formación la manipulación de los fluidos y las mediciones estuvieron a mi cargo.

Para describir con mayor detalle los momentos y discusiones que se desarrollaron con los profesores en formación no se mencionaran los nombres de los colaboradores; en las memorias que se encuentran a continuación se mencionaran las intervenciones y comentarios de los profesores de física con la letra P, ejemplo: “La profesora  $P_n$  mencionó una observación sobre lo que se visualizó para tal situación”, se les otorgó el pronombre de “el” o “la” profesora. Es preciso aclarar que, en los momentos del encuentro con los docentes en formación, estábamos acompañados de la maestra a cargo del proceso investigativo de los docentes, en el texto se menciona con el pronombre de profesora MG.

---

<sup>1</sup> Los encuentros se realizaron de esta manera remota, debido a que en ese momento de la investigación, la sociedad experimentaba una contingencia por salud pública, COVID-19.



### 2.5.1 MEMORIA SOBRE EL ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN FLUIDO FLUORESCENTE CUANDO SE LE PROYECTA CIERTO TIPO DE LUZ.

Se propusieron ejercicios experimentales para comprender la interacción luz-electricidad para diferentes sustancias. Para esto hay que considerar que el estudio de la transformación de luz en electricidad se desarrolló a partir de la observación y experimentación de fluidos al proyectar sobre ellos diferentes frecuencias de luz, para identificar cambios a simple vista y eléctricos con ayuda de un multímetro.

El encuentro con los docentes en formación en física estuvo orientado por la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las interpretaciones, recomendaciones y sugerencias que pueden hacer los docentes en formación del programa de licenciatura en física sobre la secuencia de actividades estructurada para la comprensión del fenómeno de la transformación de luz en electricidad y la reacción de sustancias ante la luz?

Para el primer encuentro con los profesores de física se hizo una breve descripción y presentación de las tres situaciones experimentales para el estudio de las relaciones entre la luz y la electricidad, un camino para estudiar las transformaciones eléctricas de las sustancias, al igual se presentaron los objetivos de la propuesta de aula, los cuales estaba encaminados a proporcionar a partir de la actividad experimental evidenciar efectos y sus condiciones para cuando hay un cambio eléctrico o térmico cuando se proyectan diferentes tipos de luces de colores en el montaje experimental que se explicó con anterioridad.

Para dar inicio a la primera situación de análisis se les solicitó a los profesores que tuvieran en cuenta la siguiente pregunta: ¿Cómo podemos explicar los cambios que presentan esos fluidos?

La primera situación de estudio que se desarrolló con los profesores se basó en observar los cambios visibles en un fluido fluorescente mezclado con agua ( 40 mil ) cuando sobre él se proyectan luces de color roja, amarilla, blanca, azul y ultravioleta; uno de los profesores de física, el cual llamaremos  $P_2$ , menciona dos ideas que se cuestiona, la primera cuestión era sobre porque en el primer momento no se iban a identificar cambios eléctricos, a lo que se le responde que para poder establecer relaciones sobre los cambios que se presentan en los

fluidos es necesario hacer unas primeras observaciones visuales, y la segunda cuestión se basaba en proponer una relación con otra situación sobre los colores que pueden generarse en la combustión de elementos y su explicación química, a lo que la profesora  $P_1$  dice que es interesante tener en cuenta la mirada del profesor  $P_2$ , ya que permite pensar los efectos coloridos que generan las sustancias al quemarse, y la relación entre la luz y el calor como radiación.

Continuando con el desarrollo de la actividad, se les recordó a los profesores de física que la intención era identificar los efectos y las condiciones que se presentan en los cambios del fluido. En la video-llamada, con ayuda de una cámara, se grabó lo que ocurría con el fluido fluorescente cuando se proyectaban luces de diferentes colores para que los profesores de física observen ciertos efectos y los comentaran en sus casas. Antes de iniciar la observación experimental la profesora  $P_3$  activo su micrófono para realizar la siguiente pregunta: - “¿De dónde se había conseguido la sustancia y a qué se debía su color?”; a lo que se le respondió que el método de obtención del fluido fluorescente fue extrayendo la tinta de unos marcadores resaltadores y mezclándolo con agua.



Imagen 5. Imagen observada por la profesora  $P_3$  en su computadora al momento de realizar sus preguntas.

Se les comenta a los profesores que es necesario el uso de guantes para las practicas, como luego del aviso, se oscureció el lugar donde estaba el fluido, pero por cuestiones técnicas no era posible oscurecer completamente la habitación, lo que llamó la atención de los profesores de física, esto se aprovechó para preguntarles a los profesores que lograban observar, lo que la profesora  $P_3$  comenta: - “ Lo que se ve ahí, es que la parte del centro está más oscura y la

parte que esta más pegada al vidrio es más clarita”, Luego la profesora  $P_4$  dijo lo siguiente : -“ Lo que yo observó es lo mismo, yo creo que eso es porque lo comenta la profe  $P_4$ , por el ingreso de luz que interfiere en lo que se observa”, inmediatamente el profesor  $P_3$  dice: - “ Yo pensaría que es por el efecto del vidrio, de pronto la luz interactúa con el vidrio y se ve el reflejo más claro”, lo que comenta la profesora  $P_3$  se relacionó de una vez más que con el efecto que se genera en la sustancia como un efecto de reflexión de luz sobre el envase donde se encontraba el fluido.

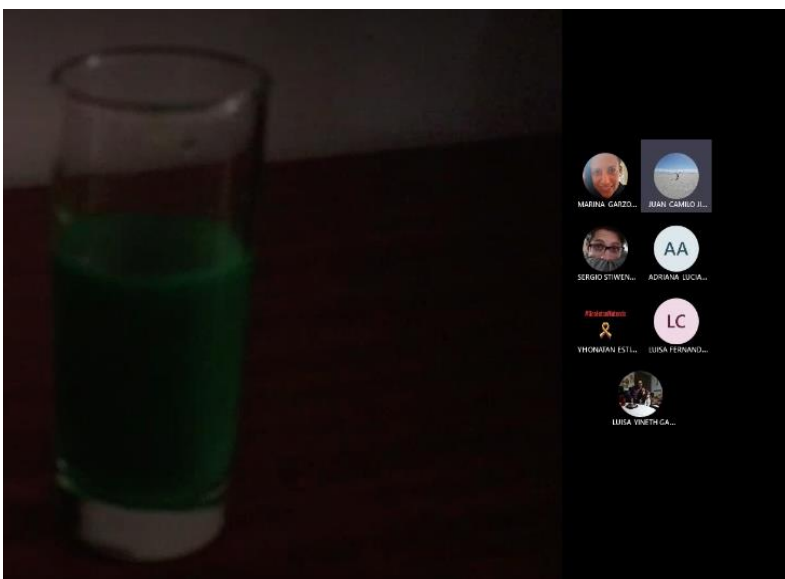


Imagen 6. Captura de la imagen observada por el profesor.

Se colocó un foco de luz amarilla por aproximadamente 40 segundos y se les solicito a los profesores que comentaran lo que observaban, la profesora  $P_5$  pidió la palabra y dijo lo siguiente: – “La observación que se tiene con la luz amarilla, es que en la parte de abajo del vaso se ve más clara, a medida que va subiendo se ve más oscuro seguramente por la posición en que está proyectada la luz sobre la copa”, la profesora MG luego pregunta: -¿ A que creen que se debe esos cambios y las diferencias en la tonalidad?, la pregunta motivó a la profesora  $P_3$  a responder de la siguiente manera: - “A mí se me hace que es por la forma del vaso y el grosor del vidrio”.

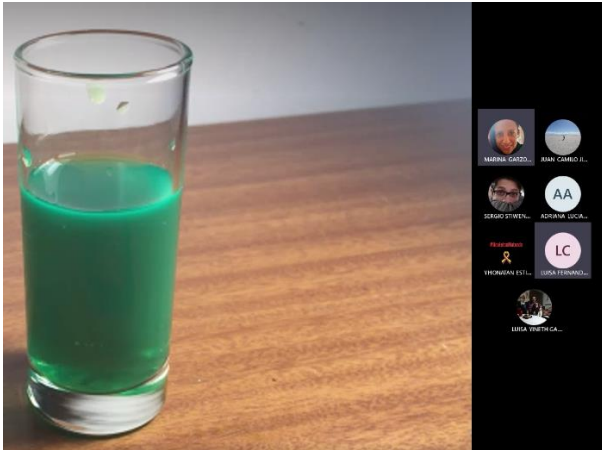


Imagen 7. Fluido fluorescente proyectado con luz amarilla observado en las pantallas.

Sobre esas ideas de los profesores de física se podría decir que se evidencia en la experiencia las diferencias en las tonalidades como brilla el fluido con la luz amarilla, por lo que los profesores solicitaron que era necesario observar el efecto desde diferentes perspectivas por lo que esto se asume como una primera recomendación para poder observar los efectos que se generan cuando se proyecta luz amarilla sobre un fluido fluorescente.

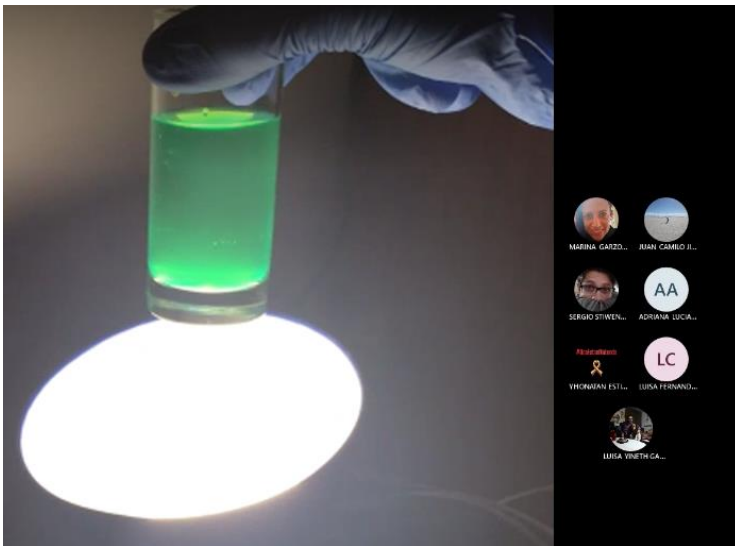


Imagen 8. Observación del fluido fluorescente con perspectiva de la proyección de luz diferente.

Con la imagen proyectada sobre las pantallas de los profesores, el profesor  $P_3$  mencionó a que de esta manera se lograba ver un tono más brillante en la base de la copa de vidrio y realizó la siguiente pregunta: -“¿No hay posibilidad de cambiar el recipiente por uno de plástico delgado?”, además la profesora  $P_5$  sugiere revolver bien la sustancia; gracias a esto se logró obtener unas imágenes por parte de los profesores sobre lo que se observaban. Esta situación permitió discutir con los profesores que es necesario organizar las actividades experimentales teniendo en cuenta diferentes materiales o espacios de observación, y esta es la idea de la disposición experimental.



Imagen 9. Fluido fluorescente en diferentes envases, plástico y vidrio.

El docente  $P_2$  sugirió utilizar recipientes de diferentes materiales, para observar si el contenedor del fluido generaba algún cambio en lo que se observaba. Al colocar los envases de diferentes materiales se pudo evidenciar un efecto que se genera con el tipo de material de recipiente que contiene la sustancia fluorescente, idea desconocida, pero es muy importante para observar este fenómeno de luminiscencia. Después se colocó en el foco un bombillo blanco, el bombillo usado es de gas, para poder observar si existían cambios y que efectos se podían recibir con este tipo de luz. Para este tipo de luz se obtuvieron las mismas observaciones ya que el brillo se reflejaba, la reacción del fluido era más intensa al de la luz amarilla.



Imagen 10. Observación del fluido fluorescente proyectado con luz blanca.

La siguiente luz que se colocó fue la luz roja, donde la profesora  $P_5$  comento lo siguiente: -“ Es evidente que es muy importante en que recipiente está el líquido porque si miras bien si se ve diferente”, esto dio paso a la intervención de la profesora  $P_4$  donde realiza las siguientes observaciones, - “ es evidente que hay una relación con el envase del líquido y el brillo que genera, pero debemos también centrarnos en lo que percibimos, el efecto sobre lo que se genera u ocurre en la sustancia y no sobre el envase” al igual se logró comentar que el tono de la luz y su comportamiento produce ciertos efectos como los de reflexión y difracción, que no tienen que ver con el efecto fotoeléctrico.

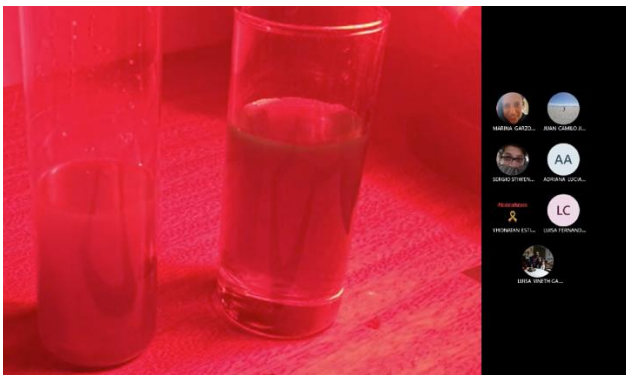


Imagen 11. Observación del fluido fluorescente con proyección de luz roja.

Posterior a eso se colocó la luz azul en el foco, esta luz que se utilizó se producía con un bombillo de tipo halógeno que estaba pintado en su exterior con una capa de color azul; luego de observar un rato lo que ocurría con este tipo de luz en el fluido el profesor  $P_2$  realizó la siguiente observación: -“ La tonalidad es diferente ahora, brilla bastante o es más intenso pero como lechoso” lo que los otros profesores acertaron de igual manera, el profesor  $P_3$  tomo la palabra y menciona: “Este tipo de luz tiene algo en especial que hace que refleje más cantidad de luz, es como si la luz azul tuviese la capacidad de generar algo sobre las partículas del líquido para que se genere ese efecto con esa cantidad de luz” y esto llevo a que la profesora  $P_1$  preguntara lo siguiente: -“¿Qué ocurre si apagas la luz?”, al momento de apagar la luz no se observó nada de luz por parte del fluido lo que llevo a que el profesor  $P_5$

comentara: -“Es como si el fluido no fuera foto receptivo” y la profesora  $P_1$  mencionó: “Parece que este tipo de luz no genera cambios en la sustancia luego de apagar la luz que alumbra, pareciera que la sustancia no está siendo afectada por la luz”.



Imagen 12. Observación del fluido fluorescente con proyección de luz azul.

Luego se colocó la luz ultravioleta en el foco y se proyectó sobre el fluido, resultando en estas observaciones de los profesores: el efecto que se genera con la luz ultravioleta es diferente, la luz es mucho más intensa, lo que permitió concluir en un primer momento, que esta sustancia reacciona reflejando la luz proyectada, pero no hay cambios a simple vista tras dejar de proyectar una luz ultravioleta.



Imagen 13. Observación del fluido fluorescente con proyección de luz ultravioleta.

La siguiente tabla resume las observaciones más relevantes realizadas en el momento de observación de los efectos o cambios visibles que producen diferentes tipos de luz proyectadas sobre una sustancia fluorescente.

Sustancia Fluorescente	Luz Amarilla	Luz roja	Luz blanca	Luz azul	Luz Ultravioleta
Observaciones	Se logra observar más claridad al fondo del vaso y en las secciones al borde del vidrio, se genera un aro iluminado en los bordes del recipiente de vidrio.	El fluido se torna de color rojizo, sin embargo, la luz generada por el fluido no es tan intensa. En el vaso de vidrio se aprecia una línea verde encima y en el vaso de pastico el rojo uniforme. Se puede ver un refleja en ambos vasos una línea negra y la mayoría de la sustancia se ve roja .	Se logra observar mayor luz reflejada por el fluido en el centro de este, en los bordes se sigue observando un aro iluminado, Las tonalidades se ven muy similares a las de la luz amarilla.	La producción de luz por parte del fluido es más intensa en la mayoría de las secciones del vaso que contiene el fluido.  La sustancia se ve iluminada en el vaso de vidrio en el medio se ve transparente, mientras que el vaso plástico se ve la sustancia iluminada y con un color uniforme.	Mayor intensidad en la luz reflejada por el fluido. Se ve las sustancias con una iluminación uniforme.

Tabla 3. Resumen de las descripciones de los fluidos al ser proyectado con luces de diferentes frecuencias.

En la tabla se destaca que la luz azul y la ultravioleta generan mayor luminiscencia en el fluido fluorescente que los otros tipos de luces, lo que llevó a decidir el uso de la luz ultravioleta como única fuente para la propuesta en el aula con los estudiantes de grado undécimo del Liceo San Basilio Magno. Estas experiencias resultaron de gran importancia pues permitió replantear las nuevas experiencias con los estudiantes

#### 2.5.2 MEMORIA SOBRE EL ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA DE NITRATO DE PLATA CON AGUA, CUANDO SE LE PROYECTA CIERTO TIPO DE LUZ UV

Para este momento de la practica con los docentes en formación, que también se realizó en modalidad remota, se utilizó el montaje descrito en la propuesta de aula (Ver: Imagen 14: Diseño experimental, aislamiento de una mezcla de sulfato de hierro con alcohol y agua conectada a una fuente de 5 voltios y un medidor de corriente, en una caja con fuente de luz UV ), donde se buscaba identificar cambios eléctricos y térmicos en una mezcla de nitrato de



plata con agua encerrado en un contenedor sin entrada de luz del exterior y recubierto con papel reflejante (papel aluminio), mientras el líquido se encontraba conectado a una pila y a su vez se le proyectaban diferentes tipos de luz.

Se utilizó una mezcla de nitrato de plata en agua que estaba siendo afectada por diferentes frecuencias de luz, la intención al igual que la situación anterior es poder identificar variaciones en la medición del voltaje, la corriente y la temperatura del fluido. El procedimiento se basó en encerrar la mezcla en el contenedor, se tomó el registro correspondiente (voltaje, corriente y temperatura) para cada concentración primero en ausencia de luz y luego de 20 minutos de haber encendido las luces se volvió a tomar las medidas, los datos obtenidos se encuentran en las siguientes tablas. Es importante que aclarar que para cada situación se renovaban las mezclas y las pilas, con ánimo de reducir el efecto del desgaste.

#### Primer análisis. Medición del voltaje.

Concentración de la mezcla	Ausencia de luz	Luz Amarilla	Luz blanca, tubo de gas	Luz roja	Luz azul	Luz Ultravioleta
Agua 40 ml nitrato de plata 3 gr	8.60 v	8.60 v – 8.62 v	8.60 v – 8.63 v	8.60 v – 8.61 v	8.60 v – 8.63 v	8.60 v – 8.65 v
Agua 40 ml nitrato de plata 8 gr	8.60 v	8.60 v – 8.63 v	8.60 v – 8.63 v	8.60 v – 8.61 v	8.60 v – 8.63 v	8.60 v – 8.65 v
Agua 40 ml nitrato de plata 15 gr	8.60 v	8.60 v – 8.63 v	8.60 v – 8.64 v	8.60 v – 8.61 v	8.60 v – 8.64 v	8.60 v – 8.65 v

Tabla 4. Mediciones de los cambios del voltaje de la mezcla de nitrato de plata al contacto con luces de diferentes frecuencias.

En la tabla 4 se observa que, aunque aumente la concentración de nitrato de plata de la mezcla, la medida del voltaje no se afectará, pero tras encender la luz blanca, la luz azul y la ultravioleta, después de 20 minutos de exposición hay un pequeño aumento en la medición de voltaje comparado con las otras luces.

#### Segundo análisis: Medición de la corriente.

Concentración de la mezcla	Ausencia de luz	Luz Amarilla	Luz blanca, tubo de gas	Luz roja	Luz azul	Luz Ultravioleta
Agua 40 ml nitrato de plata 3 gr	2.1 A	2.2 A	2.3 A	2.2 A	2.5 A	2.6 A
Agua 40 ml nitrato de plata 8 gr	2.2 A	2.4 A	2.3 A	2.2 A	2.5 A	2.6 A
Agua 40 ml nitrato de plata 15 gr	2.2 A	2.4 A	2.3 A	2.2 A	2.5 A	2.6 A

Tabla 5. Mediciones de los cambios de corriente de la mezcla de nitrato de plata al contacto con luces de diferentes frecuencias.

En la tabla 5 se muestra que el aumento de la corriente que tiene la mezcla cuando es proyectada luz ultravioleta sobre ella luego de 20 minutos de exposición es mayor en comparación a las demás luces; es importante observar como la medición de la corriente se mantiene constante (2.6 voltios) para las tres concentraciones diferentes.

Tercer análisis: Medición de la temperatura.

Concentración de la mezcla	Ausencia de luz	Luz Amarilla	Luz blanca, tubo de gas	Luz roja	Luz azul	Luz Ultravioleta
Agua 40 ml nitrato de plata 3 gr	19 °C	28° C	33° C	29 °C	23° C	23° C
Agua 40 ml nitrato de plata 8 gr	19 °C	28° C	33° C	29°C	23° C	23° C
Agua 40 ml nitrato de plata 15 gr	19 °C	28° C	33° C	29 °C	23° C	23° C

Tabla 6. Mediciones de los cambios de temperatura de la mezcla de nitrato de plata al contacto con luces de diferentes frecuencias.

Para la medición de la temperatura se muestra en la tabla que la luz que más generó aumentos fue la luz blanca y la luz roja, aumentando aproximadamente 10 grados Celsius en los 20 minutos de exposición, mientras que la luz azul y ultravioleta son las que menos cambios térmicos producen.

Estos resultados permiten evidenciar los efectos que tiene la luz azul y sobre todo la luz ultravioleta en la mezcla, con estas mediciones se identificó que si lo deseado es observar los

cambios eléctricos que posee un fluido fotosensible cuando se proyecta luz, la luz ultravioleta es la que más permitirá evidenciar tales efectos, y como se mencionó anteriormente se escogió como única fuente para llevar el estudio en el aula, de tal manera que si se tienen en cuenta aspectos que proporcionan las experiencias de Becquerel, como el uso de ciertas sustancias reactivas, al igual que el uso de diferentes frecuencias de luz y que al ponerlos en contacto se puedan medir unas magnitudes de corriente, pone en primer plano el efecto de estudio de este proyecto.

Gracias al encuentro con los docentes en formación, el trabajo de investigación tomó la decisión de no acudir a los efectos producidos en las sustancias fluorescentes debido a que no demostraban de manera sencilla, esa alteración o cambio del estado eléctrico del fluido cuando se le proyectan luces, estos ajustes se realizaron pensando en el ambiente escolar; también se rescató de la prueba piloto con los docentes en formación que el aumento o disminución de la concentración del nitrato de plata no mostró cambios significativos en las mediciones de corriente. La realización de actividades con docentes en formación como prueba piloto desempeñó un papel fundamental en el proceso de desarrollo experimental. Esta etapa inicial permitió identificar tanto fortalezas como áreas de mejora en las actividades propuestas. La colaboración con los docentes proporcionó valiosas perspectivas y retroalimentación directa desde la práctica pedagógica, enriqueciendo significativamente el diseño original. Este enfoque experimental no solo facilitó la adaptación de las actividades a las necesidades específicas del contexto escolar, sino que también contribuyó a optimizar su efectividad y pertinencia. La experiencia piloto, por lo tanto, se erigió como un paso esencial para perfeccionar las estrategias educativas, asegurando así una implementación exitosa y adaptada a las dinámicas reales del entorno escolar.

Se procuró que en los momentos de desarrollo experimental en modalidad remota con los docentes en formación, aunque los participantes no estuvieran en contacto directo con los montajes, ellos lograron visualizar e intervenir por medio de mis actos, en las condiciones que son importantes para observar el efecto eléctrico de algunas sustancias cuando son proyectadas con luz ultravioleta.

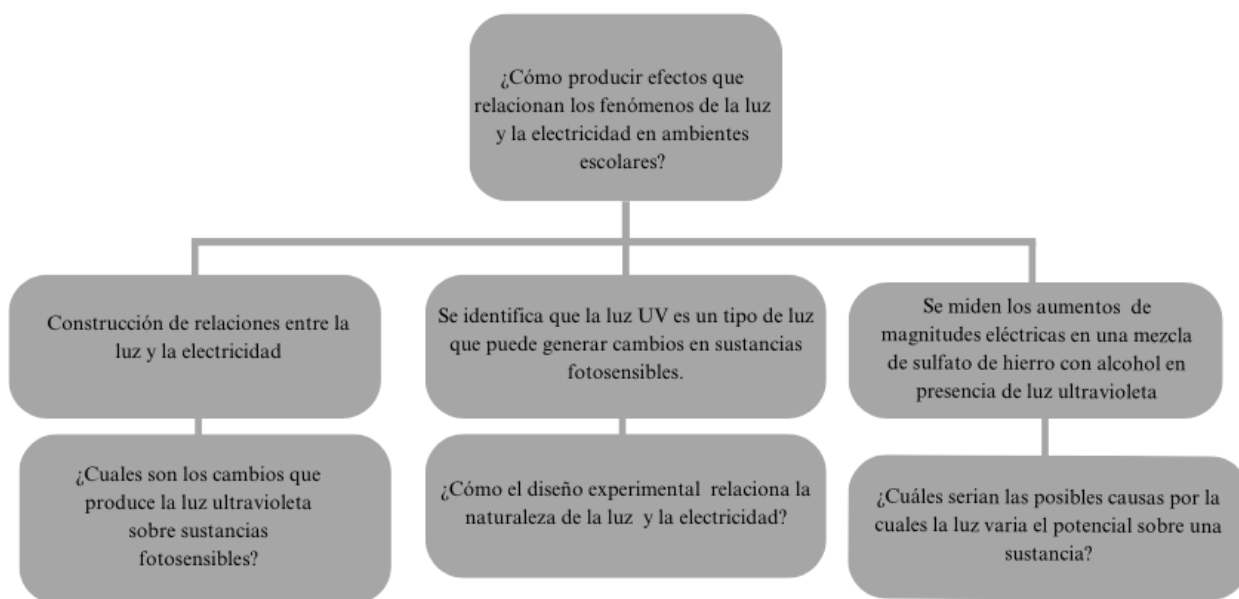
### CAPÍTULO III. PROPUESTA DE AULA PARA ABORDAR EL FENÓMENO DE LA TRANSFORMACIÓN DE LA LUZ EN ELECTRICIDAD, SOBRE EL EFECTO DE LA LUZ UV EN LAS SUSTANCIAS

En este capítulo se presenta como fue la preparación y diseño de las actividades experimentales orientadas al estudio de la transformación de luz en electricidad, se parte de la premisa fundamental de utilizar marcos conceptuales presentados en el capítulo 2. Estos marcos conceptuales son una estructura de referencia esencial, que proporciona a los estudiantes la capacidad de construir explicaciones fundamentadas en sus experiencias con el fenómeno en cuestión.

Más allá de la consideración teórica, la elaboración de la propuesta de aula implica un enfoque integral: no solo se incorporan las situaciones y efectos analizados en el marco conceptual, también se realiza un trabajo exhaustivo de investigación experimental. Esta investigación experimental busca con el grupo de estudiantes la idoneidad de las situaciones seleccionadas para evidenciar los efectos deseados de la sustancia escogida bajo la influencia de la luz ultravioleta. La fase preliminar de experimentación se erige como un paso crucial antes de la implementación en el aula, asegurando que las situaciones propuestas sean efectivas para generar discusiones y análisis significativos con los estudiantes.

La propuesta de aula se diseñó como una respuesta al estudio del fenómeno de los cambios eléctricos que tienen algunas sustancias cuando son iluminadas con luz ultravioleta, estudio que en un momento en el desarrollo de la investigación se llevó a cabo una prueba piloto con 5 docentes de física para que luego de haber sido discutido, fue proyectado en el ambiente escolar, posteriormente se reconstruye la propuesta de aula con el objetivo de ser aplicada en un contexto escolar. La propuesta de aula para estudiar los cambios eléctricos sobre sustancias fotosensibles se realizó en un colegio del noroccidente de Bogotá, en el colegio Liceo San Basilio Magno con 8 estudiantes de grado undécimo con personas de entre 16 y 18 años; la institución se identifica por formar ciudadanos competentes y empresarios para la sociedad, se enfoca en el sector productivo donde los estudiantes dominan conceptos sobre circuitos eléctricos y nociones básicas sobre el aprovechamiento de recursos naturales para obtener energía limpias.

Es pertinente como se ha mencionado anteriormente que el estudiante reconozca y reconstruya nuevas formas de percibir, sentir y pensar el fenómeno de la transformación de la luz en electricidad; es por eso que la triada de la experiencia, el lenguaje y el conocimiento es de suma importancia para este proyecto de aula, pues se considera que la construcción de conocimiento se ve beneficiada al tener en cuenta actividades que involucren preguntas y debates que lleven al estudiante a cuestionarse sobre lo que realmente sabe sobre cómo funcionan estos procesos de transformación y adaptarse a un lenguaje que permita describir y explicar lo que se observa en diferentes situaciones y efectos asociados a la transformación de luz en electricidad.



Esquema 1. Secuencia de la propuesta de aula para el estudio de la transformación de luz en electricidad.

La propuesta de aula tiene como objetivo acercar a los estudiantes al fenómeno de la transformación de luz en electricidad, en forma de introducción se muestra el esquema que explica como a partir de una pregunta sobre un fenómeno se pueden organizar situaciones que permiten evidenciar los cambios eléctricos de una mezcla cuando es proyectada sobre luz ultravioleta; cada actividad será expuesta en detalle a medida que se desarrolla y avanza en este capítulo.

En este momento recordamos que en la configuración y diseño de las actividades experimentales se considera que los marcos conceptuales investigados y expuestos en el capítulo 2, servirán como base para establecer una red de referencia sobre las situaciones que permitirían al estudiante construir a partir de experiencias unas formas de explicación sobre el fenómeno que se quiere estudiar y lograr una reconstrucción del conocimiento del estudiante sobre el de transformación de luz en electricidad. Como se había mencionado anteriormente, para el diseño y elaboración de la propuesta de aula no solamente se tuvieron en cuenta las situaciones y efectos diligenciados e investigados en el marco conceptual, sino que también, el trabajo de investigación se toma el tiempo de realizar los experimentos previamente para así poder identificar y corroborar si estas situaciones permiten evidenciar los efectos que se quieren analizar con los estudiantes, por lo que antes de la implementación se realizó la tarea de investigar experimentalmente si estas situaciones que se decidieron implementar en la propuesta si lograban mostrar de la mejor manera algunos de los efectos eléctricos que produce la luz ultravioleta sobre algunas sustancias y así pudieran servir para ser discutidos y analizados con los estudiantes.

La descripción de las actividades desarrolladas en el aula se describen, en la siguiente tabla:

Nombre de los momentos.	Construcción de relaciones con el fenómeno de transformación de luz en electricidad.
Actividad 1. <b>Discusión y reflexión sobre las formas de convertir luz en electricidad.</b>	Esta actividad busca generar un dialogo, se utilizan preguntas para el transcurso de la sesión que van permitiendo tener una imagen de lo que el estudiante conoce del fenómeno de transformación de luz en el electricidad, también se utiliza material audiovisual que hace una recontextualización del fenómeno de estudio, la producción de electricidad desde procesos de transformación de la luz: explorar cómo se genera electricidad a través de la luz, abordando conceptos sobre la emisión de fotones en dispositivos como paneles solares, fotoceldas. Se tiene en cuenta conceptos como corriente eléctrica, voltaje, resistencia y circuitos eléctricos.  Al abordar el tema los estudiantes podrán comprender la estrecha relación entre la electricidad y la luz, así como su importancia en diversas aplicaciones tecnológicas y cotidianas.
Actividad 2. <b>Estudio de los cambios eléctricos producidos en una mezcla fotosensible (sulfato de hierro</b>	Se realiza una demostración en vivo o en laboratorio para mostrar cómo la luz se convierte en electricidad, se utilizó una mezcla de sulfato de hierro diluida en agua con alcohol conectada a un cargador de celular y a un medidor de corriente, se hace evidencia y registro de los efectos o cambios que se generan en la medición de la corriente del circuito cuando el fluido es proyectado con luz ultravioleta.

<b>con alcohol y agua) al contacto con la luz ultravioleta.</b>	Se pretende explorar cómo la luz genera reacciones en sustancias fotosensibles, se contempla que la luz ultravioleta puede producir y liberar electrones de las sustancias que luego viajarán en circuitos y así poder utilizar la electricidad en diferentes situaciones, se da un contexto al fenómeno de transformación y se discute cómo la relación entre electricidad y luz se utiliza en la vida cotidiana y en tecnologías avanzadas, como pantallas LED, iluminación inteligente, y dispositivos fotovoltaicos.
---	--

Tabla 7. Descripción de las actividades desarrolladas con la propuesta en el aula.

### 3.1 PROPUESTA DE AULA: CONSTRUCCIÓN DE RELACIONES ENTRE LA LUZ Y LA ELECTRICIDAD PARA LA COMPRESIÓN DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN

La propuesta se constituye a partir de dos momentos orientados gracias a preguntas que se formularon para establecer la ruta de estudio y los intereses de la investigación en el aula. La propuesta de aula propone un objetivo de enseñanza centrado en la actividad del docente y luego un objetivo de aprendizaje, que se utiliza para evidenciar si hay avances en las formas de explicación de los estudiantes.

Cada actividad propuesta se compone de una pregunta problema que plantea el docente, para fomentar la construcción de aprendizaje-conocimiento sobre el fenómeno estudiado y sus respectivos objetivos de enseñanza y aprendizaje.

#### **Objetivo de aprendizaje de la propuesta:**

- Evidenciar a partir de una situación experimental, cuáles son las condiciones y efectos para la producción de corriente eléctrica a partir de la proyección de la luz ultravioleta en una mezcla de sulfato de hierro en agua-alcohol

#### **Objetivo de enseñanza de la propuesta:**

- Proporcionar a partir de la actividad experimental, situaciones que permitan al estudiante evidenciar y relacionarse con algunos efectos y sus condiciones para la producción de corriente a partir de la proyección de la luz ultravioleta en una sustancia (mezcla de sulfato de hierro en agua-alcohol).

- Construir y debatir en el aula la relación entre los cambios eléctricos que se producen en sustancias fotosensibles al contacto con la luz ultravioleta.
- Aproximar las experiencias de los estudiantes al problema de la transformación de luz en electricidad, a partir del estudio de los cambios eléctricos que se producen en algunas sustancias al contacto con luz ultravioleta.
- Construir un espacio en el aula para estudiar los fenómenos de transformación a partir de la actividad de discusión y experimentación.

En el primer momento de la propuesta se genera un diálogo con el grupo de 8 estudiantes a partir de la siguientes pregunta: ¿De qué manera puedo percibir los cambios eléctricos que produce la luz ultravioleta sobre sustancias?, lo anterior se hizo gracias al encuentro con los docentes en formación donde se escuchó a los profesores de física mencionar algunas primeras nociones o ideas sobre el estudio de la transformación de la luz en electricidad; luego se realizó un segundo momento a partir de la experimentación, donde se diseñó un dispositivo que se mostrará con detalle en la siguiente sección, se observaron los cambios eléctricos con ayuda de instrumentos de medición (un multímetro) que presentó en una sustancia fotosensible (mezcla de sulfato de hierro diluida en agua-alcohol), donde al separar la luz ultravioleta de la mezcla y se midió la cantidad de corriente; es importante aclarar que para el segundo momento, la manipulación del montaje experimental estuvo a mi cargo, pues en ese momento era el docente a cargo, y por seguridad en el laboratorio se tomó tal decisión en la manipulación. Luego se compararon los resultados de medición de corriente de la mezcla con las misma concentraciones pero ahora con luz ultravioleta, lo anterior con la intención de poder observar con el estudiante algunos efectos y cambios eléctricos producidos por la incidencia de la luz en la sustancia.

### 3.1.1 ACTIVIDAD 1: DISCUSIÓN Y REFLEXIÓN SOBRE LAS FORMAS DE CONVERTIR LUZ EN ELECTRICIDAD

Tiempo: 1 Hora



### **Objetivos de enseñanza de la actividad 1:**

- Obtener consideraciones preliminares de los estudiantes sobre la relación luz-electricidad a partir de un espacio de dialogo y reflexión sobre las maneras para producir electricidad a partir de la luz.
- Enfatizar en las sustancias que poseen los dispositivos o herramientas existente que permiten evidenciar cambios eléctricos.

### **Objetivos de aprendizaje de la actividad 1:**

- Reconoce que los dispositivos existentes para transformar luz en electricidad utilizan elementos que reaccionan y cambian su estado eléctrico ante la presencia de luz.
- Identifica que la luz ultravioleta puede transformar el estado eléctrico de sustancias fotosensibles.

### **Materiales:**

- Guía de apoyo.
- TV
- Material audiovisual.

Video: ¿Cómo funcionan las celdas solares? Enlace del video:

<https://www.youtube.com/watch?v=MgLGKMrsBX8>

Pregunta de orientación: ¿Cuáles son las formas de explicación de los estudiantes de grado undécimo sobre las condiciones y formas para generar electricidad a partir de la luz?

### **Inicio:**

Se da un saludo animado a los estudiantes, para el primer momento de la actividad se propone al grupo el objetivo de discutir de qué manera se puede obtener electricidad a partir de la luz, la discusión se da gracias a la siguiente pregunta ¿De qué manera se puede aprovechar la luz del sol para producir electricidad y suplir las necesidades de nuestra sociedad?

Desarrollo:

Cuando se realiza la pregunta planteada para el inicio del encuentro, se les solicita a los estudiantes que organicen una oración donde expliquen con nociones básicas, que entienden o conocen sobre los procesos de transformación de luz en electricidad. Luego de obtener algunas afirmaciones sobre la transformación de luz en electricidad inicia el segundo momento de la actividad 1, se comparte un video al grupo de estudiantes donde los estudiantes deben evidenciar como es el funcionamiento de una placa fotovoltaica, el docente encargado realiza la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las condiciones o elementos necesarios para producir electricidad a partir de la luz?, cuando los estudiantes comiencen a responder la pregunta el docente debe promover que el estudiante se concentre en los siguientes puntos: para producir electricidad con una placa se necesita una fuente de luz, la placa fotovoltaica funciona gracias a que contiene el elemento silicio, un sistema de dopaje y contención eléctrica que compone la placa; estos puntos permitirán obtener frases organizadas por los estudiantes con el ánimo de orientar la actividad número 2.

Desenlace:

Se les propone a los estudiantes la idea de que el funcionamiento de una placa fotovoltaica se debe gracias a que estos artefactos se componen por una sustancia que es el silicio, esta sustancia genera una reacción eléctrica cuando se le proyecta luz, se propone que el siguiente encuentro se realizara el estudio de una sustancia que reacciona eléctricamente cuando hay luz y se medirán esos cambios con ayuda de un dispositivo diseñado para observar tales cambios

3.1.2 ACTIVIDAD 2: ESTUDIO DEL CAMBIO ELÉCTRICO DE UNA MEZCLA DE SULFATO DE HIERRO EN AGUA-ALCOHOL CUANDO SE LE PROYECTA LUZ ULTRAVIOLETA

Tiempo: 1 Hora.

**Objetivos de enseñanza de la actividad 2:**

- Reflexionar y discutir con los estudiantes con ayuda de un dispositivo donde se evidencia el efecto que puede generar la luz ultravioleta sobre una sustancia de sulfato de hierro con agua-alcohol.
- Reconoce que la luz ultravioleta genera un cambio en la medición de la corriente eléctrica del dispositivo, en presencia de luz ultravioleta aumentan las magnitudes de corriente eléctrica.

### **Objetivos de aprendizaje de la actividad 2:**

- Deduce que el cambio en la medición de la corriente se debe a la proyección de luz UV sobre la mezcla.
- Relaciona el aumento en la medición de corriente como el efecto que produce la luz UV en sustancias fotosensibles.
- Reconoce el papel que juegan las sustancias para observar el efecto de transformación de luz en electricidad.

### **Materiales:**

- Bata blanca.
- Lentes de seguridad transparentes
- Guantes
- Cuaderno de apuntes.
- Lapiceros.
- Sulfato de hierro 20 gr.
- Recipiente de vidrio (Beaker 100 ml)
- Cajón sin entrada ni salidas de luz con paredes internas reflejantes.
- Linterna de luz ultravioleta.
- Agua.
- Alcohol.
- Cargador de celular de 5 voltios – 2 amperios
- Cables de conexión.
- Amperímetro.

Pregunta de orientación: - ¿Cuáles son afirmaciones de las estudiantes sobre las condiciones que favorecen el aumento en la medición de intensidad de corriente con la mezcla de sulfato de hierro?

Inicio: Se da una bienvenida al grupo de estudiantes, se les propone el objetivo de evidenciar y reconocer las condiciones por las cuales aumenta la medición de intensidad eléctrica en un fluido (mezcla de sulfato de hierro en agua-alcohol) cuando se proyecta luz ultravioleta sobre el, al igual que reconocer y evidenciar que la luz ultravioleta favorece de mejor manera el paso de la corriente por el fluido de estudio.

Desarrollo: Se les presenta el siguiente dispositivo a los estudiantes y se les explica cada parte del diseño.

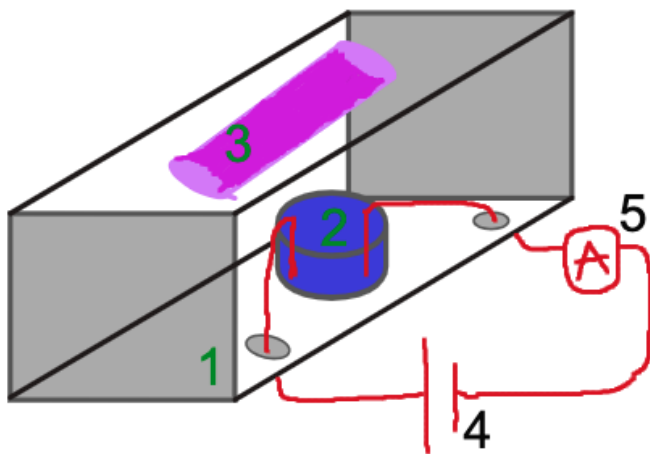


Imagen 14: Diseño experimental, aislamiento de una mezcla de sulfato de hierro con alcohol y agua conectada a una fuente de 5 voltios y un medidor de corriente, en una caja con fuente de luz UV.

Partes del diseño experimental:

1. Caja cerrada de cartón con una cubierta interna de papel aluminio.
2. Beaker con mezcla de sulfato de hierro de 10 mg, 30 ml de agua y 30 ml de alcohol.
3. Lámpara de luz ultravioleta.
4. Fuente eléctrica, cargador de celular.
5. Medidor de corriente, amperímetro.

Luego de que se organice el dispositivo se les propone a los estudiantes las siguientes condiciones experimentales: La manipulación de las mezclas que se utilicen estará a cargo del docente, la toma de datos se realizará sobre dos mezclas que son iguales en relación a las concentraciones de los elementos que componen las mezclas, en un caso se toman datos de corriente eléctrica utilizando la mezcla sin presencia de luz ultravioleta y en el segundo caso se toman los datos con presencia de luz ultravioleta con ánimos de conservar las condiciones iniciales en el experimento. El tiempo de toma de datos para las mezclas con y sin presencia de luz UV serán de 20 min cada una, luego de que se inicie la toma de datos no se debe agitar ni mover la caja, pues el movimiento de la mezcla modificará los datos. Se tiene en cuenta las siguientes tablas para la obtención de datos con los estudiantes.

Tabla de datos sin presencia de luz ultravioleta.

Tiempo de reacción	5 min	10 min	15 min	20 min
Intensidad de corriente				

Tabla 8. Tabla para datos de medición de corriente sin luz UV.

Tabla de datos con presencia de luz ultravioleta.

Tiempo de reacción	5 min	10 min	15 min	20 min
Intensidad de corriente				

Tabla 9. Tabla para datos de medición de corriente con luz UV.

Posteriormente a la toma de datos se solicita a los estudiantes que comenten qué información se obtiene y que comparen los resultados de las dos tablas. Al realizar las lecturas de las tablas se debe enfatizar en el encuentro que es evidente que el paso de corriente se ve afectado cuando hay presencia de luz ultravioleta, al igual que se deben priorizar las condiciones experimentales como el tiempo de reacción, el espacio dentro del cajón y las condiciones iniciales del experimento.

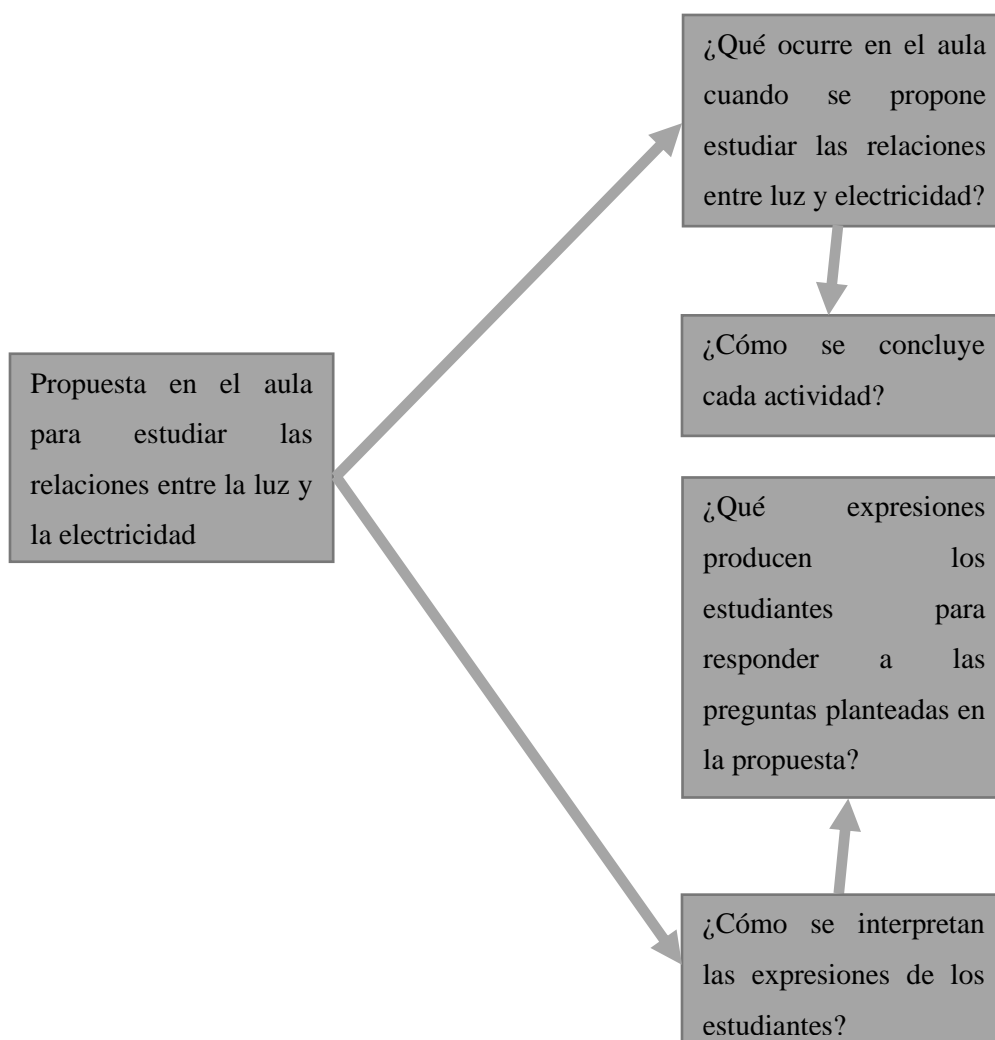
Las actividades fueron diseñadas de tal forma para ser desarrolladas en dos sesiones, esto con el ánimo de evitar que se extendieran los encuentros con los estudiantes y poder llegar a concretar las ideas más centrales sobre el fenómeno de transformación de luz en electricidad.

Es importante que los encuentros estén orientados a responder las preguntas orientadoras intentando no dar relevancia a preguntas que surjan en los estudiantes que no pertenezcan al tema de estudio.

En el siguiente capítulo mostraré cómo se implementó la propuesta de aula con el grupo de 8 estudiantes de grado undécimo y cuáles fueron las formas de explicar, lo que entendían y observan sobre el fenómeno de estudio de la transformación de luz en electricidad.

CAPÍTULO IV. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS EXPRESIONES DE LOS ESTUDIANTES EN EL DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES PARA EL ESTUDIO DE LA TRANSFORMACIÓN DE LUZ EN ELECTRICIDAD.

Esta sección del trabajo de investigación se discute y analiza la experiencia desarrollada en el aula para la **construcción de relaciones luz-electricidad**, rescatando lo más relevante de los experimentos y las explicaciones o afirmaciones que daban los 8 estudiantes de grado once del Liceo San Basilio Magno, en Bogotá. Se presenta el siguiente esquema que orienta el desarrollo de la propuesta sobre el fenómeno de transformación de luz y electricidad;



Esquema 2. Preguntas que orientan el proceso de sistematización en el aula.

se analizan las expresiones de los estudiantes teniendo en cuenta las preguntas del esquema 2, estas preguntas tienen en cuenta que analizar las expresiones proporcionadas por los estudiantes es un aspecto fundamental para comprender y evaluar los procesos de construcción de conocimiento sobre el fenómeno de estudio. Estas explicaciones no solo revelan la comprensión individual de los conceptos, sino que también ofrecen una ventana a los enfoques y estrategias cognitivas utilizadas durante el aprendizaje.

La importancia de este análisis radica en su capacidad para identificar patrones, lagunas o malentendidos en la adquisición de conocimientos. Al explorar la gama de expresiones que utilizan los estudiantes, los educadores pueden adaptar sus métodos de enseñanza para abordar áreas problemáticas específicas y proporcionar intervenciones personalizadas cuando se abordan los fenómenos de transformación de magnitudes en el aula escolar.

Además, el análisis de las respuestas de los estudiantes facilita la identificación de concepciones previas, permitiendo a los educadores reconstruir y guiar a los estudiantes hacia una comprensión más profunda. Este enfoque centrado en el estudiante fomenta un aprendizaje activo y participativo, ya que se ajusta a las necesidades individuales y promueve un proceso de construcción de conocimiento más significativo. El análisis cuidadoso de las explicaciones de los estudiantes no sólo proporciona una evaluación del nivel de comprensión, sino que también informa estratégicamente sobre cómo mejorar la enseñanza en las ciencias naturales.

La propuesta de aula se realizó en el laboratorio de la institución educativa, la información se recolectó realizando 2 bitácoras, una para cada encuentro, con la colaboración de uno de los estudiantes del colegio; se organizó el grupo de a 4 parejas. Para mencionar los estudiantes se utilizarán las letras:  $E_{ng}$ , donde E es el estudiante, n es el número del estudiante y g es el grupo al que pertenece el estudiante. Se organizó la siguiente tabla donde se encuentran los dos momentos de la propuesta, cada momento con su respectivo desarrollo de actividad, preguntas orientadoras y las afirmaciones de los estudiantes.



4.1 RESPUESTAS DEL GRUPO DE ESTUDIANTES EN LA ACTIVIDAD 1. DISCUSIÓN Y REFLEXIÓN SOBRE LAS FORMAS DE CONVERTIR LUZ EN ELECTRICIDAD.

Momento 1. Discusión y reflexión sobre las formas de relacionar la luz y la electricidad.		
Desarrollo de la actividad	Pregunta orientadora	Respuestas/comentarios de los estudiantes.
<p>Momento 1:</p> <p>Inicialmente se le realizó la pregunta de orientación para obtener las primeras ideas del grupo de estudiantes sobre el fenómeno de estudio.</p> <p>Cuando se realiza la pregunta se les da la indicación de levantar la mano para responder, el orden de las respuestas es el que aparece en la columna de respuestas/comentarios de los estudiantes.</p>	<p>¿De qué manera se puede aprovechar la luz del sol para producir electricidad y suplir las necesidades de nuestra sociedad?</p>	<p><i>E<sub>13</sub>: "Se trata de usar paneles solares, que son como placas grandes que se colocan en los techos o en los campos grandes. Creo que lo que hacen es <b>captar la luz del sol y la convierten en electricidad</b>".</i></p> <p><i>E<sub>11</sub>: " ¡con paneles solares! Y con los molinos de viento, son unas ruedas gigantes que sacan el agua, se necesita un dinamo, con unas cucharas que van rodando y va sacando el agua y la va rotando y <b>eso tiene una fuerza</b>".</i></p> <p><i>E<sub>24</sub>: " creería que es posible con herramientas que capturen la luz del sol, he escuchado de paneles que usa la gente de las casas".</i></p> <p><i>E<sub>12</sub>: " Se puede aprovechar, heeeee (titubea), cuando hace mucho sol y el calor que se produce calienta los paneles solares y cuando hace calor produce electricidad para que pueda llevarse a los pequeños pueblos"</i></p> <p><i>E<sub>14</sub>: " Pues es lo que aprendimos en ciencias, la luz del sol se puede usar para hacer electricidad usando unas que se llaman paneles solares. Están hechos de un material especial que toma la luz del sol y la convierte en electricidad, es como magia. Es como cuando usas una calculadora solar y no necesitas pilas porque con la luz ya funciona, Pero en grande. Es súper genial porque es como aprovechar algo que ya está ahí, también es muy bueno para el planeta porque no contamina. <b>Básicamente, la luz del sol llega a los paneles, se convierte en electricidad y luego podemos usar esa electricidad para encender los dispositivos que necesitan electricidad.</b> Y si todos usamos energía solar, dejaríamos de utilizar petróleo o cosas que contaminan".</i></p>

		<p><i>E<sub>23</sub>: "Una forma en que la luz del sol se puede aprovechar para producir electricidad es a través de la instalación de paneles solares. <b>Estos paneles están compuestos por celdas fotovoltaicas que convierten la luz solar en electricidad.</b> Estos paneles pueden ser instalados en techos de edificios o en terrenos abiertos donde haga sol. Una vez que la electricidad es generada, puede ser utilizada para suplir las necesidades de nuestra sociedad, como proporcionar energía a hogares o negocios".</i></p> <p><i>E<sub>23</sub> : " Para aprovechar la luz del sol y producir electricidad es necesario poner algunos espejos grandes para reflejar la luz del sol hacia dispositivos que generen electricidad, ¿es la luz quien genera la electricidad no? "</i></p>
<p><b>Momento 2. Discusión y reflexión sobre las formas de relacionar la luz y la electricidad.</b></p>		
<p>Desarrollo de la actividad</p>	<p>Pregunta orientadora</p>	<p>Respuestas/comentarios de los estudiantes.</p>
<p>Para este momento se proyectó el video: ¿Cómo funcionan las celdas solares?, con el ánimo de que el grupo de estudiantes empezaran a tener en cuenta que para producir electricidad a partir de la luz se requiere que los dispositivos tengan una sustancia fotosensible</p>	<p>Luego de observar el video responde: ¿Cuáles son las condiciones o elementos necesarios para producir electricidad a partir de la luz?</p>	<p><i>E<sub>14</sub>: "para generar electricidad a partir de la luz, se necesitan células solares que convierten la luz solar en corriente eléctrica, junto con un sistema que incluya inversores y conexiones adecuadas. La luz solar y condiciones ambientales favorables son fundamentales para maximizar la eficiencia del proceso."</i></p> <p><i>E<sub>23</sub>: "Varios paneles solares pueden conectarse en serie o en paralelo para aumentar la cantidad de electricidad generada. La conexión en serie aumenta el voltaje, mientras que la conexión en paralelo aumenta la corriente."</i></p> <p><i>E<sub>12</sub>: " Son dispositivos que convierten la luz solar directamente en electricidad. Las células solares contienen capas de materiales que reaccionan con la luz, algo de los semiconductores que liberan electrones"</i></p> <p><i>E<sub>21</sub>: " Estas células absorben la luz solar y la transforman en corriente eléctrica, pero no estoy segura de cómo exactamente funciona ese proceso"</i></p> <p><i>E<sub>24</sub>: "Los paneles solares tienen cosas como silicio y otros materiales misteriosos. Estos materiales interactúan con la luz solar y de alguna manera, generan electricidad. Es un poco como si los paneles <b>tuvieran ingredientes</b></i></p>

		<p><i>que hacen la magia solar. ¿Es como una especia de alquimia solar?"</i></p> <p><i>E<sub>13</sub>: "Es decir que El silicio absorbe la luz del sol y genera electricidad, como si fuera una reacción dentro de cada celda."</i></p> <p><i>E<sub>11</sub>: " parece que es algo dentro que convierte la energía solar en electricidad. ¿cómo hace para saber que sustancias reaccionan con la luz".</i></p>
--	--	--

Tabla 10. Expresiones de los estudiantes en el desarrollo de la actividad 1.

#### 4.1.1 ANÁLISIS PARA LOS RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD 1

El estudiante  $E_{24}$  expresa la idea de que los paneles solares "**captan la luz del sol y la convierten en electricidad**". Esta afirmación demuestra una comprensión básica del principio fundamental de la conversión de la energía solar en electricidad mediante el efecto fotovoltaico. El estudiante comprende que los paneles solares son dispositivos utilizados para captar la luz solar y convertirla en electricidad. Esta percepción es precisa y esencial en el entendimiento del fenómeno. El estudiante demostró una comprensión sólida del proceso de transformación de luz en electricidad con una condición del uso de paneles solares.

Luego el estudiante  $E_{11}$  muestra una conciencia de múltiples fuentes de energía renovable, mencionando tanto los paneles solares como los molinos de viento. Esto sugiere una comprensión de que existen diversas formas de obtener energía limpia y sostenible. La conexión entre los paneles solares y la generación de electricidad es mencionada nuevamente para mostrar coherencia con hacer énfasis en el fenómeno de estudio. La mención de "**unas cucharas que van rodando**" y "**eso tiene una fuerza**" sugiere una percepción de la relación entre los componentes en movimiento y la generación de energía, se desvía del fenómeno de estudio y la información es simplificada.

La expresión del estudiante  $E_{24}$  refleja un entendimiento básico del fenómeno de transformación de luz en electricidad mediante paneles solares. La mención de materiales como el silicio y otros "**misteriosos**" indica una percepción inicial de la complejidad de los componentes utilizados en los paneles solares. La metáfora de "ingredientes que hacen la

magia solar" sugiere una asociación intuitiva entre la combinación de estos materiales y la capacidad de los paneles para generar electricidad a partir de la luz solar. La comparación con la "**alquimia solar**" revela una interpretación poética y conceptual de la conversión de energía solar en electricidad, estableciendo una analogía entre la antigua práctica alquímica de transformar sustancias y el proceso moderno de generación de energía solar. Aunque esta metáfora no es técnica ni científica, muestra la capacidad del estudiante para conceptualizar el fenómeno de manera imaginativa. la expresión del estudiante demuestra un nivel inicial de comprensión sobre la generación de electricidad a partir de la luz solar, combinando elementos técnicos con una visión más imaginativa y metafórica del proceso. Este enfoque puede ser una oportunidad para fomentar una comprensión más profunda y precisa del tema a través de la educación científica.

Al finalizar el encuentro con los estudiante se hizo énfasis en responder la pregunta que orientaba el encuentro y la gran parte de los estudiantes demuestran comprensión al identificar la luz del sol como una fuente de energía, es el elemento que se puede aprovechar para producir electricidad.

#### 4.2 RESPUESTAS DEL GRUPO DE ESTUDIANTES EN LA ACTIVIDAD 2. ESTUDIO DEL CAMBIO ELÉCTRICO DE UNA MEZCLA DE SULFATO DE HIERRO EN AGUA-ALCOHOL CUANDO SE LE PROYECTA LUZ ULTRAVIOLETA.

<b>Momento 1. Estudio experimental de los cambios eléctricos de la sustancia a partir de la medición de la corriente.</b>						
Desarrollo de la actividad	Pregunta orientadora	Datos obtenidos en la medición de la corriente por los estudiantes.				
Momento 1:  Inicialmente se le recordó al grupo de estudiantes la intención de las actividades sobre el estudio de los cambios eléctricos en sustancias fotosensibles, se describe el funcionamiento del diseño experimental, al	¿Qué datos se obtienen al medir intensidad de corriente con la mezcla de sulfato de hierro?	La toma de datos se realiza colectivamente, una persona encarga escribe los datos que observan y mencionan cada grupo.  <b>Datos en ausencia de luz UV:</b>				
		Tiempo de reacción	5 min	10 min	15 min	20 min

<p>igual que la tabla de toma de datos.</p> <p>Se les indica que deben estar atentos a los tiempos de toma de datos</p> <p>Cuando se realiza la pregunta se les da la indicación de levantar la mano para responder, el orden de las respuestas es el que aparece en la columna de respuestas/comentarios de los estudiantes.</p>		<table border="1"> <tr> <td>Intensidad de corriente en amperios</td> <td><b>1.5</b></td> <td><b>1.6</b></td> <td><b>1.6</b></td> <td><b>1.6</b></td> </tr> </table>	Intensidad de corriente en amperios	<b>1.5</b>	<b>1.6</b>	<b>1.6</b>	<b>1.6</b>			
		Intensidad de corriente en amperios	<b>1.5</b>	<b>1.6</b>	<b>1.6</b>	<b>1.6</b>				
<p>Tabla 11.1. Mediciones de corriente en la mezcla de sulfato de hierro con agua y alcohol en ausencia de luz UV con los estudiantes.</p> <p><b>Datos con luz UV:</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Tiempo de reacción</td> <td>5 min</td> <td>10 min</td> <td>15 min</td> <td>20 min</td> </tr> <tr> <td>Intensidad de corriente en amperios</td> <td><b>1.8</b></td> <td><b>2.2</b></td> <td><b>2.2</b></td> <td><b>2.3</b></td> </tr> </table> <p>Tabla 11.12 Mediciones de corriente en la mezcla de sulfato de hierro con agua y alcohol en presencia de luz UV con los estudiantes.</p>	Tiempo de reacción	5 min	10 min	15 min	20 min	Intensidad de corriente en amperios	<b>1.8</b>	<b>2.2</b>	<b>2.2</b>	<b>2.3</b>
Tiempo de reacción	5 min	10 min	15 min	20 min						
Intensidad de corriente en amperios	<b>1.8</b>	<b>2.2</b>	<b>2.2</b>	<b>2.3</b>						

**Momento 2. Reflexiones finales sobre la experiencia de visualizar lo cambios eléctricos de una mezcla que reacciona con la luz ultravioleta.**

Desarrollo de la actividad	Pregunta orientadora	Respuestas/comentarios de los estudiantes.
<p>En este encuentro se inicio explicando el funcionamiento del diseño experimental, al igual que las condiciones para realizar la toma de datos de la variación de la corriente de la mezcla.</p> <p>Se propone reflexionar entorno a los datos medidos y las posibles causas de estos.</p>	<p>Luego de observar los efectos se les propone de nuevo responder la siguiente pregunta ¿Qué efectos eléctricos hace la luz UV sobre la mezcla de sulfato de hierro?</p>	<p><i>E<sub>24</sub></i>: " ¿Luz UV en sulfato de hierro? ¿Quizás se ponga caliente y eso genere electricidad, como cuando frota un globo en tu cabello para hacerlo levitar".</p> <p><i>E<sub>23</sub></i>: "yo lo que veo es que la sustancia que se utilice es importante, por ejemplo los paneles solares tienen silicio, nosotros usamos sulfato de hierro, quizá es <b>porque cada elemento reacciona diferente</b>"</p> <p><i>E<sub>14</sub></i>: " ¿Se supone que si se utiliza luz UV en mezclas que reaccionen a la luz, estas van a producir electricidad?</p> <p><i>E<sub>12</sub></i>: "<b>La luz UV podría desencadenar una reacción en la mezcla de sulfato de hierro, generando una corriente eléctrica. Esto podría estar relacionado con la liberación de electrones y la transformación de energía luminosa en energía eléctrica.</b>"</p> <p><i>E<sub>21</sub></i>: "<b>Seguramente el aumento en la medición se deba a la luz UV, no debería aumentar la</b></p>

		<p><i>medición de la corriente si el cargador solo puede dar hasta 1.6 amperios.”</i></p> <p><i>E<sub>13</sub>: “La luz UV podría desencadenar una reacción en la mezcla de sulfato de hierro, generando una corriente eléctrica. Esto podría estar relacionado con la liberación de electrones y la transformación de energía luminosa en energía eléctrica.”</i></p> <p><i>E<sub>11</sub>:” No estoy seguro, ¿puede la luz UV hacer que el sulfato de hierro brille en la oscuridad? Eso sería genial, pero no estoy seguro de cómo se relaciona con la electricidad.”</i></p>
--	--	--

Tabla 11. Datos medidos y expresiones de los estudiantes en la actividad 2.

#### 4.2.1 ANÁLISIS PARA LOS RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD 2

Al analizar los datos con el grupo de estudiantes y centrarnos en la idea del aumento de la corriente se realiza el siguiente análisis. La expresión del estudiante  $E_{23}$  revela una observación perspicaz sobre la importancia de los materiales utilizados en la transformación de luz en electricidad. La identificación de que los paneles solares emplean silicio y que, en el caso mencionado, se utiliza sulfato de hierro sugiere un reconocimiento de la diversidad de sustancias utilizadas en distintas aplicaciones de generación de energía. La afirmación de que **"cada elemento reacciona diferente"** demuestra un entendimiento básico de la variabilidad en las reacciones químicas y cómo esta variación puede influir en el proceso de transformación de energía. Esta observación es acertada, ya que la elección de los materiales en dispositivos de conversión de energía solar puede impactar significativamente en su eficiencia y rendimiento. En general, la expresión del estudiante refleja una apreciación inicial de la relación entre la sustancia utilizada y la capacidad de generar electricidad a partir de la luz. Este tipo de reconocimiento sienta las bases para profundizar en la comprensión de los principios científicos subyacentes, como las propiedades de los materiales y las reacciones químicas, contribuyendo así al desarrollo de una comprensión más completa del fenómeno de transformación de luz en electricidad.

Luego, la expresión del estudiante  $E_{12}$  demuestra un entendimiento más específico y detallado del fenómeno de transformación de luz en electricidad, en este caso, enfocándose en la luz ultravioleta (UV) y la mezcla de sulfato de hierro.

La mención de que la luz UV podría desencadenar una reacción en la mezcla de sulfato de hierro indica un reconocimiento de la importancia de un estímulo externo, en este caso, la luz UV, para iniciar el proceso de generación de corriente eléctrica. La relación entre la luz y la reacción electroquímica es crucial para la comprensión de la foto generación de energía en dispositivos como los paneles solares. La referencia a la posible liberación de electrones y la transformación de energía luminosa en energía eléctrica sugiere una conexión con conceptos clave en la conversión de energía solar. La liberación de electrones está asociada con la generación de corriente eléctrica, y la transformación de la energía luminosa en energía eléctrica es el proceso fundamental que tiene lugar en dispositivos fotovoltaicos. La expresión del estudiante indica un nivel más avanzado de comprensión al vincular la luz UV, la reacción química, la liberación de electrones y la transformación de energía luminosa en electricidad. Este análisis más detallado sugiere un conocimiento más profundo de los principios científicos involucrados en el fenómeno, lo que contribuye positivamente al entendimiento general del proceso.

La expresión del estudiante  $E_{21}$  sugiere una interpretación razonable al asociar el aumento en la medición de corriente con la luz ultravioleta (UV). Además, plantea una lógica consistente al cuestionar el aumento en la medición de la corriente en relación con la capacidad máxima del cargador, que en este caso menciona como hasta 1.6 amperios. El estudiante parece estar razonando que, dado que la batería tiene una capacidad máxima de 1.6 amperios, cualquier aumento en la medición de la corriente más allá de este límite debería ser cuestionado. La asociación con la luz UV indica un reconocimiento de la influencia de la radiación ultravioleta en la generación de corriente eléctrica, lo cual es coherente con los principios de los dispositivos fotovoltaicos. En general, la expresión muestra una comprensión lógica y crítica del fenómeno observado, combinando el conocimiento de la fuente de luz (UV) y la capacidad de la batería. Este tipo de análisis reflexivo es esencial para evaluar el rendimiento

y la respuesta de los sistemas de generación de energía solar en condiciones específicas, y demuestra una capacidad para aplicar el conocimiento científico a situaciones concretas.



## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

En el transcurso de esta investigación dedicada al fascinante estudio de la transformación de luz en electricidad, hemos explorado las maravillas de un fenómeno que se revela esencial para comprender la energía renovable en el contexto del aula escolar. Desde las primeras incursiones de científicos pioneros como Heinrich Hertz o unos no tan relevantes como Edmond Becquerel, hasta los desarrollos modernos en la tecnología de paneles solares; hemos desentrañado las nociones de los estudiantes sobre la conversión de la luz solar en una fuente utilizable de energía eléctrica. Este recorrido nos ha permitido vislumbrar las complejidades y las potencialidades que este proceso encierra, así como reflexionar sobre su relevancia en el ámbito educativo, donde la conciencia ambiental y la sostenibilidad son cada vez más imperativas.

En este contexto, las conclusiones finales de nuestro trabajo no solo consolidan los hallazgos obtenidos, sino que también brindan perspectivas fundamentales sobre la integración de esta temática en el aula escolar. Exploraremos cómo la comprensión de la transformación de luz en electricidad puede convertirse en una herramienta pedagógica valiosa, no solo para fomentar el conocimiento científico, sino también para cultivar una conciencia ambiental desde temprana edad. Asimismo, destacaremos la importancia de inspirar a las generaciones futuras a abrazar la innovación y la responsabilidad energética en un mundo que demanda soluciones sostenibles.

- El análisis conjunto de las expresiones de los estudiantes revela un progreso significativo en la comprensión del fenómeno de transformación de luz en electricidad. La observación inicial destaca la importancia de los materiales en la generación de energía, reconociendo la diversidad de sustancias utilizadas y la variabilidad en las reacciones químicas. Esta apreciación inicial sienta las bases para un entendimiento más profundo de los principios científicos subyacentes.

- La expresión detallada de algunos estudiantes evidencia un nivel más avanzado de conocimiento al focalizarse en la luz ultravioleta, la reacción química y la transformación de energía luminosa en electricidad. Este análisis más profundo demuestra una conexión más clara con los conceptos clave de la conversión de energía solar, destacando la importancia de la luz como estímulo y la liberación de electrones en el proceso.
- La observación lógica y crítica de los estudiantes sobre el aumento en la medición de corriente, vinculado a la luz ultravioleta y cuestionando su relación con la capacidad de la batería, refleja una aplicación efectiva del conocimiento científico a situaciones específicas. Este análisis reflexivo es esencial para evaluar el rendimiento de los sistemas de generación de energía solar en condiciones reales.
- En conjunto, las expresiones de los estudiantes muestran un progreso desde una apreciación inicial hasta un entendimiento más avanzado, evidenciando la capacidad para aplicar conceptos científicos a fenómenos complejos y proporcionando una base sólida para el desarrollo continuo de su comprensión en este campo.
- Se logra la intención de este proyecto de investigación, de poder evidenciar y analizar la organización de las ideas que realizan estudiantes de grado undécimo para dar explicaciones sobre lo que conocen del fenómeno de la transformación de luz en electricidad, al igual que se fomentan las formas en que el maestro genera escenarios de enseñanza a partir de la actividad experimental.
- Los desafíos y logros de Edmond Becquerel en su investigación científica. A pesar de la falta de reconocimiento y visibilidad en la historia de la ciencia, se destaca su contribución en tres áreas clave: la invención de los dispositivos que capturan imágenes, la realización de la primera fotografía en color del espectro solar y el descubrimiento del efecto fotovoltaico. Aunque estos logros se mencionan en relación con la invención de dispositivos para el análisis de la luz, se enfatiza que el efecto fotovoltaico abordado por Becquerel difiere del utilizado en los paneles solares modernos. Además, se menciona el papel de su familia en su posición científica y social, así como los desafíos relacionados con la preservación de sus archivos y el reconocimiento de su trabajo; la contribución de Edmond Becquerel en la historia de

la ciencia es indiscutible, aunque su legado y reconocimiento han sido en gran parte eclipsados por otros personajes famosos de su tiempo.

- Para el contexto escolar de aprendizaje que se ha propuesto, identificó que la relación entre el profesor y el estudiante tiene que estar conducido por una ruta que debe favorecer los procesos de construcción de conocimiento teniendo en cuenta las habilidades y capacidades de los estudiantes, dejando a un lado los prejuicios que el mismo profesor tiene para abordar experimentos en ciencias. Luego reconozco que aparece una dificultad en la relación entre el profesor y el conocimiento científico para favorecer los procesos de construcción a partir del experimento.
- La organización de la replicación de experimentos y el análisis de estos, puede ser una herramienta útil para comprender mejor la historia de la ciencia y la tecnología, y puede proporcionar información valiosa sobre la concepción y especificaciones de los instrumentos utilizados en la investigación científica.
- El docente encargado de configurar y diseñar las actividades debe previamente al encuentro con los estudiantes coleccionar, organizar y adaptar los contenidos necesarios por jerarquías o etapas sucesivas, teniendo en cuenta que cada etapa diseñada debe asegurarse de acoger los razonamientos comunes que poseen los estudiantes y el profesor, para así procurar que haya un reconocimiento en la construcción de alguna interpretación por parte de los participantes en la marcha experimental, y luego de reconocer el avance en el grupo para dar paso al siguiente nivel o etapa.
- La dependencia excesiva de métodos pedagógicos tradicionales, como conferencias magistrales y evaluaciones estandarizadas, no solo limita el potencial de los estudiantes, sino que también contribuye a un desinterés generalizado por el aprendizaje. La diversidad de estilos de aprendizaje y la necesidad de habilidades prácticas y críticas son aspectos que a menudo se pasan por alto en un sistema educativo arraigado en la uniformidad y la rigidez. Es imperativo reconocer que la educación no puede seguir siendo un relicario del pasado, sino que debe convertirse en un agente dinámico y adaptable al presente y al futuro. La revolución tecnológica, los cambios en la dinámica laboral y las demandas de una sociedad cada vez más

interconectada exigen una transformación radical en la manera en que concebimos y ofrecemos la educación. Abogar por modelos educativos innovadores, centrados en el estímulo de la creatividad, la colaboración y la resolución de problemas, se convierte en una tarea urgente. La sociedad actual requiere individuos con habilidades multidisciplinarias, pensamiento crítico y la capacidad de adaptarse a un entorno en constante cambio. La resistencia a abandonar los modelos educativos obsoletos se traduce en una desventaja significativa para las generaciones futuras.

- Se necesita seguir innovando y produciendo nuevas estrategias para la enseñanza y construcción del conocimiento científico. Se debe encaminar los procesos de enseñanza en ciencias a que transformen y re-direccionen los procesos económicos, socio-culturales y políticos de las personas que aprenden, pues se cree que al promover que el estudiante analice y critique lo que lo rodea, el ejercicio de enseñar sería más dinámico.
- El maestro, previamente a la impartición de las clases, ha de seleccionar conceptos y definiciones los cuales, al ser abordados por los estudiantes, puedan ser comprendidos y no atrofien o generen obstáculos en la enseñanza de las ciencias. De este modo, las estrategias pedagógicas que utilice el docente deben ser precisas en encaminar la sesión en el objetivo propuesto, lo ideal sería que a partir del lenguaje común de los estudiantes se empiecen a asociar nuevos términos. Hay que promover que los estudiantes reconozcan y se apropien del lenguaje científico que luego les será de utilidad para explicar fenómenos.
- Si el docente en algún momento desea valorar los conceptos que expresan los estudiantes, pues estas ideas son las representaciones de la realidad o modelos que poseen los estudiantes anteriores a los procesos de enseñanza, tendrá que seleccionar elementos didácticos (materiales de aprendizaje, actividades con secuencias), contenido conceptual, un reconocimiento del contexto social de los pertenecientes del grupo académico y hacer un proceso de revisión de términos o palabras para la explicación de los fenómenos, en este caso en particular para el fenómeno de transformación de luz en electricidad.

- Al realizar el proceso de análisis de las expresiones que utilizaron los estudiantes, se hace conciencia de que en algún momento se esperaba encontrar explicaciones, sin embargo al realizar el estudio no se obtiene muestra de que la configuración o la estructura de las expresiones fueran – explicaciones - sobre el fenómeno, por lo que se adaptaron aspectos de la pregunta de investigación y los objetivos.
- Lo que me deja esta experiencia en la investigación de la enseñanza de los procesos de transformación, es en primera instancia, las ganas de continuar con el abordaje del tema de estudio, pues las experiencias de Becquerel son tan amplias que vale la pena rescatarlas, para producir efectos en el aula escolar y universitaria que permitan una comprensión y configuración de marcos de explicación útiles para nuestra sociedad. Lo segundo, es la importancia que conlleva promover el aprendizaje en ciencias para el contexto social y cultural que me rodea, pues si bien es entendido que la formación que imparte en la escuela tiene el objetivo de formar ciudadanos, sería un crimen dejar de lado las habilidades que se pueden fomentar desde los campos de la ciencia, como lo es el razonamiento crítico, la indagación y el análisis de resultados.

Se reconocen las limitaciones experimentales a la hora de estudiar fenómenos físicos que requieren de elaboradas condiciones para la observación de la transformación de magnitudes. De esta manera surge un cuestionamiento en relación con las formas sobre cómo funciona el diseño de actividades experimentales que se logren desarrollar en el aula de forma práctica pero que a su vez permita deducir y establecer explicaciones sobre los fenómenos, la propuesta le apuesta a un estilo de pedagogía que va ligada a la actividad experimental como herramienta para abordar el conocimiento científico en el aula. Lo anterior tiene que ver con esa idea que se tiene sobre abordar experimentos donde es necesario la observación minuciosa con estudiantes con diferentes formas de pensamiento y los resultados que se obtienen en los procesos de comprensión y construcción de conocimiento en ciencias en específico sobre la transformación de luz en electricidad.

Existe una gran brecha entre las formas en que la ciencia explica los fenómenos involucrados en los procesos de transformación de magnitudes o convertibilidad de los fenómenos y los conocimientos de los estudiantes a la hora de tratar de explicar cómo ocurren este tipo de fenómenos, sin embargo, la metodología de formación y enseñanza de ciencias ha creído pertinente que no es necesario que los estudiantes accedan a cierto tipo de información sin importar lo complejo que puede llegar a ser ciertos fenómenos, o el uso del lenguaje técnico de conceptos en concreto para explicar algún fenómeno. La idea de la estructuración de escenarios que promuevan la construcción del conocimiento científico y la actividad experimental es una forma para aproximar los conocimientos, el lenguaje y la cultura común a la científica.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arcà, & Guidoni. (1990). *Enseñar ciencia: Cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base*. Barcelona: Paidós.
- Bruner, J. S. (1984). *Desarrollo cognitivo y educación*. España: Morata.
- Einstein A, .. (1905). Sobre un punto de vista heurístico concerniente a la producción y transformación de la luz.
- Fatet J, J. (2015). *Les recherches d'Edmond Becquerel sur la nature de la lumière entre 1839 et 1843, histoire d'une interaction réussie entre science et photographie*.
- García A., E. G., & Estany, A. (2010). Filosofía de las prácticas experimentales y enseñanza de las ciencias. *Praxis Filosófica*, 19.
- García L, M. (2023). *Análisis de la luz a partir de su interacción eléctrica: Una propuesta experimental para generar conocimientos sobre el efecto fotoeléctrico*. Bogotá. D.C.: Universidad Pedagógica Nacional.
- Hertz H. (1896). *Miscellaneous Papers*. London.
- Malagón, F., Sandoval, S., & Ayala, M. M. (2013). La actividad experimental: Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. *Práxis filofófica*, 29.
- Moreno Y, A. (2018). *Fuentes luminosas, características y clasificación: Una estrategia para acercar a los estudiantes a algunos fenómenos de la emisión de luz*. Bogotá D.C.: Universidad Pedagógica Nacional.
- Organización de los Premios Nobel. (2023). *Nobel Prize Organisation*. Obtenido de THE NOBEL PRIZE: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1905/lenard/lecture/>
- Piaget, J. (1971). *Epistemología y psicología de la identidad*.
- Piaget, J. (1975). *Introducción a la epistemología genética. tomo 2 el pensamiento físico*. Buenos Aires: Paidos. .