

**Radiación Térmica: Construyendo la identidad entre luz y calor**

**Cristian Camilo Moreno Arias**

**Línea de Profundización:**

**La actividad experimental para la enseñanza de la física**

**Universidad Pedagógica Nacional de Colombia**

**Facultad de Ciencia y Tecnología**

**Departamento de Física**

**Bogotá D.C.**

**2017**

**Radiación Térmica: Construyendo la identidad entre luz y calor**

**Cristian Camilo Moreno Arias**

**Trabajo de grado para optar al título de Licenciado en Física**

**Directora del trabajo:**

**Marina Garzón Barrios**

**Línea de profundización:**

**La actividad experimental para la enseñanza de la física**


**Universidad Pedagógica Nacional de Colombia**

**Facultad de Ciencia y Tecnología**

**Departamento de Física**


**Bogotá D.C**

**2017**


 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Investigación y Docencia</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 29-11-2017	Página 1 de 5	

<b>1. Información General</b>	
<b>Tipo de documento</b>	Trabajo de grado
<b>Acceso al documento</b>	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
<b>Título del documento</b>	Radiación térmica: construyendo la identidad entre luz y calor
<b>Autor(es)</b>	Moreno Arias, Cristian Camilo
<b>Director</b>	Garzón Barrios, Marina
<b>Publicación</b>	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional, 2017. 96 P.
<b>Unidad Patrocinante</b>	Universidad Pedagógica Nacional
<b>Palabras Claves</b>	LUZ, CALOR, LUZ INVISIBLE, REFLEXIÓN, REFRACCIÓN, REFRAINGIBILIDAD, CALOR RADIANTE, RADIACIÓN TÉRMICA, CONOCIMIENTO COMÚN, CONOCIMIENTO CIENTÍFICO, ACTIVIDAD EXPERIMENTAL, EXPLICACIONES.

<b>2. Descripción</b>
<p>En el trabajo de grado titulado “Radiación Térmica: construyendo la identidad entre luz y calor” se presenta el proceso de la construcción del concepto radiación térmica, pasando por la revisión histórica de los trabajos experimentales de William Herschel, la elaboración y diseño de actividades experimentales para la construcción de la explicación de que existe un lugar por debajo del rojo en el espectro visible que no es observable, pero perceptible por medio de la temperatura y cómo este permite desarrollar la identidad entre luz y calor desde las características de la refrangibilidad, reflexión, refracción y dispersión.</p> <p>Esto para la posterior construcción de una propuesta de aula que le apuesta a la actividad experimental como un aspecto fundamental para el desarrollo de habilidades científicas, tal y como: la evolución de los marcos explicativos de los estudiantes acerca de la identidad entre luz y calor.</p> <p>Además se valoriza los estudios histórico-epistemológicos, tanto como los cognitivos, disciplinares y pedagógicos en un contexto como en la enseñanza de la física, que posibilita al maestro adquirir una visión más global sobre algunas problemáticas de la física y proporciona herramientas para vincular las organizaciones y/o procesos que han alcanzado las comunidades científicas y los conocimientos comunes que han construido los estudiantes a través de su proceso de aprendizaje.</p>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela Superior de Pedagogía</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 29-11-2017	Página 5 de 5	

<b>3. Fuentes</b>
<p>Arcá, M., Guidoni, P., &amp; Mazzoli, P. (1990). <i>Enseñar Ciencia. Cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base</i>. Barcelona - Buenos Aires - México: Ediciones Paidós Ibérica S.A.</p> <p>Bachelard, G. (1938). <i>La formation de l'esprit scientifique</i>. Vrin, París.</p> <p>Cendrero. (30 de Enero de 2011). <i>El busto de palas</i>. Obtenido de <a href="http://elbustodepalas.blogspot.com.co/2011/01/caroline-y-william-herschel-los-musicos.html">http://elbustodepalas.blogspot.com.co/2011/01/caroline-y-william-herschel-los-musicos.html</a></p> <p>Cooperativa Centro de Estudios para la Educación Popular . (2010). La sistematización de experiencias: Un método para impulsar procesos emancipadores . <i>El perro y la Rana</i> , 6.</p> <p>Herschel, S. W. (1912). <i>The scientific papers of Sir William Herschel</i>. London: The royal society and the royal astronomical society, Vol II.</p> <p>Herschel, W. (1800). Experiments on the refrangibility of the invisible rays of the sun, part I and II. <i>Philosophical Transactions: Royal Society London</i> .</p> <p>Herschel, W. (1800). Experiments on the sun and the terrestrial rays that occasion heat. <i>Philosophical Transactions: Royal Society London</i> .</p> <p>Herschel, W. (1800). Investiagtion of the powers of the prismatic colours to heat and illuminate objects. <i>Philosophical Transactions: Royal Society London</i>, 437-500.</p> <p>Inductiveload. (17 de Febrero de 2008). <i>Wikimedia</i>. Recuperado el 2 de Noviembre de 2016, de <a href="https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b3/EM_Spectrum_Properties_es.svg">https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b3/EM_Spectrum_Properties_es.svg</a></p> <p>Koponen, I. T., &amp; Mäntylä, T. (2004). Generative Role of Experiments in Physics and in Teaching Physics: A suggestion for epistemological reconstruction. <i>Department of Physical Sciences. University of Helsinki. Finland</i>, 1-19.</p> <p>Malagon Sánchez, J. F., Ayala Manrique, M. M., &amp; Sandoval Osorio, S. (2011). <i>El experimento en el aula. Comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes</i>. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.</p> <p>Martí, J. (2002). <i>Aprender ciencias en la educación primaria</i>.</p> <p>Mathews, M. R. (1994 ). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. <i>Enseñanza de las Ciencias 12, Barcelona</i>, 2.</p>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación de Profesores</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 29-11-2017	Página 5 de 5	

Orozco, J. C. (2005). Atajos y desviaciones. Los estudios histórico-críticos y la enseñanza de las ciencias. 2° Congreso sobre Formación de profesores de Ciencias, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, 13.

Osborne, J. (2003). Hacia una pedagogía más social en la educación científica: el papel de la argumentación. *Argumentación en el salón de clases*, 10.

#### 4. Contenidos

El trabajo comprendió cuatro capítulos que consistieron en:

**Capítulo 1:** *En búsqueda de algunos aspectos que vinculen luz y calor: La actividad experimental de William Herschel.* En este capítulo se evidencia el proceso de organización de la luz invisible por medio de la actividad experimental que realizó William Herschel y que dio origen a lo que llamamos en la actualidad radiación térmica.

**Capítulo 2:** *Construyendo la identidad entre luz y calor: reflexiones sobre la actividad experimental de William Herschel y algunos ajustes.* Este capítulo comprende las preguntas y reflexiones que surgen a partir de los experimentos realizados por Herschel, el diseño y elaboración de nuevos experimentos que construyan la identidad entre luz y calor.


**Capítulo 3:** *Propuesta sobre la actividad experimental para la enseñanza de la radiación térmica en el aula de clases.* Este capítulo abarca las reflexiones sobre el papel de la actividad experimental en el aula de clases, la construcción de explicaciones y como estas permiten elaborar una propuesta de enseñanza sobre la radiación térmica.

**Capítulo 4:** *Análisis y sistematización de la experiencia de aula.* Finalmente en este último capítulo se realizó un análisis de las explicaciones generadas por los estudiantes a partir de los experimentos construidos y la comprensión sobre la identidad entre la luz y el calor.

#### 5. Metodología

Se realizó una investigación de tipo cualitativo, ya que por medio de ellas fue posible describir las posibilidades de explicación que generaron los estudiantes a partir de actividades experimentales. Es un estudio que va de lo particular a lo general, es decir, en este caso se escogió la radiación térmica como una excusa para generalizar y formalizar algunos aspectos para la enseñanza de la física.

Esto se enmarca dentro el paradigma constructivista, en la medida que se busca consolidar posibilidades donde el maestro contribuya y medie en la construcción de conocimientos de sus estudiantes.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela Superior de Pedagogía</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 29-11-2017	Página 5 de 5	

La metodología que se siguió en la elaboración del trabajo “Radiación Térmica: construyendo la identidad entre luz y calor” estuvo comprendida por una serie de 4 fases, dentro de las cuales se abordaron los objetivos e intenciones del mismo.

**Fase 1:** *Reconocimiento de la problemática y Revisión documental de las fuentes referentes a los aspectos disciplinares y pedagógicos.* Esta fase se refirió a la revisión de los documentos que sirvieron de base en la construcción del marco teórico y con ellos la construcción de la problemática del trabajo de investigación.

**Fase 2:** *Diseño y elaboración de los experimentos.* Esta fase comprende la construcción de los experimentos que a través de la investigación se consideran pertinentes para cumplir el objetivo de la producción de explicaciones por parte de los estudiantes.

**Fase 3:** *Diseño e implementación de la experiencia de aula.* A partir de la revisión documental y de las experiencias construidas se propuso y se llevó a práctica, una experiencia de aula del problema de investigación. Los datos se recogerán con base a guías de laboratorio, donde se exponen preguntas y algunas formas de proceder a las actividades experimentales, recogiendo de manera escrita y oral las explicaciones que realizan a partir de cada una de las actividades experimentales propuestas.


**Fase 4:** *Análisis y sistematización de la experiencia de aula.* En esta fase se realizó un análisis de las explicaciones generadas por los estudiantes a partir de los experimentos construidos y la comprensión sobre la identidad entre luz y calor.

## 6. Conclusiones

El estudio histórico-epistemológico del concepto “radiación térmica” permitió romper con el esquema tradicional de la física sobre los productos terminados, posibilitando profundizar en las problemáticas, los contextos y los procesos que la actividad científica demanda. De esta manera, la revisión de los trabajos originales de William Herschel proporcionaron al maestro el proceso de la construcción de la luz invisible, a partir de la medición de la temperatura por debajo del rojo y vinculando luz y calor sobre características semejantes como los de la refrangibilidad, reflexión, refracción y dispersión.

Además, involucró al maestro en la actividad científica, elaborando diseños experimentales que posibilitaron posicionarse dentro de un marco explicativo de la radiación térmica, reafirmando la idea de que la identidad entre luz y calor se puede reconocer a partir de las características de la refrangibilidad, reflexión, refracción y dispersión.

Este proceso fortaleció los saberes disciplinares del maestro sobre la radiación térmica y posibilitó realizar una propuesta de aula desde la actividad experimental, que generó las siguientes habilidades de pensamiento científico en los estudiantes: indagación, construcción de conjeturas,

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela Superior de Pedagogía</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 29-11-2017</b>	<b>Página 5 de 5</b>	

configuración de prácticas experimentales, identificación de control de variables, organización de datos, construcción de esquemas, proposiciones matemáticas, análisis y reflexión de los datos recogidos y finalmente la evolución de los marcos explicativos, logrando comunicar que existe un lugar en el espectro no observable, pero perceptible por medio de la temperatura que se comporta de manera semejante a la luz, es decir, el calor ahí puede ser considerado desde la refrangibilidad, la reflexión, la refracción y la dispersión.

<b>Elaborado por:</b>	Cristian Camilo Moreno Arias
<b>Revisado por:</b>	Marina Garzón Barrios

<b>Fecha de elaboración del Resumen:</b>	08	11	2017
--	----	----	------

## Tabla de Contenido

<b>Introducción</b> .....	9
<b>Objetivos</b> .....	12
<b>Objetivo General</b> .....	12
<b>Objetivos Específicos</b> .....	12
<b>1. Capítulo 1: La actividad experimental, en búsqueda de algunos aspectos que vinculen luz y calor</b> .....	15
<b>1.1 Experimentos sobre el poder de calentamiento de los rayos coloreados</b> .....	17
<b>1.2 Construcción del vínculo entre luz y calor</b> .....	20
<b>1.3 Experimentos sobre el poder de iluminación de los rayos coloreados</b> .....	31
<b>2. Capítulo 2: Construyendo la identidad entre luz y calor, reflexiones sobre la actividad experimental de William Herschel y algunos ajustes.</b> .....	35
<b>2.1 Réplica de Herschel:</b> .....	35
<b>2.2 Midiendo la temperatura de la luz coloreada el caso de la caja aislante</b> .....	37
<b>2.3 Midiendo la temperatura de la luz coloreada el caso del riel óptico</b> .....	40
<b>2.4 Midiendo el calor específico de los filtros</b> .....	41
<b>2.5 Reflexión del calor de una lámpara halógena</b> .....	42
<b>2.6 Refracción del calor del sol el caso de la lupa</b> .....	43
<b>3. Capítulo 3: Propuesta sobre la actividad experimental para la enseñanza de la radiación térmica en el aula de clases</b> .....	44
<b>3.1 Reflexiones sobre la enseñanza de la radiación térmica</b> .....	44
<b>3.2 Propuesta para la enseñanza de la radiación térmica</b> .....	47
<b>4. Capítulo 4: Análisis y sistematización de la experiencia de aula</b> .....	52
<b>4.1 Midiendo la temperatura de la luz coloreada: el caso de la caja aislante</b> .....	57
<b>4.2 Midiendo la temperatura de los pigmentos el caso de los papeles coloreados</b> .....	58
<b>Conclusiones</b> .....	61
<b>Sugerencias y/o recomendaciones</b> .....	62
<b>Bibliografía</b> .....	63
<b>Anexos</b> .....	65

## **Introducción**

Uno de los principales problemas en la enseñanza de la física hace referencia al carácter monolítico de los conocimientos científicos, como menciona (Osborne, 2003), los conocimientos son asumidos o vistos como verdades absolutas que no son cuestionados ni debatidos, probablemente por este motivo los profesores de física suelen considerar como objetivo fundamental de su quehacer la memorización y repetición de los contenidos, a saber: conceptos, principios, leyes, teorías y modelos que las comunidades científicas han construido para explicar sus objetos de estudio. Desde esta perspectiva el rol de los profesores en el proceso de enseñanza de la física suele ser el de transmisores de la información científica y el rol de los estudiantes como receptores de estos conocimientos.

A su vez, (Arcá, Guidoni, & Mazzoli, 1990) en Enseñar Ciencia, señalan que existe una discontinuidad entre el denominado conocimiento común (el que maneja el estudiante cotidianamente) y el conocimiento científico (el que maneja el científico en el laboratorio), aunque pareciera que estos conocimientos actúan recíprocamente en el aula de clases, los conocimientos científicos se constituyen en universos particulares, con lenguajes especializados que para alcanzarlos es necesario elaborar andamiajes que permitan realizar actividades experimentales y reelaborar teorías. Por este motivo en la enseñanza de la física, los conocimientos científicos y comunes deben tener un espacio para dialogar, es decir, que el conocimiento científico sea puesto en interrelación con el conocimiento común, y que las diversas formas de ver el mundo posibiliten al estudiante formalizar posturas frente a su comprensión de la física.

Por consiguiente, es necesario -dentro del aula de clases- generar espacios para reflexionar y discutir preguntas y comprensiones sobre el mundo físico, las perspectivas con que los científicos abordan estas preguntas, las experiencias que el maestro y sus estudiantes tienen sobre ellas. Esto posibilita pensar en la actividad experimental como herramienta para propiciar las discusiones y permitir a los estudiantes enriquecer la mirada que se deriva de sus experiencias.

Ahora bien, la actividad experimental en la enseñanza de la física en muchas oportunidades es considerada principalmente como una herramienta útil para la verificación de teorías que han sido mencionadas anteriormente por el profesor, o por los científicos (Koponen & Mäntylä,

2004), de igual manera, es pensada como un mecanismo para “descubrir” conceptos o ideas de algún tema en específico de la física.

No obstante, en este trabajo se considera que la actividad experimental en el aula de clases debe ir acorde con las experiencias que cada estudiante ha involucrado a través de su aprendizaje, y con ellas construir sus propios cuestionamientos o intereses, de esta manera, ir ampliando su campo de experiencias, de modo tal, que las acciones que se deriven de ellas sean comprensibles y tengan sentido dentro del aula de clases. (Malagon Sánchez, Ayala Manrique, & Sandoval Osorio, 2011)

Esta perspectiva permite generar dentro del aula un espacio para preguntar, discutir, criticar, disentir, proponer, apoyar y refinar ideas sobre los fenómenos físicos, que estimulen al estudiante, y también al maestro, al desarrollo de su autonomía intelectual. Esto incide en las dinámicas propuestas por el profesor, la manera del uso de la actividad experimental y el cómo aquella permite a los estudiantes construir un lenguaje que posibilite explicar un fenómeno en particular. Por lo tanto, el papel que juega el maestro ya no es el de transmitir conocimiento sino que se convierte en un mediador en la construcción de su propio conocimiento y el de sus estudiantes en sus interacciones con el mundo.

Así pues, la actividad experimental en la enseñanza de la física es fundamental porque posibilita la relación entre las experiencias, el lenguaje, el conocimiento del estudiante, el conocimiento del maestro y el conocimiento de las comunidades científicas. Es necesario entonces, recrear experiencias que permitan construir explicaciones frente a los diversos aspectos de los fenómenos.

En cuanto a la autonomía intelectual del estudiante, que se mencionó anteriormente, se considera importante la construcción de explicaciones, entendida como una habilidad que desarrolla y que potencia el conocimiento, por medio de las explicaciones logradas al responder preguntas sobre un determinado fenómeno, se puede conocer el desarrollo logrado en la organización de las comprensiones. Es común que las primeras explicaciones dadas por los estudiantes sean de tipo descriptivas, con relación a la experiencia o a las teorías científicas establecidas.

Por ejemplo, al realizar una encuesta con el objetivo de recoger las comprensiones que tienen los estudiantes de grado decimo de la Escuela Pedagógica Experimental cuando escuchan el término “radiación” (ver anexo 1). Una gran mayoría expresó *“La radiación del celular hace daño sobre la salud”*, *“Al calentar comida en el microondas ésta es irradiada y es perjudicial para el*

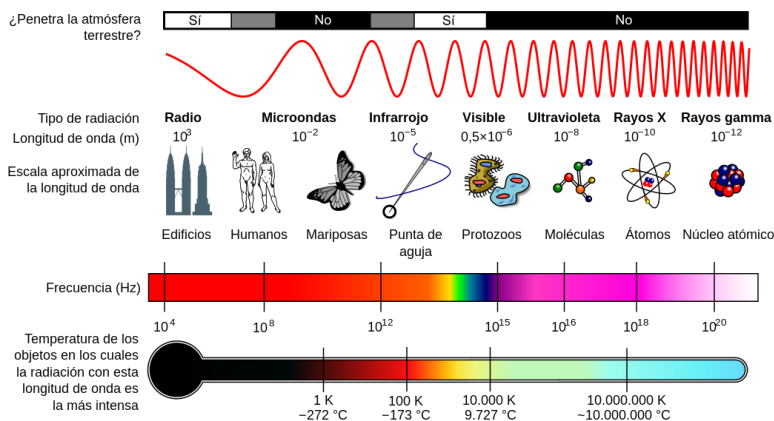
organismo”, en algunos casos los estudiantes no pueden asignar algún significado a la palabra radiación quizá porque es ajena a su experiencia. Cuando se les preguntó por sí podrían establecer algún nexo entre luz y calor una cifra significativa afirmó que el calor actúa independientemente de la luz, otros estudiantes afirmaron que pueden identificar que cuando hay una fuente de luz se produce calor, pero no podrían asegurar que son el mismo fenómeno.

Entonces, ¿Por qué en un día caluroso se siente menos calor bajo la sombra?, ¿Por qué se siente más calor con ropa negra?, ¿Por qué al calentar un metal éste se torna rojo?, todas estas preguntas están asociadas a la percepción de un vínculo estrecho entre luz y calor, lo que sugiere que es necesario desarrollar amplios campos de experiencia que posibiliten tener elementos para responder a estas preguntas y fortalecer ideas respecto a lo que en física se denomina **radiación térmica**.

A partir de este tipo de situaciones es posible apreciar la imperiosa necesidad de establecer lazos entre la experiencia, el lenguaje, el conocimiento común y el conocimiento científico para construir conocimiento significativo sobre el mundo físico en el aula de clase.

Luz y calor, entendidos como radiación térmica son un aspecto de la física que posibilita apreciar algo que parece alejado de nuestra cotidianidad, pero que implícitamente nos rodea en la naturaleza. Además sirve de excusa para tratar de desarrollar en los estudiantes habilidades como el pensamiento crítico, el lenguaje y el saber enriquecer las posturas del comportamiento de nuestro entorno.

En el campo de la física se reconoce que bajo el espectro visible existen frecuencias invisibles al ojo humano pero perceptible por medio de la temperatura, esto lo muestra la gráfica del espectro electromagnético en la siguiente imagen:



**Figura No. 1: Espectro Electromagnético**

Tomado de: (Inductiveload, 2008)

Esta imagen posibilita evidenciar que a cualquier longitud de onda en todo el rango del espectro electromagnético se asocia una temperatura, unas mayores como las de los rayos infrarrojos o menores como los rayos x y rayos gamma. Por lo tanto, se podría considerar de alguna manera que la luz tiene un estrecho vínculo con el calor.

El primer científico en abordar este problema fue William Herschel en 1800, que como astrónomo empírico se ve obstaculizado principalmente por la observación solar, se pregunta ¿Cuál debe ser la mejor manera de observar el sol? Y con ello se propone organizar una serie de actividades experimentales que lo llevaron a construcciones significativas para el estudio de la identidad entre luz y calor. Afirmando que la luz y el calor contienen un estrecho vínculo si provienen de una fuente como la del sol.

Pero, ¿Cómo Herschel llega a considerar que la luz y el calor contienen una relación y/o vínculo? ¿Qué actividades experimentales le permitieron llegar a dicha conclusión?

Las respuestas a las anteriores preguntas se encuentran en los documentos originales elaborados por William Herschel sobre los rayos de luz y calor:

- Investigation of the powers of the prismatic colours to heat and illuminate objects.
- Experiments on the refrangibility of the invisible rays of the sun, part I and II
- Experiments on the sun and the terrestrial rays that occasion heat.

Teniendo en cuenta lo anterior surge la pregunta de investigación: *¿Qué actividades experimentales permitirían producir explicaciones en los estudiantes para construir y vincular la identidad entre luz y calor entendida en la física como radiación térmica?*

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Diseñar actividades experimentales que permitan producir explicaciones en los estudiantes para construir y establecer la identidad entre luz y calor, entendida como radiación térmica.

### **Objetivos Específicos**

- Construir un marco teórico en relación con los trabajos experimentales que realizó Herschel entorno a la identidad de luz y calor.
- Identificar experiencias, a partir del marco referencial, para construir y establecer la identidad entre luz y calor en el espacio escolar.

- Implementar, sistematizar, y analizar las experiencias y las explicaciones que de ella emergen.

Para responder al objetivo del presente trabajo se realizó una investigación de tipo cualitativo, ya que por medio de ellas es posible describir las posibilidades de explicación que generaron los estudiantes a partir de actividades experimentales. Es un estudio que va de lo particular a lo general, es decir, en este caso se escogió la radiación térmica como una excusa para generalizar y formalizar algunos aspectos para la enseñanza de la física.

Esto se enmarca dentro el paradigma constructivista, en la medida que se busca consolidar posibilidades donde el maestro contribuya y medie en la construcción de conocimientos de sus estudiantes.

La metodología que se siguió en la elaboración del trabajo “Radiación Térmica: construyendo la identidad entre luz y calor” estuvo comprendida por una serie de 4 fases, dentro de las cuales se abordaron los objetivos e intenciones del mismo.

**Fase 1:** *Reconocimiento de la problemática y Revisión documental de las fuentes referentes a los aspectos disciplinares y pedagógicos.* Esta fase se refirió a la revisión de los documentos que sirvieron de base en la construcción del marco teórico y con ellos la construcción de la problemática del trabajo de investigación.

**Fase 2:** *Diseño y elaboración de los experimentos.* Esta fase comprende la construcción de los experimentos que a través de la investigación se consideran pertinentes para cumplir el objetivo de la producción de explicaciones por parte de los estudiantes.

**Fase 3:** *Diseño e implementación de la experiencia de aula.* A partir de la revisión documental y de las experiencias construidas se propuso y se llevó a práctica, una experiencia de aula del problema de investigación. Los datos se recogerán con base a guías de laboratorio, donde se exponen preguntas y algunas formas de proceder a las actividades experimentales, recogiendo de manera escrita y oral las explicaciones que realizan a partir de cada una de las actividades experimentales propuestas.

**Fase 4:** *Análisis y sistematización de la experiencia de aula.* En esta fase se realizó un análisis de las explicaciones generadas por los estudiantes a partir de los experimentos construidos y la comprensión sobre la identidad entre luz y calor.

De esta manera se construyó el cuerpo del trabajo de investigación, dividido en cuatro capítulos:

**Capítulo 1:** *En búsqueda de algunos aspectos que vinculen luz y calor: La actividad experimental de William Herschel.* En este capítulo se evidencia el proceso de organización de la luz invisible por medio de la actividad experimental que realizó William Herschel y que dio origen a lo que llamamos en la actualidad radiación térmica.

**Capítulo 2:** *Construyendo la identidad entre luz y calor: reflexiones sobre la actividad experimental de William Herschel y algunos ajustes.* Este capítulo comprende las preguntas y reflexiones que surgen a partir de los experimentos realizados por Herschel, el diseño y elaboración de nuevos experimentos que construyan la identidad entre luz y calor.

**Capítulo 3:** *Propuesta sobre la actividad experimental para la enseñanza de la radiación térmica en el aula de clases.* Este capítulo abarca las reflexiones sobre el papel de la actividad experimental en el aula de clases, la construcción de explicaciones y como estas permiten elaborar una propuesta de enseñanza sobre la radiación térmica.

**Capítulo 4:** *Análisis y sistematización de la experiencia de aula.* Finalmente este último capítulo se realizó un análisis de las explicaciones generadas por los estudiantes a partir de los experimentos construidos y la comprensión sobre la identidad entre la luz y el calor.

## **1. Capítulo 1: La actividad experimental, en búsqueda de algunos aspectos que vinculen luz y calor**

Reconocer y reconstruir aspectos de la física resulta ser un proceso que requiere de revisiones y reflexiones analíticas sobre las producciones científicas que se encuentran construidas a partir de la historia, no se precisa ni se resalta tanto como en los conceptos terminados, ni productos hechos, si no que recalca la importancia de estudiar las problemáticas que se dan con respecto algunos aspectos de la física alrededor de la historia, por consiguiente, el papel que la epistemología contiene en la enseñanza de la física debería profundizar en las construcciones de los conceptos de dicha disciplina, por lo tanto, la epistemología debería posibilitar identificar preguntas y problemas que se encontraban inmersos algunos personajes en la historia y sus maneras de proceder y actuar para responder sus cuestiones.

Tal y como lo menciona (Orozco, 2005)

*“el papel que ha jugado la historia de la ciencia en la comprensión de los problemas y alternativas para la enseñanza de la ciencias; analiza su vínculo con las perspectivas constructivistas del aprendizaje; explora las implicaciones didácticas de su incorporación curricular, y desarrolla una serie de recomendaciones que cubren los ámbitos de la formación de docentes, el diseño curricular para las ciencias experimentales y las posibilidades en las prácticas de aula”*

De esta manera resulta imperiosa la necesidad de valorizar los estudios histórico-epistemológicos, tanto como los cognitivos, disciplinares y pedagógicos en un contexto como el de la enseñanza de la física. Así se adquiere la comprensión más global sobre algunas problemáticas de la física y proporcionan herramientas para vincular las organizaciones y/o procesos que han alcanzado las comunidades científicas y los conocimientos comunes que han construido los estudiantes a través de su proceso de aprendizaje, no con la finalidad de realizar en el aula de clases las mismas actividades hechas por los científicos, si no que ello posibilite los espacios para identificar problemas y desarrollar dinámicas que puedan solucionarlos.

En suma, identificar en la historia la construcción del vínculo entre luz y calor permitirá al maestro desarrollar procesos de enseñanza donde se verá priorizado la construcción de conocimiento no como una serie de pasos para alcanzarlo, sino que a partir de cuestionamientos invitar a sus estudiantes a identificar procesos para responderlos.

Así fundamenta y justifica el hecho de recurrir a los trabajos originales de un personaje que se dedicó a construir el vínculo entre luz y calor, y ese es William Herschel<sup>1</sup> (1738-1822) que desarrolló en sus textos todo el proceso investigativo acerca de la luz invisible:

- Investigation of the powers of the prismatic colours to heat and illuminate objects.
- Experiments on the refrangibility of the invisible rays of the sun, part I and II
- Experiments on the sun and the terrestrial rays that occasion heat.

En 1800 Herschel fue nombrado miembro de la Real Sociedad de Ciencias en Inglaterra y Astrónomo Real de la Corte, construyendo así uno de los telescopios más sofisticados de la época (Cendrero, 2011). Con este telescopio tuvo la oportunidad de realizar observaciones y estudios sobre el movimiento del sol, sin embargo, encontró uno de sus primeros y fundamentales cuestionamientos: ¿Qué color de filtro será más adecuado para observar el sol?; ya que para realizar estas observaciones debía utilizar filtros de colores (rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta). Aparte de desarrollar su primer objeto que era observar el sol, evidenció que los filtros eran calentados, pero de una forma particular, unos se calentaban más que otros, este hecho lo llevó a pensar que los colores en sí podían filtrar distintas cantidades de calor pero que en particular los filtros de color como el rojo y el naranja se calentaban más que los filtros de color violeta y azul.

Se preguntó si esta eventualidad se vinculaba con las luces monocromáticas, es decir, si se difracta un rayo de luz solar con un prisma, tal y como lo hizo Newton en 1671 (Ver Figura No. 2), y se miden las temperaturas de las luces del espectro visible, ¿se obtendrá un resultado semejante a lo que observaba con los filtros?

---

<sup>1</sup> Alemán apasionado por la música que llegó a convertirse uno de los mejores artistas con más futuro en Inglaterra, dirigiendo así la orquesta de Bath, sin embargo, esto no fue lo que hizo un personaje reconocido, sino que fue a través de la astronomía y la física que renovó nuevas maneras de observar el cielo y la luz junto con su hermana Caroline, interesándose cada vez más por el estudio del universo dejaban a un lado su gusto por la música, lo que los llevo a comprar libros de astronomía y construir sus propios telescopios. Con el conocimiento de matemáticas de Caroline y la técnica de pulir espejos de William consiguieron construir los telescopios más precisos del siglo XVII y XVIII, superando los telescopios profesionales. ¿Qué era lo que los convertía más precisos? Utilizaron las técnicas de Newton de la construcción de telescopios reflectores en vez de refractores, puesto que estos utilizaban espejos y no lentes, lo que hacía que modificara una serie de problemas como la aberración cromática y la calidad de imagen en relación con la nitidez, encontrando aspectos inesperados como la observación por primera vez del planeta Urano y sus satélites.



*Figura No. 2: Experimento de Newton sobre el espectro visible*

*Tomado de: <http://www.astromia.com/astrologia/newtonluz.htm>*

Por lo tanto, la preocupación de William Herschel fue responder las siguientes preguntas: ¿Cuánto calor se transmite por las franjas del espectro de luz solar? ¿Cuánto iluminan las franjas del espectro de luz solar?, o como él lo menciona explícitamente, “¿Cómo determinar la capacidad de calentamiento y la capacidad de iluminación asociada a los colores de los diferentes lentes de su telescopio, con el que observaba el sol?” (Herschel, 1912). No obstante, para Herschel fue necesario construir y diseñar una serie de experimentos para responder estas preguntas. El primero de ellos lo llamó: Experimentos sobre el poder de calentamiento de los rayos coloreados, esto con el objetivo de medir las temperaturas de cada uno de las luces del espectro visible.

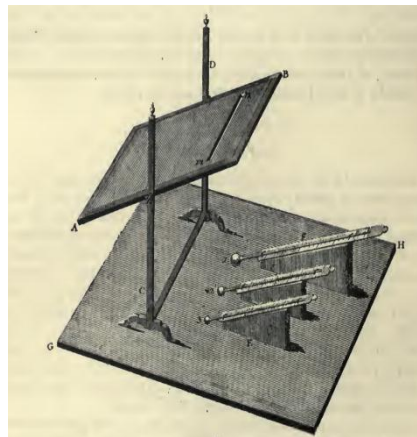
A continuación se presenta una revisión histórica-epistemológica del trabajo de investigativo de William Herschel, se detalla los experimentos más sobresalientes que ayudaron a configurar el concepto de radiación térmica, esto con el fin de fortalecer los saberes disciplinares, obtener herramientas para construir actividades experimentales y finalmente para la configuración de una propuesta de aula.

### **1.1 Experimentos sobre el poder de calentamiento de los rayos coloreados**

En primer lugar, Herschel tuvo la precaución de oscurecer una ventana con el fin de tener un cuarto oscuro tanto como conviniera, en medio la ventana colocó un prisma por donde pasaba un rayo de luz difractado en todo el espectro visible (arco iris) que va del violeta, azul, verde, amarillo, naranja hasta el rojo, en ese orden.

De igual manera colocó un cuadrado de madera como base, un cuadrado más pequeño con dos características especiales, una que tiene una ranura donde da paso al espectro y un poco más grande que los bulbos de los termómetros y dos que es movable por medio de dos palos que están ajustados al cuadrado de madera más grande, debajo del cuadrado pequeño se encontraban tres

planos inclinados cada uno con un termómetro, estos están ubicados de tal manera que los colores lleguen a los bulbos de los termómetros. La descripción se ilustra en la figura 3.



*Figura No. 3 Experimento sobre el poder de calentamiento de los rayos coloreados  
Tomado de: The scientific papers of Sir William Herschel (1912)*

Herschel buscaba la mejor sensibilidad de los instrumentos para medir la temperatura, para ello consiguió tres termómetros de mercurio con diferentes particularidades, el primer termómetro con una sensibilidad muy buena pero con el bulbo más grande que el termómetro dos y tres, por lo tanto, las escalas de los termómetros estaban determinadas por el tamaño del bulbo de los termómetros. Sin embargo, encontraba que a pesar de las diferencias la sensibilidad térmica en los tres era buena, tanto que le permitía medir la temperatura con exactitud y cercanía de los colores del espectro visible, es decir, con los tres termómetros obtenía casi las mismas temperaturas, pero con el termómetro de bulbo más grande tenía que esperar un mayor tiempo. Además, cabe resaltar que los bulbos de los termómetros<sup>2</sup> están ennegrecidos con tinta china, ya que éste color permite una mejor absorción del calor y posibilita una mayor sensibilidad para la toma de temperaturas.

Este montaje en primera instancia pretendía tomar temperaturas de cada uno de los colores del espectro visible, para determinar, “el poder de calentamiento de los rayos coloreados”, es decir, evidenciar y/o comprobar la hipótesis de que algunos colores tienen la capacidad de calentarse más que otros. Se realizaron una totalidad de 8 experimentos, divididos en dos clases de

---

<sup>2</sup> Un aspecto que no se presenta en los escritos de Herschel es la escala de los termómetros, lo que se infiere de la época y el lugar de realización de los experimentos que los termómetros que utilizaba no tenían una escala definida, sino que ella dependía del tamaño de los bulbos.

experimentos, el primer grupo de 4 experimentos fue realizado con el termómetro de bulbo pequeño y el segundo grupo con el termómetro de bulbo grande, el otro termómetro sirvió de base para tomar la temperatura ambiente, la toma de temperatura lo realizó para los colores extremos (rojo y violeta) y para el de la mitad (verde) los resultados se encuentran organizados en las siguientes tablas:

<b>Termómetro bulbo pequeño</b>			
<b>Color</b>	<b>Aumento de temperatura</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Diferencias con el rojo</b>
Violeta	2	16	55 a 16
Verde	$3\frac{1}{4}$	26	55 a 26
Rojo	$6\frac{7}{8}$	55	55

Tabla No. 1: Medida de las temperaturas con termómetro de bulbo pequeño

<b>Termómetro bulbo pequeño</b>			
<b>Color</b>	<b>Aumento de temperatura</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Diferencias con el rojo</b>
Violeta	2	24	55 a 24
Verde	$1\frac{1}{2}$	27	55 a 27
Rojo	$3\frac{3}{8}$	55	55

Tabla No. 2: Medida de las temperaturas con termómetro de bulbo grande

Al realizar los experimentos Herschel observó que en un determinado tiempo la temperatura dejaba de variar. Entonces, se propuso tomar las temperaturas en diferentes tiempos para cada uno de los termómetros, así registró la temperatura en los minutos 8 y 10 aproximadamente.

Pensó que debía verificar bajo una experiencia más elaborada el cambio de temperatura de los colores, puesto que debía tener en cuenta el lugar para tomar las temperaturas si era en el aire o en la madera, por lo tanto, en su segundo experimento colocó un pedazo de metal justo donde incidían los rayos rojos, midió la temperatura reflejada por el metal y encontró que el cambio de temperatura no está dada específicamente por los materiales sino por el color.

De esta manera, llegó a los siguientes resultados, tanto como en el termómetro de bulbo pequeño como en el grande, obtuvo que los rayos de color rojo eran los que mayor registro de temperatura se obtenía, le seguía los rayos de color verde y por último los del violeta.

Así, llegó a su primera conclusión: el poder de calentamiento de los rayos solares están divididos en cada uno de los rayos coloreados, obteniendo que los rayos rojos son los que tienen mayor capacidad para calentar.

En consonancia, la habilidad de Herschel para identificar variables también fue notoria, puesto que pensó en reducir los errores para la obtención de sus análisis y conclusiones, para ello tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

- Tamaño de los bulbos
- Color
- Temperatura
- Clima
- Material donde incide la luz monocromática
- Ennegrecimiento de los bulbos
- Distancia del prisma
- Tiempo

Por lo cual, es necesario recalcar que uno de los aspectos fundamentales en la actividad experimental es realizar un control de variables, puesto que sin ella los resultados serán ineficientes, tal como lo hace Herschel en sus experimentos, solo tiene en cuenta el color y su temperatura y deja las demás como parámetros fijos.

### **1.2 Construcción del vínculo entre luz y calor**

Según lo anterior, el primer vínculo evidenciado por Herschel es acerca de que los rayos de luz monocromática tienen un poder diferente para calentar objetos, por lo tanto, inicialmente tuvo que preguntarse: ¿Qué es calor? La aceptación más común para la época en la cual Herschel se encontraba, era sobre la teoría cinética molecular, donde la causa principal del calor es el movimiento aleatorio de las moléculas, que generan una energía cinética y que el promedio de las energías cinéticas de cada una de las moléculas causan el efecto de lo que se denomina calor. Por lo cual, entre mayor energía cinética contenga un objeto, mayor efecto de calor tendrá.

Sin embargo, ésta manera de comprender el calor no puede asumirse como la principal causa de que los rayos de luz monocromática tengan la capacidad de calentar, acaso ¿la luz también está compuesta de moléculas?, no obstante, afirmar que luz y calor son sustancia en movimiento y que por ello promueven algunos fenómenos, como el de calentar e iluminar, resulta ser un

proceso que requiere de explicaciones que dependen de experimentos mentales que correspondan con la observación o la experiencia, pero éstos experimentos no implican que sean verdaderas explicaciones. Empero, describir lo que se entiende por luz y calor para Herschel no era su principal objetivo si no trabajar con el fenómeno de la capacidad de los rayos de luz para calentar.

Por lo cual, Herschel involucra un nuevo término diferente de los fenómenos de calor que se entendían para la época de 1800 (expansión de cuerpos, la fluidez, la congelación, la fermentación, la fricción) y en los diversos estados (latente, específico, absoluto o sensible), y a éste lo llamó “calor radiante”, referido a la capacidad de los rayos de luz monocromática de emitir calor.

Sin embargo, (Herschel, 1912) expresa qué: *“los rayos que ocasionan el calor, no se me puede malinterpretar en el sentido de que estos rayos son calor; ni me comprometo en ningún aspecto a demostrar de qué manera producen calor”*<sup>3</sup> por lo tanto, su objetivo no era comprobar que los rayos de luz son los mismos rayos de calor, ni tampoco responder porqué tienen la capacidad de emitir calor, no obstante, era revisar a partir de la actividad experimental qué aspectos son fundamentales para vincularlos, refiriéndose a la expresión: “calor radiante”

Para ello, piensa sobre algunas características de la luz, como por ejemplo: la refrangibilidad, referida a la capacidad de los rayos luminosos de refractarse cuando pasan por un medio, un claro ejemplo de la refrangibilidad es el experimento de Newton donde pasa un rayo de luz blanca por medio de un prisma y es dispersado en todos los rayos coloreados en diferentes ángulos, si no se evidenciara el fenómeno de la refrangibilidad, solo se observaría la sombra del prisma, ¿éste fenómeno sucede con el calor radiante?, pues (Herschel, 1912) menciona que: *“Debo señalar ahora que mis experimentos anteriores establecen sin lugar a dudas que el calor radiante, así como la luz, ya sean los mismos o diferentes agentes, no solo es refrangible, sino que también está sujeto a las leyes de la dispersión derivadas de su diferentes refrangibilidad”*<sup>4</sup>

En suma, el calor radiante también tiene la característica de refrangibilidad, puesto que al medir temperaturas de los rayos coloreados, sus registros son diferentes, por consiguiente, el calor

---

<sup>3</sup> The rays that occasion heat, I can't be misunderstood as meaning that these rays themselves are heat; nor do I in any respect engage myself to shew in what manner they produce heat. (Ver traducción Anexo 2, pág)

<sup>4</sup> I must now remark, that my foregoing experiments ascertain beyond a doubt, that radiant heat, as well as light, whether they be the same or different agents, is not only refrangible, but is also subject to the laws of the dispersion arising from its only refrangibility. (Ver traducción Anexo 2)

radiante tiene diferente refrangibilidad, igual que la luz. Este análisis deja entrevisto que el calor puede ser refractado y dispersado, exactamente igual que la luz. Si no existiera la refrangibilidad del calor radiante, se evidenciaría uniformemente en un espacio igual al área del prisma, puesto que al pasar por este solo se observaría solamente su sombra.

Por lo tanto, luz y calor están sujetos a las leyes de la refracción, para argumentarlo se plantea una pregunta: “¿No nos puede llevar a suponer esto que el calor radiante consiste en partículas de luz de cierto rango de momentos<sup>5</sup>, y cuyo rango puede extenderse un poco más, a cada lado de la refrangibilidad, que el de la luz?<sup>6</sup>” (Herschel, 1912)

De esta manera, tuvo que realizar la medida de la temperatura un poco más allá del rojo, encontrando que allí se obtenía el mayor registro de temperatura, donde no se encontraba luz, parecía ser que allí el calor también podía refractarse y dispersarse, así afirmó que ahí se localiza un calor radiante y podría ser catalogada como “luz invisible”.

*“En este caso, el calor radiante consistirá, al menos en parte, si no principalmente, si se me permite la expresión de la luz invisible; es decir, de los rayos que provienen del sol, que tienen tal impulso que no son aptos para la visión. Y, admitiendo, como es muy probable, que los órganos de la vista solo están adaptados para recibir impresiones de partículas de cierto impulso.<sup>7</sup>”* (Herschel, 1912)

En suma, Herschel realizó una primera conjetura acerca de lo que estaba observando, los rayos procedentes del sol contienen luz y calor radiante de diferente refrangibilidad, un rango que es visible, como el violeta, azul, verde, amarillo, naranja y rojo y otras no visibles como las de debajo del rojo, no son visibles quizá porque esta parte del espectro tienen impulsos no aptos para la visión, por lo cual, nuestros ojos solamente están aptos para recibir impresiones de partículas de un determinado impulso.

---

<sup>5</sup> Momento, en su época estaba referido a la cantidad de movimiento que las moléculas obtenían al moverse en un cuerpo que tiene el efecto de calor.

<sup>6</sup> ¿May not this lead us to surmise, that radiant heat consists of particles of light of a certain range of momenta, and which range may extend a little farther, on each side of refrangibility, than that of light? (Ver traducción Anexo 2)

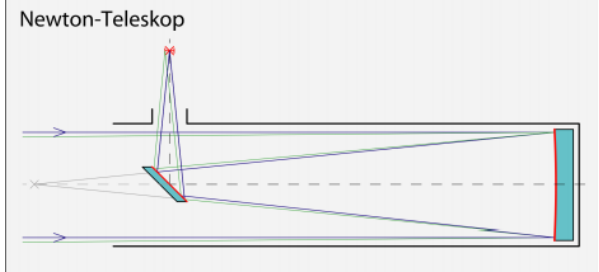

<sup>7</sup> In this case, radiant heat will at least partly, if not chiefly, consist, if I may be permitted the expression, of invisible light ; that is to say, of rays coming from the sun, that have such a momentum as to be unfit for vision. And, admitting, as is highly probable, that the organs of sight are only adapted to receive impressions from particles of a certain momentum. (Ver traducción Anexo 2, pag)

Esto explica porque el hierro al rojo vivo ubicado en un cuarto oscuro al enfriarse todavía sigue emitiendo calor aunque ya haya recuperado su color original, éste seguirá emitiendo “luz invisible”, por el calor radiante.

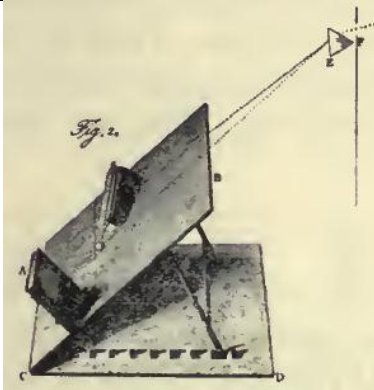

Sin embargo, esto lo llevó a plantearse otra pregunta: ¿Esta “luz invisible” podrá reflejarse y refractarse tal y como lo hace la luz visible? Sus siguientes experimentos ahora estarían ligados a la reflexión y refracción del calor radiante, ya que este es el único que da cuenta de dicha “luz invisible”

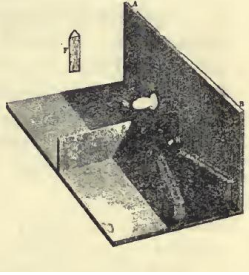

Para ello, realizó una totalidad de 8 experimentos para la reflexión y 6 experimentos para la refracción del calor radiante (luz invisible) con fuentes luminosas solares y terrestres, encontradas en las siguientes tablas:

**Experimentos sobre la reflexión del calor radiante**

Nombre del Experimento	Descripción	Resultados	Imagen
<b>Reflexión del calor del sol</b>	Midió la temperatura de los rayos provenientes del sol al colocar un termómetro en el foco de un espejo parabólico que contiene un telescopio reflector Newtoniano <sup>8</sup>	El termómetro registro una variación de temperatura de 52 a 110 grados	 <p align="center"><i>Figura No. 4 Telescopio Reflector Newtoniano (Herschel, 1912)</i></p>
<b>Reflexión del calor de una vela</b>	Colocó una vela a unas 29 pulgadas de un espejo parabólico de 3 4/10 de pulgadas y aproximadamente 2 3/4 pulgadas de longitud focal, allí colocó un	En cinco minutos el termómetro colocado en el foco del espejo registró una temperatura de 57 1/4 grados y el termómetro fuera del foco marcó una	 <p align="center"><i>Figura No. 5 Reflexión del calor de una vela (Herschel, 1912)</i></p>


<sup>8</sup> El telescopio reflector Newtoniano consiste en recibir luz inicialmente en un espejo parabólico luego reflejar rayos convergentes en un espejo plano para finalmente observarlo por el ocular. Observar figura 4.

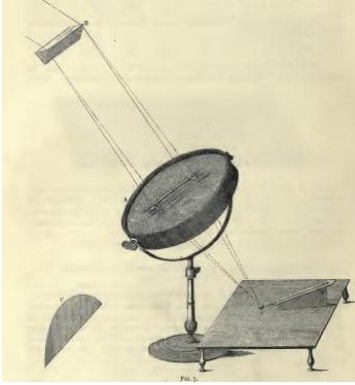
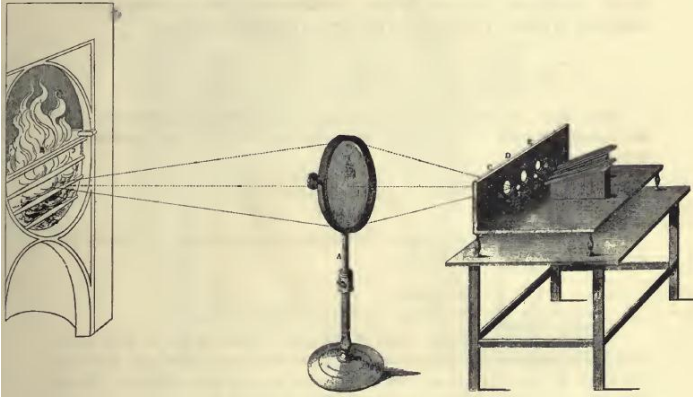
	termómetro y otro fuera del foco.	temperatura constante de 54 grados.	
<b>Reflexión del calor de los rayos rojos</b>	Colimó los rayos rojos que provenían de los rayos del sol al refractarlos por el prisma, y los reflejó con el espejo parabólico. Midiendo así la temperatura de los rayos rojos en el foco del espejo.	En dos minutos los rayos rojos registraron una variación de 58° a 93°	 <p><i>Fig. 2.</i></p> <p><b>Figura No. 6 Reflexión del calor de los rayos rojos</b> (Herschel, 1912)</p>
<b>Reflexión del calor de un metal al rojo vivo</b>	Colocó un pedazo de hierro al rojo vivo a 12 pulgadas del espejo parabólico, midiendo la temperatura de éste al ser reflejado en el foco.	En un minuto y medio el termómetro registró una variación de temperatura 54° a 93°.	 <p><i>Fig. 1.</i></p> <p><b>Figura No. 7 Reflexión del calor de una vela</b> (Herschel, 1912)</p>

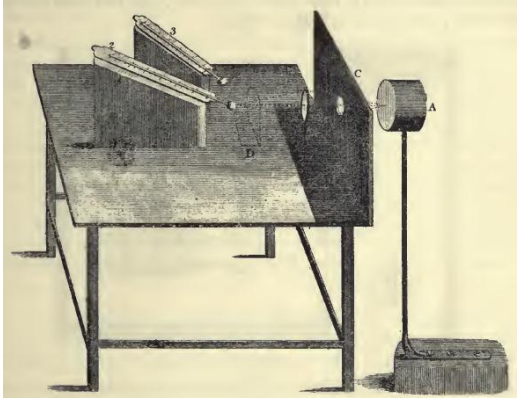
<p><b>Reflexión del calor de un fuego de carbón por un espejo plano</b></p>	<p>En frente de una chimenea colocó un espejo plano, y frente al espejo plano colocó dos termómetros uno cubierto y el otro descubierto.</p>	<p>En cinco minutos el termómetro descubierto registró una variación de temperatura de 60° a 67°.</p>	 <p><i>Figura No 8 Reflexión del calor de un fuego de carbón (Herschel, 1912)</i></p>
<p><b>Reflexión del calor de un fuego de carbón por un prisma</b></p>	<p>Utilizó el mismo montaje anterior, pero colocó un prisma en el lugar del espejo plano, y los termómetros los dejó en el mismo lugar.</p>	<p>En 11 minutos la variación de temperatura fue de 64° a 67°.</p>	<p>Ver figura No. 8</p>
<p><b>Reflexión del calor solar invisible</b></p>	<p>Hizo difractar un rayo de luz solar por medio de un prisma, reflejó el espectro visible sobre un espejo plano, y a 9 3/4 se ubicaron dos termómetros uno con el espectro visible y otro por debajo de los rayos rojos.</p>	<p>En 10 minutos el termómetro registró en el termómetro por debajo de los rayos rojos una variación de temperatura de 56° a 60°</p>	 <p><i>Figura No 9 Reflexión del calor solar invisible (Herschel, 1912)</i></p>

<b>Reflexión de los rayos invisibles del hierro al rojo vivo, cuando se enfría y ya no se podía ver en un cuarto oscuro</b>	Colocó un hierro al rojo vivo en un cuarto oscuro, lo dejó enfriar, cuando ya no era visible se reflejó en un espejo parabólico y midió la temperatura en el foco del espejo.		Ver figura No 5.
---	---	--	------------------

*Tabla No. 3: Experimentos sobre la reflexión del calor*

<b>Experimentos sobre la refracción del calor radiante</b>			
<b>Nombre del Experimento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>	<b>Imagen</b>
<b>Refracción del calor del sol</b>	Midió la temperatura de los rayos provenientes del sol al colocar un termómetro en el foco de un espejo parabólico que contiene un telescopio reflector Newtoniano	El termómetro registro una variación de temperatura de 52 a 110 grados.	Ver figura No. 4
<b>Refracción del calor de una vela</b>	Colocó una lente de 4 pulgadas de enfoque y 11 de diámetro, y una vela a 28 pulgadas de la lente, y un termómetro a al foco secundario de la lente para medir su temperatura.	El termómetro registró una variación de temperatura de $53 \frac{7}{8}$ a 56 grados.	 <p><i>Figura No. 10 Refracción del calor de una vela (Herschel, 1912)</i></p>

<p><b>Refracción del calor de los rayos rojos</b></p>	<p>Utilizó una lente convergente de 60 pulgadas de diámetro que estaba cubierto con un cartón y tenía una abertura para dejar pasar los rayos rojos. En el foco colocó un termómetro.</p>	<p>El registro de temperaturas fue de 64 a 176 grados.</p>	 <p><i>Figura No. 11 Refracción del calor de los rayos rojos (Herschel, 1912)</i></p>
<p><b>Refracción del calor de una chimenea</b></p>	<p>Colocó la lente a unos tres pies de la chimenea y de tres termómetros, distancia en la cual son los focos, utilizó tres termómetros para registrar la temperatura ambiente y la del lugar donde convergen los rayos.</p>	<p>La variación de temperatura fue de 58 a 71 ½ grados.</p>	 <p><i>Figura No 12 Refracción del calor de una chimenea (Herschel, 1912)</i></p>

<p><b>Refracción del calor de un acero al rojo vivo</b></p>	<p>Colocó un cilindro de hierro de 2 ½ de pulgadas de diámetro al rojo vivo, en uno de los focos de una lente convergente y en el otro foco ubicó un termómetro.</p>	<p>La variación de temperatura fue de 56 a 62 grados.</p>	 <p><i>Figura No. 13: Refracción del calor de un acero al rojo vivo (Herschel, 1912)</i></p>
<p><b>Refracción del calor solar de los rayos invisibles.</b></p>	<p>Con el montaje de la figura No. 11 dejó caer en el la lente convergente los rayos de luz invisible y en el otro foco colocó un termómetro.</p>	<p>La variación de temperatura fue de 57 a 102 grados.</p>	<p>Ver figura No 11</p>

*Tabla No. 4: Experimentos sobre la refracción del calor*

De acuerdo con los experimentos anteriores se puede afirmar que el calor radiante tiene características semejantes a las de la luz tales como: la refrangibilidad, la reflexión, la refracción y la dispersión. Es decir, el calor radiante está sujeto a las mismas leyes que se establecen para la luz, por lo tanto puede ser llamada tal y como lo define Herschel como luz invisible. Aquí está el vínculo más evidente entre luz y calor, puesto que por debajo del rojo no es visible a nuestros ojos, pero si es perceptible por medio de la temperatura y estos dos están sujetos a las leyes de la refracción.

Sin embargo, para Herschel todavía quedaba con una pregunta por resolver sobre la relación que existe entre el poder de los rayos para calentar y el poder de los rayos para iluminar, si los rayos de color rojo tienen mayor capacidad para calentarse, ¿También tendrán mayor capacidad para iluminar?

Por lo tanto, a continuación se presenta uno de los experimentos más sobresalientes sobre la relación que tienen los rayos para calentar e iluminar, esto con el fin de conocer si los rayos con más capacidad para calentar también tienen la misma capacidad para iluminar.

### **1.3 Experimentos sobre el poder de iluminación de los rayos coloreados**

Para responder las preguntas sobre la capacidad del color para iluminar, y si está vinculada con el poder para calentar, Herschel en primera instancia se preocupó por investigar qué color de ellos ofrecería mejor visión para observar por medio de su telescopio, esto implicaría preguntar sobre la iluminación de los colores. Para esto, utilizó un microscopio doble que le permitía observar objetos opacos, tales como: papel rojo, papel verde, un pedazo de latón, un clavo, una guinea y papel negro, estos estaban iluminados por cada uno de los colores que pasan a través del prisma.

Dejó como parámetro fijo el aumento del microscopio, donde según él obtenía la mayor nitidez al ser iluminado con luz blanca, cuando observó el clavo se dio cuenta que este objeto era el de mejor visión, porque sobre éste se veían puntos luminosos que servían de referencia para decir si la iluminación era la mejor, entre más nítido el cuerpo observado mejor la iluminación.

Los objetos perdían o ganaban nitidez según el color con que fueran iluminados, observó que la capacidad para iluminar de los rayos coloreados se encuentra en una proporción que va aumentando desde el rojo hasta el amarillo y el verde pálido para luego decrecer hasta el violeta. De esta manera describía lo que observaba:

- **Rojo.** Fijo mi atención en dos brillantes puntos rojos; son bastante brillantes.
- **Naranja.** Veo muchos más puntos. El objeto está mejor iluminado que en el rojo. Los puntos están rodeados de negro; pero son de color naranja.
- **Amarillo.** Los puntos ahora son amarillos, y el blanco rodeado de negro. El objeto está mejor iluminado que en naranja. El máximo de iluminación está en el amarillo más brillante, o el verde más pálido.
- **Verde.** Los puntos son verde y blanco, como antes rodeado de negro. Mejor iluminado que en naranja.
- **Azul.** La iluminación es casi igual al rojo.
- **Índigo.** Muy indistintamente iluminado.
- **Violeta.** Muy mal iluminado.

Concluye que el poder de calentamiento de los rayos prismáticos no concuerda con el poder de iluminación de los rayos prismáticos, el rojo es el color que tiene mayor poder para calentar, mientras que el verde pálido y el amarillo son los colores que tienen mayor poder para iluminar. En otras palabras, los colores que más iluminan no son los colores que más calientan.

(Herschel, 1912) Afirma lo siguiente:

*“Y, admitiendo, como es muy probable, que los órganos de la vista solo están adaptados para recibir impresiones de partículas de un cierto ímpetu, explica por qué el máximo de iluminación debe estar en el medio de los rayos refrangibles; como aquellos que tienen más o menos momentos, es probable que se vuelvan igualmente inadecuados para las impresiones de la vista<sup>9</sup>”.*

William Herschel encuentra que por debajo del rojo existe “algo” que puede ser evidenciado a partir de la temperatura, por ser el que más registra temperatura en el espectro, pero puede estar vinculado con las características de la luz, tales como las de refrangibilidad, reflexión, refracción y dispersión. Y también que el mayor poder de iluminación se encuentra en el amarillo o verde, y los que están por encima de ellos son los más fríos, por lo cual, tienen un menor impulso y los que están por debajo son más calientes, los que tienen mayor impulso.

---

<sup>9</sup> And, admitting, as is highly probable, that the organs of sight are only adapted to receive impressions from particles of a certain momentum, it explains why the maximum of illumination should be in the middle of the refrangible rays; as those which have greater or less momenta, are likely to become equally unfit for impressions of sight. (Ver anexo 2, pag)

#### **1.4 Sobre el papel de la actividad experimental de William Herschel en la ciencia**

En los escritos originales de William Herschel en la retórica no se evidencia miradas e ideas del abordaje o maneras de proceder frente a la ciencia, ni tampoco hacia el desarrollo de la actividad experimental, sin embargo, deja entrever en cuanto a sus experimentos la rigurosidad en cada uno de los diseños construidos, reflejando la sistematización de los datos recogidos, los análisis y reflexiones que alcanza a construir, y como aquellos posibilitan generar una producción de efectos sensibles que anteriormente no se encontraban, es decir, que las leyes de la refracción de la luz y del calor (refrangibilidad, reflexión, refracción y dispersión) observadas dentro del espectro visible le permitieran inferir que éstas se pueden extender por debajo del rojo, y por lo tanto, esto ayuda a ampliar el campo de experiencia frente a lo que considera como luz, sus acciones y maneras de proceder en la medición de temperatura por debajo del rojo que finalmente lo lleva a la búsqueda de evidencias para afirmar que esta “zona” se comporta con las características de las leyes de la refracción de la luz.

En suma, el papel que jugó la actividad experimental en el trabajo de investigación de Herschel fue fundamental para ampliar su campo de experiencias, en la producción de efectos sensibles y finalmente ayuda a configurar la identidad y/o vínculos entre luz y calor mediante las leyes de la refracción, construyendo así, el concepto de “radiación térmica” o como lo suele llamar él “calor radiante”.

De acuerdo a lo anterior, se puede inferir que las maneras de proceder de Herschel están íntimamente ligadas a ampliar el campo de experiencia por medio de la actividad experimental, para que con ellas pueda comprender y finalmente explicar de manera descriptiva los fenómenos que allí se presentan. Por lo tanto, si la construcción epistemológica del concepto de radiación térmica fue construida a partir de la actividad experimental, entonces, en la enseñanza de la física también debe jugar un papel fundamental para la construcción de conocimiento.

Así la actividad experimental en la enseñanza de la física es importante porque posibilita a los estudiantes y al maestro, construir una relación entre las experiencias, el lenguaje, el conocimiento e ideas iniciales del estudiante, el conocimiento del maestro, y el conocimiento de las comunidades científicas.

Las anteriores reflexiones se han dado en un contexto como el del departamento de física que tiene intereses particulares, tales como: los papeles fundamentales que juegan la re-contextualización de saberes, la epistemología en la historia científica y la actividad experimental, reflejados en las líneas de investigación: “La enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural” y “La actividad experimental en la enseñanza de la física”

## **2. Capítulo 2: Construyendo la identidad entre luz y calor, reflexiones sobre la actividad experimental de William Herschel y algunos ajustes.**

La revisión histórica sobre la actividad científica de William Herschel en primer lugar permitió identificar que él estaba preocupado por las condiciones para tener una mejor observación del sol y esto lo llevo a realizar una cantidad de preguntas alrededor del poder de calentamiento e iluminación de los rayos coloreados, logró elaborar diversas maneras de proceder para responder sus cuestionamientos. Y encontró un lugar por fuera del espectro visible nunca antes identificado que no es perceptible por nuestra vista, pero si por medio de la temperatura, y que se comporta de acuerdo con algunas características semejantes a las de la luz.

Esto es positivo, puesto que posibilita al maestro fortalecer los conocimientos disciplinares, considerar como fundamental aspectos como los de la actividad experimental en la construcción de conocimiento científico y los diferentes mecanismos utilizados para plasmarlos en un lenguaje especializado.

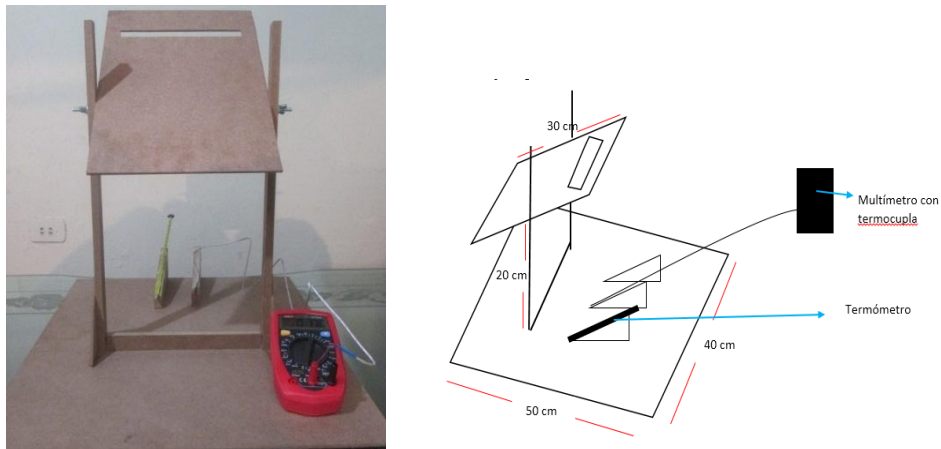
En el presente capítulo se presentan las diferentes propuestas de la actividad experimental que se construyeron para vincular luz y calor, teniendo en cuenta, las diferentes reflexiones y cuestiones que surgen al realizar la revisión histórica y que aquello permitirá plantear algunos diseños experimentales para posteriormente ponerlos en el contexto de la enseñanza de la física.

En primera instancia, los instrumentos con los que se cuentan hoy en día son diferentes a los que poseía Herschel en su época, por lo tanto, para responder la pregunta de ¿Cómo es la temperatura de la luz coloreada (rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta)? Se realizaron tres construcciones de laboratorio: uno la réplica de Herschel, otro con instrumentos diferentes y el último es la medición de las temperaturas de la luz monocromática utilizando filtros de diferentes colores:

### **2.1 Réplica de Herschel:**

Al igual que Herschel se tuvo en cuenta un cuadrado de madera como base de 50 cm por 30 cm, en esa base de madera se pegaron dos palos perpendicularmente, de altura 20 cm, separados entre sí 20 cm, entre ellos se colocó otro cuadrado de madera con un agujero de 2 cm en la parte de arriba por donde pasará el espectro visible (un poco más grande que el bulbo de los termómetros) y este también movable. En la base se colocó tres planos inclinados de madera donde se colocó dos instrumentos de medida de la temperatura: un termómetro de mercurio con escala en Celsius y una termocupa con multímetro, esta última funciona midiendo primeramente una diferencia

de potencial ya que su punta es de un material conductor como el cobre para luego ser interpretada por el multímetro como una medida de temperatura en escala en Celsius. Para medir la temperatura de los colores del espectro visible, el montaje construido se encuentra en la figura 14.



**Figura No. 14: Replica del experimento de Herschel**

Cerca de este montaje se ubica un soporte universal que sostiene un prisma, donde pasará un rayo de luz proveniente del sol que será difractado, donde el espectro visible pasará por el agujero hecho en el cuadrado de madera que es movable, hasta llegar a los bulbos de los termómetros, por último se mide la temperatura de cada uno de los colores del espectro visible que se difractan en el aire (rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta). De este experimento surge las siguientes preguntas: ¿Es posible medir la temperatura de la luz? Si es así: ¿Qué color del espectro visible obtendrá el mayor registro de temperaturas? ¿Qué temperatura registrará los termómetros si se ubican un poco más allá del color rojo?

En física se mide temperaturas de los cuerpos o de la materia, y se afirma generalmente que no es posible medir temperaturas donde no hay materia, por lo cual, esto hace pensar que no es posible medir temperaturas en el vacío, y por consiguiente mucho menos la temperatura de la luz, sin embargo, sería contradictorio realizar esta afirmación si se remite a lo que la experiencia permite y es que si la medición de la temperatura no fuera posible donde no hay materia, entonces no cabría la explicación de que los rayos de calor que viajan del sol a la tierra transportan continuamente calor, por lo tanto si sería posible realizar una medición de la temperatura de la luz en el espacio vacío como el que hay entre el sol y la tierra.

En suma, la única explicación que se le puede atribuir a la variación de la temperatura que se presenta en el aire donde incide el espectro, es que se observa que es afectado el estado inicial de

temperatura del medio circundante como el aire, acudiendo a la idea del equilibrio térmico entre los cuerpos, así, la temperatura del ambiente aumenta en esa zona donde incide el rayo de luz.

Para realizar las medidas de temperatura de cada uno de los rayos coloreados se tuvo en cuenta el tiempo en que dejaba de variar la temperatura, es decir, se estimaba el tiempo en el cual el lugar donde incidía el rayo de luz entraba en equilibrio térmico.

Es necesario mencionar también que este montaje contiene algunos factores que afectan la recolección de datos, como por ejemplo: no hay un aislamiento del montaje y allí interfiere las temperaturas que las otras sustancias contienen, también interferían los demás rayos de luz, es decir, no había filtración alguna de la luz que proviene del sol, y por último las condiciones climáticas son importantes, ya que la práctica experimental solo es posible cuando hay una fuente de luz significativa, como la del sol, por eso bajo días nublados es complejo realizar el experimento; estos factores hicieron que las medidas de las temperaturas no dieran resultados significativos, mostrando una diferencia de temperaturas muy cercanas entre cada uno de las luces coloreadas.

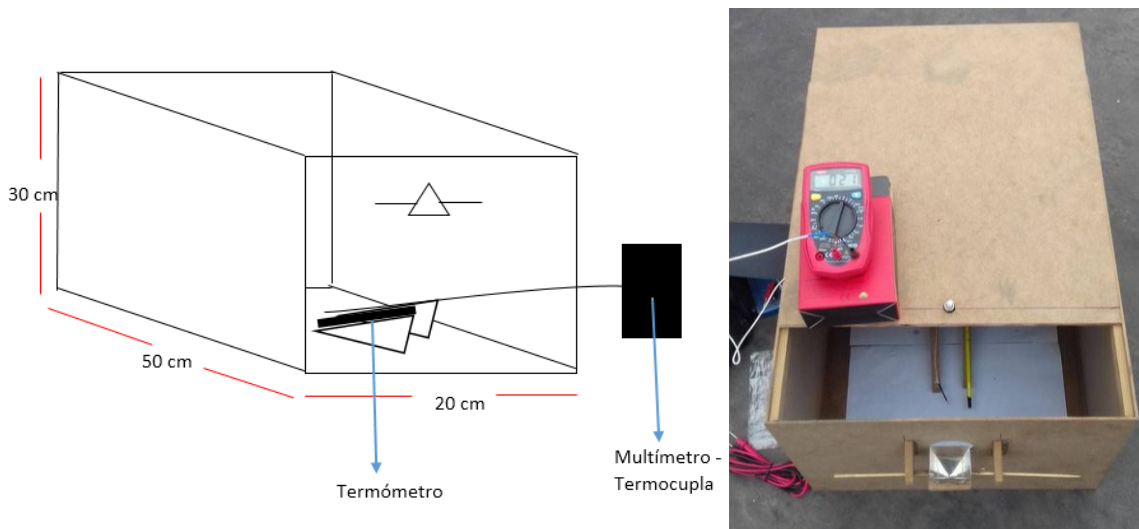
Así fue como se propuso un nuevo montaje que redujera todos los factores que afectan a la medida de las temperaturas de los rayos coloreados:

## **2.2 Midiendo la temperatura de la luz coloreada el caso de la caja aislante**

En primera instancia se evidenció que uno de los factores que más afectaban a la toma de datos era que no había ningún método de aislamiento de todos los rayos de luz provenientes del sol, por lo cual, se utilizó una caja de madera para aislar los demás rayos de luz y la temperatura de las demás sustancias que se encontraban en el medio.

Entonces, se construyó un cubo hecho de madera, de unas dimensiones de 20 cm x 50 cm x 20 cm, donde en una de sus caras se abrió un agujero y encima de ella se colocó el prisma que es movable hasta obtener el espectro, de esta manera el espectro visible será formado dentro de la caja, al fondo de ella se colocó unas hojas blancas, como reflectoras de luz, dentro también se colocaron los planos inclinados y se utilizó la termocupla como instrumento de medida de temperatura más sensible.

Así se podría encerrar todo el espectro visible, así como lo muestra la figura 15. Se esperó 10 minutos para medición, obteniendo los siguientes resultados:

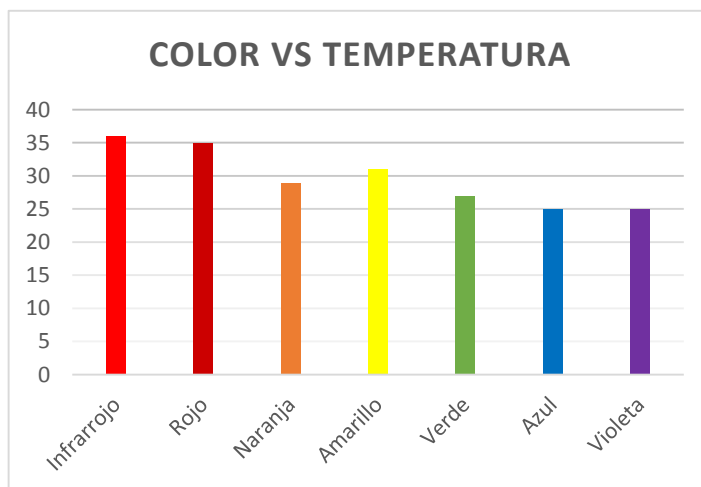


**Figura No. 15: caja aislante (Experimento de Herschel)**

La tabla y la gráfica que se presentan a continuación recogen el promedio de la medida de las temperaturas en 3 oportunidades:

Color	Temperatura (°C)
Infrarrojo	36
Rojo	35
Naranja	29
Amarillo	31
Verde	27
Azul	25
Violeta	25

**Tabla No. 5 Datos temperatura con caja aislante**



**Grafica No. 1: Color vs temperatura**

De acuerdo a la gráfica obtenida, se puede evidenciar que el color que más se calentó fue el rojo, y de igual forma como Herschel se evidencia que más allá del rojo hay un aumento de temperatura y esta es debida a que existe un tipo de luz (más adelante se presentaran los experimentos correspondientes para afirmar que es un tipo de luz), que no es visible pero es perceptible por medio del cambio de temperatura.

De alguna u otra manera se puede establecer algún vínculo entre el color y calor, afirmando que los colores de los objetos dependen de lo que suceda cuando la luz incida sobre ellos, los diferentes objetos absorben algunos colores y reflejan otros, por lo tanto, los colores que vemos son los colores reflejados por el objeto, por ejemplo, una hoja de color blanco como la que se utilizó en el experimento refleja todos los colores, de esta manera, se puede decir que los resultados de este experimento arrojan que los colores más “fuertes” o “oscuros” son capaces de absorber más calor, por ejemplo, el rojo absorbe más calor puesto que arrojó un elevado registro de temperatura, por lo cual, los colores absorbidos cuando vemos un color rojo son: violeta, azul, verde, amarillo y naranja y el color reflejado es el rojo, cuando se mide la temperatura se mide el calor dado por el color reflejado, es decir, por el rojo. Por eso decimos que cuando utilizamos ropa negra en un día soleado nos da más calor porque éste color es la absorción de todos los colores, por lo tanto, la suma de las temperaturas de cada uno de los colores del espectro visible.

Algunos ejemplos de cómo vemos los diferentes colores, tomados de: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia17/HTML/articulo08.htm>

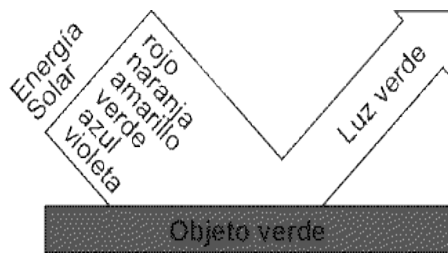


Figura No. 16: reflexión de la radiación solar de un objeto verde



Figura No. 17: reflexión de la radiación solar

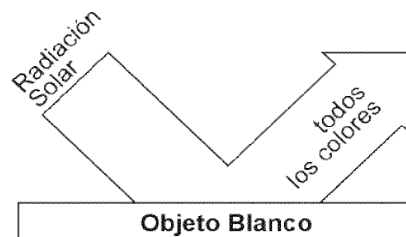
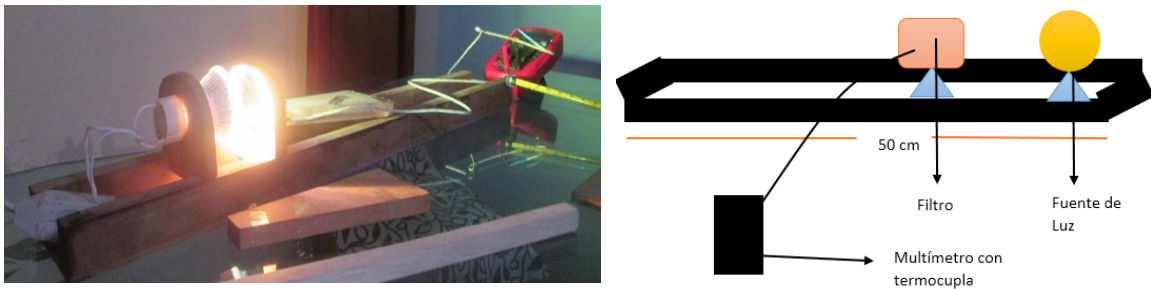


Figura No. 18: reflexión de la radiación solar en un pigmento blanco

Cabe resaltar que aunque los resultados de esta experiencia fueron exitosos, no fueron significativos, ya que las diferencias de temperaturas de los colores son muy cercanas, por lo tanto, se plantea una tercera experiencia, donde se garantice la luz monocromática de los diferentes colores.

### 2.3 Midiendo la temperatura de la luz coloreada el caso del riel óptico

En esta experiencia se construyó un riel óptico de 50 cm, se colocó una lámpara halógena al principio del riel óptico y a unos 10 cm, se colocaron los diferentes filtros de colores (rojo, amarillo, verde, azul y violeta), estos filtros fueron elaborados con plástico y luego fueron coloreados por un método llamado sistema de pintado por BPI, en mezcla con agua destilada, el tintado se realiza sumergiendo las lentes en el agua en el color deseado y se espera 10 minutos para obtener el color. Cada lente tiene una forma circular con un diámetro de 5 cm y cada uno de ellos tiene un porta-filtro hecho en madera, así como lo muestra la figura 19.



*Figura No 19: Montaje de la luz monocromática*

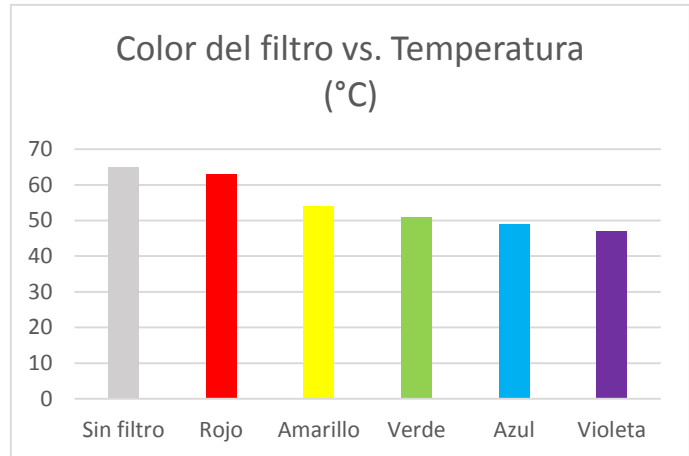


*Figura No. 20: Filtros de luz de diferentes colores*

Para la obtención de las medidas de las temperaturas, se utilizó nuevamente la termocupla con el multímetro, esta vez fue colocada la punta de la termocupla en el filtro, se obtuvieron los siguientes resultados para un tiempo de 10 minutos para cada filtro:

Color del filtro	Temperatura (°C)
Sin filtro	65
Rojo	63
Amarillo	54
Verde	51
Azul	49
Violeta	47

*Tabla No. 6: Color del filtro vs. Temperatura*

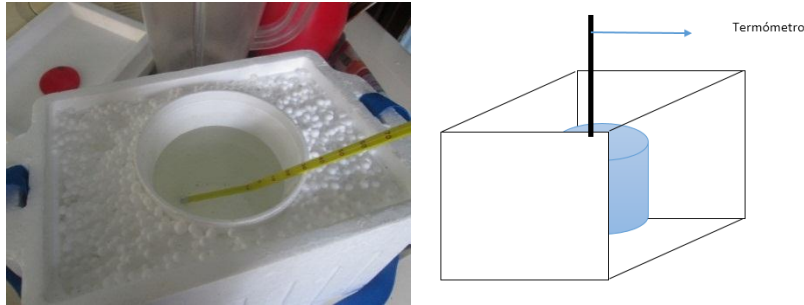


*Gráfica No. 2: Color del filtro vs. Temperatura (°C)*

Nuevamente el mayor registro de temperaturas esta dado en el color rojo, y este es un claro ejemplo de que se puede medir la temperatura de la luz monocromática, sin embargo, aquí hay algo que se debe tener en cuenta que es fundamental, y es la ley cero de la termodinámica, que nos habla que todos los cuerpos entran en equilibrio térmico después de un tiempo determinado, por ejemplo, al medir la temperatura sobre el lente se espera que después de un tiempo la temperatura del rayo de luz afecta la temperatura inicial del filtro, y ellos llegarán a un equilibrio térmico determinado. Se sabe que los materiales tienen diferentes capacidades de calentarse, por lo cual, se hizo necesario medir la capacidad calorífica de cada uno de los filtros.

#### **2.4 Midiendo el calor específico de los filtros**

Como se dijo anteriormente es necesario realizar la medida del calor específico de los filtros, por lo cual, se construyó un calorímetro, con una nevera de icopor de 5 litros, un vaso de icopor en la mitad y alrededor de este se pegó lluvia de icopor para obtener un mejor aislante térmico, así como lo muestra la figura:



**Figura No. 21: Calorímetro**

Para hallar el calor específico tener en cuenta, que la cantidad de agua para mezclar con el filtro es de 0.1 litro y deberá estar a la temperatura inicial de 20°.

Teniendo en cuenta la ecuación del calor y ley cero de la termodinámica:

$$Q = mc_e\Delta T$$

Donde Q: Calor, m: masa,  $c_e$ : calor específico y  $\Delta T$ : diferencia de temperatura.

$$c_e = \frac{Q}{m\Delta T}$$

Teniendo en cuenta el equilibrio térmico entre el agua y el filtro, entonces:

$$Q_{recibido} = Q_{cedido}$$

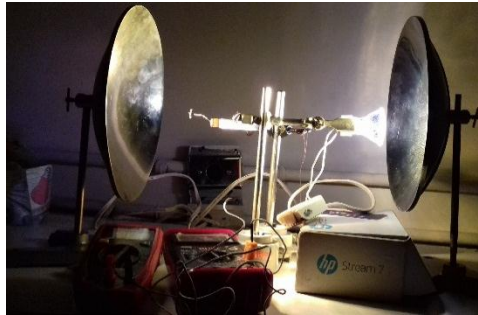
$$m_f c_f \Delta T_f = m_{H_2O} c_{H_2O} \Delta T_{H_2O}$$

$$c_f = \frac{m_{H_2O} c_{H_2O} \Delta T_{H_2O}}{m_f \Delta T_f}$$

A continuación se presentan los experimentos correspondientes a la reflexión y refracción del calor, con el fin de concluir bajo la experiencia la identidad entre luz y calor, por medio de la afirmación de que el calor puede contener las características que definen la luz.

### **2.5 Reflexión del calor de una lámpara halógena**

Para la reflexión del calor de una lámpara halógena, inicialmente se escogió dos espejos parabólicos, uno frente a otro, se ubicó una lámpara halógena en el foco de un espejo, y en el otro espejo se colocó la punta de la termocupla, tal y como lo muestra la siguiente figura.



*Figura No. 22: Reflexión del calor de una lámpara halógena*

## **2.6 Refracción del calor del sol el caso de la lupa**

Para la refracción del calor del sol, se utilizó una lupa para refractar rayos solares y medir temperaturas en el punto focal de la lupa, así como muestra la siguiente figura:



*Figura No. 23: Refracción de la luz solar*

*Tomado de: [https://www.salonhogar.net/Salones/Ciencias/1-3/La\\_Luz/La\\_Luz.htm](https://www.salonhogar.net/Salones/Ciencias/1-3/La_Luz/La_Luz.htm)*

La medición de temperaturas en el punto focal de la lupa vario rápidamente de 21°C a 163 °C.

Con estas prácticas experimentales se puede llegar a la conclusión de que el calor también puede contener algunas características de la luz (reflexión y refracción) y estas pueden ser el vínculo de la luz invisible encontrada en el primer experimento.

Con lo anteriormente construido ahora se procede a buscar algunos aspectos importantes para la enseñanza de la radiación térmica y con ellos construir una propuesta de aula.

### **3. Capítulo 3: Propuesta sobre la actividad experimental para la enseñanza de la radiación térmica en el aula de clases**

#### **3.1 Reflexiones sobre la enseñanza de la radiación térmica**

La construcción de propuestas de aula busca que los maestros tengan la oportunidad de reflexionar sobre sus saberes disciplinares y poner esos saberes en el contexto de la enseñanza de la física, procurando poner en juego los intereses del maestro y del estudiante, donde se genere un espacio dentro del aula propicio para el diálogo, el debate y las reflexiones que surgen de cuestiones particulares en el campo de la física.

En primera instancia la investigación sobre el trabajo científico hecho por Herschel y la actividad experimental propuesta en el anterior capítulo han posibilitado afirmar que la ciencia, especialmente la física, es una actividad que genera conocimiento, en consecuencia, según (Martí, 2002)

*“si se entiende la ciencia experta como una actividad, entonces la ciencia escolar también se tendría que pensar como una actividad. La ciencia en la escuela no debería ser un conjunto de hechos o conceptos aislados que hay que comprender y saber repetir, ni un conjunto de procedimientos experimentales que hay que producir mecánicamente, sino que tendría que ser la introducción de los niños y niñas en una manera singular de plantearse y responder preguntas sobre el mundo que nos rodea”*

Así, una de las finalidades de la ciencia es realizar un proceso donde cada vez más el conocimiento adquirido por las comunidades científicas sobre el mundo físico sea comprensible y coherente con relación a los problemas iniciales que se han planteado, también la ciencia en el aula de clases, la intención debería ser un proceso progresivo de la comprensión de los estudiantes y del maestro sobre el mundo físico, puesto que los niños ya tienen unas ideas que han construido a través de su proceso de aprendizaje.

Desde ésta perspectiva la “ciencia escolar” posibilitaría realizar un proceso evolutivo que parte de las ideas de los estudiantes (conocimiento común), donde el maestro tendrá que generar el ambiente propicio para que los estudiantes avancen poco a poco dichas ideas, de tal manera, que éstas se aproximen a las ideas científicas (conocimiento científico), no con la finalidad de que estas ideas sean exactamente iguales que las de las comunidades científicas, si no que sean coherentes con las evidencias que se han generado y estén dentro de un marco explicativo más amplio, que corresponda a la propia historia científica de cada estudiante.

Tal y como menciona (Mercé Izquierdo, 2005): *“Al igual que existe una historia de las ideas científicas, también se puede considerar que hay una historia de las ideas científicas de cada estudiante”*

De esta manera es necesario recordar que uno de los elementos justificatorios del presente trabajo fue identificar las ideas de los estudiantes (conocimiento común) acerca del vínculo entre luz y calor, para que desde allí organizar una secuencia de actividades experimentales que le permita al estudiante ir evolucionando sus marcos explicativos frente al vínculo entre luz y calor.

Para ello se realizó una encuesta a los estudiantes de grado decimo de la Escuela Pedagógica Experimental, la primera pregunta que se hizo fue: ¿Según su experiencia qué entiende por el término: radiación? Se logró identificar que las respuestas estaban dirigidas hacia tres aspectos:

1. **Sobre el contexto:** las respuestas más comunes eran: *“Yo pienso en el daño que hacen los televisores por la radiación que emiten”* o *“El celular, el microondas, el televisor y el sol son perjudiciales para la salud, porque pueden dar cáncer”* esta última respuesta fue contestada en relación con lo que sus padres le han comentado, otro estudiante comentó que en las noticias dijeron que *“no se podía guardar los celulares cerca del corazón o de los genitales ya que allí pueden ser irradiados”*.

Se puede observar claramente que las ideas que poseen frente al término radiación están permeadas por el contexto socio-cultural (personas que conviven con los estudiantes, medios de comunicación, etc...) y menos por su propia experiencia.

2. **Sobre los productos de las comunidades científicas:** Otros estudiantes dieron respuesta a esta pregunta en relación a lo que han leído o han escuchado decir a profesores o científicos, tal y como: *“La radiación es una liberación de energía que depende de su intensidad”*, *“Pensamos que tiene que ver con ondas electromagnéticas y/o subatómicas, también tiene que tener una distancia específica para tener radiación”*, *“Es una reacción química que emite energía y puede alterar procesos de la naturaleza”* Estas respuestas suelen ser expresadas de memoria, aunque los estudiantes sepan dar algunas características de lo que puede ser llamado radiación, ellos no han realizado un proceso de construcción de conocimiento que les permita inferir de manera crítica y reflexiva acerca de lo que han leído y/o escuchado de las comunidades especializadas, y asumen estas ideas como irrefutables.

3. **Sobre la experiencia:** Finalmente se encontró otro tipo de respuestas asociadas al calor, por ejemplo: *“todo lo que emite calor también emite radiación, nosotros también irradiamos solo que una radiación muy baja”* *“por ejemplo: el sol emite calor, por lo tanto también radiación”*. Estas respuestas en particular están asociadas a la experiencia porque se remiten a los objetos que emiten calor, aunque no está vinculada con la luz.

Se reafirma lo que señaló (Bachelard, 1938) *“el pensamiento común esta formulado en términos vagos y está constituido por conocimientos dispersos y sin vínculos: un saber en migajas”* Y para transformarlo es necesario ampliar los campos de experiencia, posibilitando sobrepasar obstáculos de diferente índole, por ejemplo: el obstáculo de considerar que luz y calor son aspectos que actúan independientemente.

La experiencia posibilita pensar que hay un vínculo entre luz y calor, por lo tanto, también se les preguntó a los estudiantes: ¿Usted considera que la luz y el calor pueden tener alguna relación? ¿Sí o no y por qué? Una gran mayoría afirmó que sí hay un vínculo y para justificar la respuesta identificaron fuentes de luz y calor, por ejemplo: *“Si encendemos un bombillo y lo dejamos encendido durante una hora y después lo apagamos este seguirá caliente”* o *“el sol emana luz y calor, también cuando se calienta un metal este se vuelve rojo y brilla”*

Algunos estudiantes no se atrevieron a afirmar el vínculo, por ejemplo *“el calor es una consecuencia de la luz, pero el calor no tiene necesariamente una relación con la luz, por ejemplo, los seres vivos emitimos calor pero no luz”*

Se identifica a partir de estas expresiones la distancia entre las explicaciones de los estudiantes y de las comunidades científicas porque la mayoría de las respuestas van ligadas a las experiencias que cada uno de los estudiantes ha obtenido a lo largo de su aprendizaje, experiencias que han formalizado a partir de un “lenguaje no especializado”.

Lo anterior sugiere que es necesario desarrollar amplios campos de experiencia que posibiliten entender el fenómeno de la **radiación térmica**. Para esto se tiene en cuenta como eje fundamental la actividad experimental que es garante de ampliar el campo de experiencias de las personas, y que les permite dirigir sus acciones de manera tal, que finalmente puedan responder con argumentos fuertes preguntas que inicialmente se han propuesto responder.

### **3.2 Propuesta para la enseñanza de la radiación térmica**

Por lo anterior, se plantea la unidad didáctica (Ver Anexo No. 5), con el objetivo principal de que los estudiantes puedan explicar los vínculos entre luz y calor. A partir de la siguiente secuencia de actividades, se espera que a medida de que se realiza cada actividad las explicaciones sobre la radiación térmica de los estudiantes sean más elaboradas:

Nombre	Objetivo	Descripción	Preguntas
<b>Identificando fuentes de luz y calor</b>	Reconocer y clasificar fuentes de luz y calor y fuentes de calor que emiten luz.	Se pretende que con esta actividad los estudiantes logren clasificar algunas fuentes de luz que emiten calor y algunas fuentes de calor que emiten luz.	<p>¿Todas las fuentes de luz emiten calor?</p> <p>¿Cuáles fuentes de luz emiten calor?</p> <p>¿Todas las fuentes de calor emiten luz?</p> <p>¿Cuáles fuentes de calor emiten luz?</p> <p>¿Por qué algunas fuentes de luz se calientan y otras no?</p>
<b>Midiendo la temperatura de la luz coloreada: el caso de la caja aislante</b>	Identificar los colores que tienen mayor capacidad de calentarse.	El estudiante mide la temperatura de los rayos coloreados del espectro visible. Tal y como se propuso, en el experimento de la caja aislante en el capítulo 2.	<p>¿Qué color del espectro visible produjo mayor registro de temperatura? Justificar la respuesta.</p> <p>¿Se aprecia alguna tendencia de temperaturas entre los colores?</p>
<b>Midiendo la temperatura de la luz coloreada: el caso del riel óptico</b>	Identificar los colores que tienen mayor capacidad de calentarse.	El estudiante mide la temperatura de la luz coloreada por los filtros de colores, respondiendo a la pregunta de qué color de luz monocromática tiene mayor capacidad para calentarse.	<p>¿Qué color de luz registra la mayor temperatura?</p> <p>¿Cuál es la capacidad de calentarse de cada uno de los filtros coloreados?</p>

<b>Midiendo la temperatura de los pigmentos: el caso de los papeles coloreados</b>	Identificar los colores que tienen mayor capacidad de calentarse.	Con una lupa el estudiante converge rayos de luz solar en un papel coloreado, identificando qué color se quema primero y cuál es que necesita más tiempo para quemarse.	¿Los cuerpos coloreados son calentados de la misma manera? ¿Qué color es más calentado? ¿El negro es el que adquiere mayor temperatura?
<b>Midiendo la temperatura de los vasos coloreados.</b>	Identificar los colores que tienen mayor capacidad de calentarse.	Se exponen varios vasos metálicos coloreados a la luz solar, dentro de ellos se encuentra la misma cantidad de agua y a la misma temperatura, se mide en un tiempo determinado la temperatura y se idéntica que color permitió que el agua se calentara más rápido.	¿Qué color de recipiente permitirá que se enfrié más rápido el agua? ¿Qué color de recipiente permitirá que se caliente más rápido el agua?
<b>El experimento de William Herschel: Descubriendo los rayos infrarrojos</b>	Identificar por medio de la temperatura la existencia de luz invisible.	Aquí se le pide al grupo del caso de la caja aislante identificar si es posible medir temperaturas por debajo del rojo.	¿Hay algún registro de temperatura más allá del color rojo del espectro visible?

<p><b>Estableciendo vínculos entre luz y calor: Reflexión</b></p>	<p>Establecer vínculos y relaciones entre luz y calor (reflexión, refracción, difracción)</p>	<p>Se realiza un experimento demostrativo, donde se expone dos espejos parabólicos de frente y en los focos de los espejos se coloca un bombillo halógeno y en el otro, papeles coloreados. Observando que el calor de la lámpara halógena puede ser reflejada al quemar los papeles.</p>	<p>¿El calor radiante puede ser reflejado?</p>
<p><b>Estableciendo vínculos entre luz y calor: Refracción</b></p>	<p>Establecer vínculos y relaciones entre luz y calor (reflexión, refracción, difracción)</p>	<p>De acuerdo al experimento de la lupa al converger rayos en los papeles coloreados, se realiza una discusión acerca de que a partir de esta actividad experimental el calor también tiene la característica de refractarse.</p>	<p>¿El calor radiante puede ser refractado?</p>

Se puede notar que los objetivos que se proponen en la unidad didáctica están vinculados con cada una de las actividades experimentales propuestas en el capítulo anterior, están pensadas en una secuencia que posibilite desarrollar un proceso de comprensión sobre la radiación térmica.

Es necesario resaltar que hay cuatro actividades con el mismo objetivo, esto tiene dos razones de ser:

1. No hay suficientes materiales para la totalidad de estudiantes, por lo tanto, no es posible que la mayoría de los estudiantes realicen las mismas actividades experimentales.
2. Por lo tanto, se propone que cada grupo de trabajo se le asigne una actividad y al finalizar se responsabilice por realizar una presentación acerca de la actividad experimental desarrollada. Esto tiene una ganancia doble, ya que se aprovecha las presentaciones para observar: las maneras de proceder de los estudiantes para responder las preguntas planteadas, los campos explicativos a los cuales los estudiantes han logrado construir a partir de la actividad experimental y la habilidad para expresar los conocimientos construidos y ponerlos en discusión con los demás compañeros.

Esta secuencia de actividades se evaluará con una matriz de desempeño que sirvió de base para la construcción de la secuencia, que consiste en tres ejes fundamentales, uno donde se evalúa como reconoce el estudiante algunos aspectos de la radiación térmica, otro donde se observa la manera de proceder experimentalmente y la última como lo comunica, cada una de ellas está comprendida por cinco niveles, que no necesariamente debe ir avanzando de manera progresiva, sino que se espera que al culminar la propuesta de aula la mayoría de los estudiantes alcancen el último nivel.

Teniendo esto en cuenta, se procede a analizar y sistematizar la experiencia de aula:

#### **4. Capítulo 4: Análisis y sistematización de la experiencia de aula**

La sistematización de experiencias es un proceso de organización y estructuración de aspectos fundamentales de la experiencia, que permite realizar una reflexión crítica sobre alguna actividad en particular, es decir, sistematizar experiencias posibilita producir conocimiento.

Tal y como menciona (Cooperativa Centro de Estudios para la Educación Popular , 2010): *“Se puede decir que la sistematización es una reconstrucción y reflexión analítica sobre una experiencia, sus actores, las acciones que se realizaron y los contextos en que se dieron. Mediante diferentes mecanismos se interpreta lo sucedido para comprenderlo e identificar aprendizajes. Ello permite obtener conocimientos consistentes y sustentados que pueden ser confrontados con otras experiencias similares y con el conocimiento teórico existente, y así contribuir a una acumulación de conocimientos generados desde y para la práctica”*

Por tal motivo en este capítulo se presenta la sistematización de la experiencia al implementar la propuesta en la Escuela Pedagógica Experimental, institución que nace como proyecto de educación alternativa e innovadora en Colombia, con el objetivo de transformar la educación tradicional. Uno de sus fundadores Dino Segura afirma que: *“en el tiempo de la creación de la EPE existía la necesidad con otros colegas de crear un sitio donde no se le enseñara a los niños cosas inútiles, es decir, sin sentido, sino que incentivara una formación política, democrática y científica. Por lo tanto, en esta escuela lo importante no es el saber, sino que además de este se requiere que los estudiantes tengan discernimiento y la visión para influir en los demás en su entorno. El pensamiento crítico, la reflexión, el debate y la práctica sobre los intereses y cuestionamientos de los estudiantes son el eje central en la construcción del conocimiento”*

Estas características particulares de la escuela son un valor agregado importante para tener en cuenta en el proceso de implementación, puesto que la unidad didáctica que se ha propuesto va muy acorde con el discurso planteado en la EPE. Realizar práctica pedagógica allí, ha posibilitado evidenciar que a pesar de que en las clases de ciencias se hacen reflexiones y discusiones acerca de experiencias en particular, el proceso de construcción de conocimiento de los estudiantes no es sistemático, es decir, la mayoría de los experimentos propuestos son demostrativos y no hay una profundidad ni evolución en los marcos explicativos.

Así, la propuesta a implementar tenía dos retos particulares:

1. Que los estudiantes tuvieran la oportunidad de reconocer que la actividad experimental no solo está basada en la observación, o un método de motivación, o descubrimiento, sino que requiere de unos mecanismos más elaborados.
2. Y que a partir de la actividad experimental se pueden comunicar los resultados de manera organizada en un escrito y de manera oral. Este último reto se identificó en la primera parte de la sistematización que se llamó: “el conocimiento común sobre la radiación” pues allí se observó que era muy complejo intentar que los estudiantes respondieran de manera escrita y oral las preguntas que se presentaban en la guía.

Esto contribuyó a la idea de que es necesario proporcionar instrumentos que puedan recoger el proceso de construcción de conocimiento de los estudiantes, para ello se desarrollaron varias guías de trabajo (ver anexo 6), que ayudaron a los estudiantes a tener claridades en los objetivos y en el sentido de la práctica experimental, de igual manera, que tuvieran la posibilidad de comunicar su proceso de manera escrita, por eso, se plantean algunas preguntas que apoyan la actividad experimental, cabe resaltar que estas guías no son una receta de pasos que hay que seguir, sino que proporcionan aspectos importantes para el desarrollo de una práctica sistemática, que permita analizar y finalmente que dichas reflexiones puedan ser comunicables.

Antes de comenzar con la sistematización, es necesario mencionar que existe multiplicidad de factores en los cuales uno se puede enfocar al analizar el desarrollo de la propuesta en el aula de clases. Así, esta sistematización de experiencias estará enfocada en observar y analizar un factor fundamental: *las explicaciones que derivan de la actividad experimental entorno a la identidad entre luz y calor*. Por consiguiente, se hará énfasis en las explicaciones, las maneras de proceder para responder las preguntas, el uso de la actividad experimental y la organización del proceso para la posterior presentación.

La primera sesión tuvo como finalidad recoger las ideas iniciales que tienen los estudiantes de dos grupos de grado décimo de la EPE acerca del término radiación. Se les preguntó si podrían establecer algún vínculo entre luz y calor, pero como se ha señalado antes, no se obtuvo un resultado alrededor de este vínculo. Por lo cual, para introducir a los estudiantes al estudio de la radiación térmica, se les plantearon algunas situaciones problema:

**Situación 1:** "Imagine que usted se encuentra en una excursión por el parque Tayrona<sup>10</sup>, hace un día soleado y lleva caminando desde hace una hora aproximadamente, ha llegado el momento de descansar un poco y en el lugar que se encuentra hay dos cabañas para refugiarse, una donde su techo es de madera y la otra donde es de plástico, ¿Cuál de las dos cabañas elegiría para refugiarse? Justifique su respuesta en relación con cuál de estas cabañas ofrecería refrescarse del calor."

Sabemos que la intuición nos llevaría a responder que la cabaña de madera ofrecerá refrescarnos del calor, pero aquí lo que nos interesaría saber a profundidad es por qué elegir la de madera y no la de plástico. Algunas de las respuestas fueron: *"La de madera porque en la de plástico el calor se encierra y se pone húmedo, los rayos del sol entran por el plástico transparente pero el calor se encierra, digamos que absorbe pero lo retiene"*, *"En la cabaña de madera no llega la luz, y en la de plástico actuaría como un efecto invernadero y por lo tanto genera más calor"*, *"En la cabaña de madera aísla el calor manteniendo la temperatura y generando sombra, mientras que la de plástico retiene el calor y permite la entrada de la radiación térmica, sin embargo, también depende del plástico"*, *"la de madera porque hay ausencia de calor, y si hay ausencia de calor también de luz, es decir, hay sombra"*

Como es posible leer, muchos de los estudiantes identificaron que la cabaña de madera es un lugar que aísla del calor, que dentro de ella habrá ausencia de luz, por lo tanto, si no hay luz tampoco habrá calor. Aunque no todos identifican lo mismo: *"Da igual, la de madera concentra el calor, pues en lugares fríos se construyen en su mayoría casas de madera, y en la de plástico absorberá todo el calor"*. En estas respuestas existe la percepción de un vínculo estrecho entre luz y calor, sin embargo, estas ideas no han sido fortalecidas ni reelaboradas para poder contener posturas frente a las diferentes situaciones problemas que se presentan en el entorno.

**Situación 2:** "Seguro que se ha fijado alguna vez en el color de los edificios de las ciudades de la costa Colombiana, la mayoría son de un blanco resplandeciente. De igual manera la sociedad nos dice que en lugares de clima cálido debemos utilizar ropa de color claro, ¿Por qué cree que en muchas de los lugares cálidos debemos utilizar ropa de color claro?"

Las respuestas más comunes a esta pregunta fueron: *"El blanco refleja la luz y por lo tanto aísla el calor, "Los colores claros reflejan el calor por eso en muchas casas pintan las tejas de color*

---

<sup>10</sup> Se sabe que en el contexto que se encuentran los estudiantes, muchos de ellos han logrado visitar un lugar caluroso y si no, muchos de ellos han escuchado sobre el parque Tayrona.

*blanco, para que la casa sea más fresca, por el contrario los colores oscuros absorben la energía (calor)”, “Porque el negro atrae la luz y el calor y el blanco refleja la luz y el calor”. Otras respuestas estaban dirigidas a la cultura, por ejemplo: “creemos que es por la creencia popular”.*

Aquí nuevamente se ha dirigido la situación a las experiencias que cada uno de nosotros ha obtenido, sin embargo, estas no son lo suficiente para formalizar explicaciones más elaboradas que las iniciales.

**Situación 3:** “Resulta paradójico que las vestimentas de los ciudadanos de los países árabes luzcan de negro, estos son llamados Beduinos que significa moradores del desierto, es decir, el gentilicio de los árabes nómadas que habitan en los desiertos de Arabia Saudita, Siria, Jordania, Irak e Israel, los beduinos son famosos por realizar caravanas cruzando los desiertos utilizando chilabas, que son túnicas negras que les cubre todo el cuerpo de las fuertes tormentas de arena en el desierto. Además la temperatura máxima que llega alcanzar en el desierto del medio oriente es aproximadamente de 48 °C. ¿Es posible que el negro sea más fresco en el desierto? ¿Por qué cree que los beduinos utilizan ropa de colores oscuros en un lugar cálido?”

Las respuestas más comunes: *“Porque es una tela delgada, los protege de la arena y también de los rayos UV” “Como es ropa negra es más difícil que los rayos UV tenga contacto con la piel”.* Aquí incluyen un nuevo término que no se había discutido y son los rayos UV, se les preguntó que consideraban por rayos UV, y la mayoría afirmó que son los rayos solares que queman la piel. Otras respuestas van dirigidas a justificar por qué se utiliza ropa oscura, por ejemplo: *“Porque el color negro absorbe el calor y este puede mantener el calor para las noches frías en el desierto”, “El color negro retendría el calor del día para soltarlo en el frío de la noche”.* Termina siendo curioso el hecho de que se considere que el calor tiene la capacidad de mantenerse por un tiempo y soltarse después. ¿Por qué tendrán esa idea de que el calor puede contenerse?, quizá porque no ha se ampliado el campo de experiencias sobre el equilibrio térmico. Y las últimas respuestas fueron en relación a la cultura: *“porque la religión lo exige”, “porque tienen una cultura diferente”.*

La dinámica de esta sesión fue la siguiente, se leía la situación problema en el grupo general, se discutía y se trataba de responder en pequeños grupos; el maestro pasaba por cada uno de los grupos escuchando y finalmente se realizaba una socialización de las discusiones que cada grupo logró abarcar.

Se logró con esta sesión que los estudiantes problematizaran sobre la radiación térmica en la vida cotidiana. La dinámica de discusiones y reflexiones acerca de las preguntas fueron un factor importante en algunos de los estudiantes para introducirse en el estudio de la identidad entre luz y calor.

Siguiendo la secuencialidad de la matriz de desempeño y la unidad didáctica, la segunda sesión consistió en: identificar fuentes de luz que emitieran calor y fuentes de calor que emitieran luz. Cabe resaltar que aquí que la luz puede ser pensada en todo el espectro electromagnético, por ejemplo: se puede llegar a la explicación de que los cuerpos que emiten calor también emiten luz infrarroja, es decir, no necesariamente luz visible.

Para el desarrollo de la sesión se interactuó con diferentes fuentes de luz y calor, como por ejemplo: un bombillo de luz amarilla, bombillo LED, hierro al rojo vivo, luz fluorescente, agua caliente, plancha, etc. En general los estudiantes afirmaban que las fuentes que emiten calor (cuerpo humano, agua caliente, plancha, etc) no emiten luz, puesto que si emitiera luz si y solo si debería ser visible al ojo humano.

Esta sesión posibilitó a los estudiantes inmiscuirse aún más en el estudio de la radiación térmica, puesto que algunas discusiones giraban entorno a que todo podía emitir luz y calor al mismo tiempo. Esto permitió cumplir con el primer objetivo propuesto en la matriz de desempeño que fue identificar fuentes de luz que emitieran calor y fuentes de calor que emitieran luz.

Con las discusiones de estas situaciones se contextualizó a los estudiantes sobre los vínculos que ya habían sido abarcados hace tiempo por William Herschel y con una pequeña descripción del experimento sobre el poder de calentamiento de los rayos coloreados, se hizo la pregunta: ¿Qué color es más calentado o tiene mayor capacidad para calentar?

Esto constituyó el desarrollo de las tres sesiones posteriores que se desarrollaron entorno a la actividad experimental. En el anterior capítulo se expresó que para responder esta pregunta, se propusieron 4 actividades experimentales que tenían el mismo fin: encontrar qué color tiene mayor capacidad para calentar o puede ser más calentado; a continuación se menciona las maneras de proceder de los estudiantes para responder la pregunta, el uso que hicieron de la actividad experimental, las ideas que tenían antes de hacer la práctica y las explicaciones que finalmente presentaron en su exposición escrita y oral de cada uno de los experimentos propuestos.

#### **4.1 Midiendo la temperatura de la luz coloreada: el caso de la caja aislante**

Antes de proceder con el experimento los estudiantes se contextualizaron con la práctica realizada por Newton de difractar un rayo de luz con un prisma, y reconocieron que la luz blanca se compone de todos los colores. Se les preguntó qué color del espectro creían que podría tener mayor capacidad para calentar, un grupo respondió: *“El violeta, porque está en el extremo del espectro en el que las ondas son más cortas y frecuentes”*, con esta respuesta se evidencia que algunos estudiantes ya han leído acerca del espectro visible y han considerado la luz como una onda, quizá por ello se presenta la confusión entre frecuencia y calor.

También se les preguntó que si existía algún registro de temperatura por debajo del color rojo, varios respondieron: *“si no hay luz o color no hay registro de temperaturas”*. Aquí se observa que, las hipótesis que los estudiantes dan, están relacionadas con lo que han aprendido bajo la experiencia o lo que han leído o escuchado en su contexto, se esperaba que bajo la actividad experimental estas ideas puedan ser más elaboradas e incluso modificadas.

Para **la toma de temperaturas de los rayos coloreados** se les entregó a los estudiantes un termómetro y una termocupla con multímetro, un prisma, una caja de cartón, hojas blancas y una guía para el montaje experimental. La primera acción que realizaron fue ubicar los instrumentos como más les parecía más conveniente, sin haber leído inicialmente la guía que se les había entregado, esto muestra que aquellos estudiantes no están acostumbrados a seguir instrucciones, por las dinámicas que han proporcionado los maestros en la escuela y que se evidencia en los comentarios realizados: *“profe, aquí en la escuela no he estado en una clase tan formal, no estoy acostumbrado”*, sin embargo, al leer la guía pudieron comprender más el objetivo de la práctica y a parte de ella sin que el maestro les indicara propusieron varias cosas, como por ejemplo: ennegrecer el bulbo y la punta de la termocupla para mayor sensibilidad.

Además, identificaron otros aspectos: *“profe, es que creo que la temperatura da igual si la mido en el color o por fuera”* a esto se contestó: *“tiene que comprobar si lo que está diciendo es cierto”*, efectivamente realizó la acción de medir temperaturas por dentro y fuera del espectro y evidenció que si había cambio de temperaturas, y de ésta manera también identificaron variables, tales como: el tiempo, el clima, la distancia entre la punta de la termocupla y el tamaño del espectro, siendo más sistemáticos y refinados en la toma de datos (Ver Anexo 6)

Posterior a la toma de datos, empezaron a organizarlos y ponerlos a prueba con lo que habían dicho antes de realizar la práctica, encontrando que la luz de color roja es la que más registraba

temperatura, afirmaron que: *“más allá del rojo es más caliente y más allá del violeta es más frío”*, modificando la idea inicial de que el violeta es el color que produce mayor temperatura, además señalaban que *“la termocupla es el instrumento más sensible, pues los cambios de temperatura fueron bien registrados en ésta, mientras que en el termómetro no variaba su resultado o lo variaba de manera mínima”* ampliando su conocimiento sobre el uso de instrumentos.

Los datos que tomaron son representados en un plano cartesiano, donde ubican en el eje Y la temperatura y en el eje X los colores, encontrando que: *“la temperatura aumenta en una proporción de uno o dos grados de temperatura del violeta al infrarrojo”*.

Si se observa con detenimiento y se compara con la matriz de desempeño expuesta en el anterior capítulo, los estudiantes que desarrollaron esta actividad experimental ya se encuentran en el nivel 4 dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje sobre la radiación térmica, han relacionado la temperatura con el color y la han representado en proporciones matemáticas, y han comenzado a analizar e interpretar los datos que obtuvieron.

#### **4.2 Midiendo la temperatura de los pigmentos el caso de los papeles coloreados**

Después de clase de identificación de fuentes de luz y calor, se encontró a los estudiantes quemando papeles con el sol por medio de una lupa. Así que la siguiente actividad se origina en una propuesta hecha por los estudiantes. Se les propuso pensar qué papel coloreado podría ser calentado más rápido, y con ello empezaron a realizar hipótesis, por ejemplo: *“pensamos que el [papel de] color negro es el que más rápido se quemará, ya que este absorbe todos los colores y los colores suman sus temperaturas”*. Con estas acciones se observaron varias dificultades en el control de variables en su experimento, por ejemplo: no precisaron las dimensiones de los papeles coloreados, la distancia de la lupa y el papel, etc.,

Menciona (Martí, 2002) *“La percepción que los jóvenes tienen de la finalidad de la experimentación condiciona la estrategia que usan. Pocos utilizan el control de variables de manera espontánea”*. De estas dificultades también se piensa que si el experimento no funciona como se esperaba entonces, todo quedó mal y no ha funcionado bien, quizá porque se piensa que la finalidad del experimento es que corresponda con las hipótesis que se han planteado desde un principio, sin considerar que las hipótesis pueden ser verdaderas o falsas.

Se les pidió a los grupos que organizaran una exposición de sus procesos. Y así, se identificó la evolución de sus explicaciones, por ejemplo: antes de realizar la práctica experimental había

frases como: *“El violeta es el que registrará más temperatura, porque está en el extremo del espectro en el que las ondas son más cortas y frecuentes”* después del experimento y su análisis las frases eran: *“más allá del rojo es más caliente y más allá del violeta es más frío, porque así como el blanco repele el calor y el negro lo absorbe, los colores en el espectro que más se asemejan al negro aumentaran o modificarán la temperatura producida por el sol”* ....

Con los anteriores análisis se puede decir que los dos retos principales explicitados al comienzo del capítulo, se han cumplido en la mayoría de los estudiantes, puesto que lograron escribir sistemáticamente su proceso de experimentación, la organización de los datos se realizaba con cierta rigurosidad y lo más importante es que a partir de las prácticas experimentales lograron enriquecer sus ideas iniciales, unas modificadas y otras transformadas.

Finalmente, se realizó una “clase formal” para sintetizar todas las discusiones que se habían hecho. Y se realizó un experimento que demostrara la reflexión del calor, con la finalidad de que los estudiantes puedan observar que por debajo del espectro visible (infrarrojo) puede comportarse como algunas características de la luz, tales como la reflexión y la refracción del calor.

El reto ahora es ¿Cómo revisar las explicaciones de los estudiantes? Explicar en ciencias, suele ser pensado como la descripción de las razones y/o causas, características y/o propiedades que producen un determinado fenómeno, sin embargo, según (Martí, 2002):

*“la explicación científica es algo muy cercano a un relato, que tiene unos protagonistas con unas aptitudes y propiedades que les hacen ser y/o comportarse de una determinada manera. Estos protagonistas intervienen en determinados acontecimientos –que equivalen a las diferentes escenas del relato-, que se dan según las características de los protagonistas, y en las condiciones específicas en que tienen lugar los sucesos en los que intervienen estos protagonistas”.*

Teniendo en cuenta lo anterior, se revisa la capacidad de los estudiantes de comunicar de manera ordenada sus procedimientos en la actividad experimental, las variables que encontraron, los datos que recogieron y cómo los organizaron, los análisis que desarrollaron y cómo los colocan en interrelación con las explicaciones que ya se encuentran construidas, tales y como las que Herschel enuncia en sus escritos. En algunas de las presentaciones los estudiantes llegaron a conclusiones tales como: *“existe un lugar en el espectro que no es perceptible a nuestros ojos, llamado infrarrojo, que tienen comportamientos semejantes a las de la luz, como la reflexión y*

*la refracción”, “el vínculo entre la luz y el calor, es el infrarrojo, puesto que ahí se comportan de igual manera.”*

Además se observa que estas explicaciones corresponden con el último nivel de la matriz de desempeño propuesta en el capítulo anterior.

Por lo cual, a modo de conclusión se podría afirmar que el objetivo general del trabajo se cumplió a cabalidad, puesto que finalmente se encuentran los diseños experimentales pertinentes para producir explicaciones en los estudiantes, y que éstos posibiliten construir y establecer la identidad entre luz y calor, entendida como radiación térmica, por medio de las características de la refrangibilidad, reflexión, refracción y dispersión.

## **Conclusiones**

El estudio histórico-epistemológico del concepto “radiación térmica” permitió romper con el esquema tradicional de la física sobre los productos terminados, posibilitando profundizar en las problemáticas, los contextos y los procesos que la actividad científica demanda. De esta manera, la revisión de los trabajos originales de William Herschel proporcionaron al maestro el proceso de la construcción de la luz invisible, a partir de la medición de la temperatura por debajo del rojo y vinculando luz y calor sobre características semejantes como los de la refrangibilidad, reflexión, refracción y dispersión.

Además, involucró al maestro en la actividad científica, elaborando diseños experimentales que posibilitaron posicionarse dentro de un marco explicativo de la radiación térmica, reafirmando la idea de que la identidad entre luz y calor se puede reconocer a partir de las características de la refrangibilidad, reflexión, refracción y dispersión.

Este proceso fortaleció los saberes disciplinares del maestro sobre la radiación térmica y posibilitó realizar una propuesta de aula desde la actividad experimental, que generó las siguientes habilidades de pensamiento científico en los estudiantes: indagación, construcción de conjeturas, configuración de prácticas experimentales, identificación de control de variables, organización de datos, construcción de esquemas, proposiciones matemáticas, análisis y reflexión de los datos recogidos y finalmente la evolución de los marcos explicativos, logrando comunicar que existe un lugar en el espectro no observable, pero perceptible por medio de la temperatura que se comporta de manera semejante a la luz, es decir, el calor ahí puede ser considerado desde la refrangibilidad, la reflexión, la refracción y la dispersión.

### **Sugerencias y/o recomendaciones**

El presente trabajo de investigación tiene unos alcances desde la construcción del vínculo entre luz y calor desde las leyes de la refracción (refrangibilidad, reflexión, refracción y dispersión), sin embargo, se sugiere en trabajos posteriores la construcción del vínculo entre poder de calentamiento y poder de iluminación de los rayos coloreados que se encuentran reflejados en los escritos de Herschel pero que no se alcanza a elaborar en este trabajo.

También en el proceso de implementación los estudiantes expresaban un interés por conocer acerca de la construcción de la luz ultravioleta, puesto que allí se hacía compleja la medición de la temperatura, por lo que se infiere, que la comprensión de aquella requiere de aspectos diferentes a las de la luz infrarroja. Así se sugiere en trabajos posteriores realizar un trabajo con respecto a caracterizar la luz ultravioleta.

## Bibliografía

- Arcá, M., Guidoni, P., & Mazzoli, P. (1990). *Enseñar Ciencia. Cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base*. Barcelona - Buenos Aires - México: Ediciones Paidós Ibérica S.A.
- Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Vrin, París.
- Cendrero. (30 de Enero de 2011). *El busto de palas*. Obtenido de <http://elbustodepalas.blogspot.com.co/2011/01/caroline-y-william-herschel-los-musicos.html>
- Cooperativa Centro de Estudios para la Educación Popular . (2010). La sistematización de experiencias: Un método para impulsar procesos emancipadores . *El perro y la Rana* , 6.
- Herschel, S. W. (1912). *The scientific papers of Sir William Herschel*. London: The royal society and the royal astronomical society, Vol II.
- Herschel, W. (1800). Experiments on the refrangibility of the invisible rays of the sun, part I and II. *Philosophical Transactions: Royal Society London* .
- Herschel, W. (1800). Experiments on the sun and the terrestrial rays that occasion heat. *Philosophical Transactions: Royal Society London* .
- Herschel, W. (1800). Investiagtion of the powers of the prismatic colours to heat and illuminate objects. *Philosophical Transactions: Royal Society London*, 437-500.
- Inductiveload. (17 de Febrero de 2008). *Wikimedia*. Recuperado el 2 de Noviembre de 2016, de [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b3/EM\\_Spectrum\\_Properties\\_es.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b3/EM_Spectrum_Properties_es.svg)
- Koponen, I. T., & Mäntylä, T. (2004). Generative Role of Experiments in Physics and in Teaching Physics: A suggestion for epistemological reconstruction. *Department of Physical Sciences. University of Helsinki. Finland*, 1-19.
- Malagon Sánchez, J. F., Ayala Manrique, M. M., & Sandoval Osorio, S. (2011). *El experimento en el aula. Comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Martí, J. (2002). *Aprender ciencias en la educación primaria*.
- Mathews, M. R. (1994 ). *Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual*. *Enseñanza de las Ciencias 12, Barcelona*, 2.
- Orozco, J. C. (2005). Atajos y desviaciones. Los estudios histórico-críticos y la enseñanza de las ciencias. *2° Congreso sobre Formación de profesores de Ciencias, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá*, 13.

Osborne, J. (2003). Hacia una pedagogía más social en la educación científica: el papel de la argumentación . *Argumentación en el salón de clases*, 10.

## **Anexos**

### **ANEXO 1**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
ESCUELA PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
ELABORADO POR: CRISTIAN MORENO**

**RADIACIÓN TÉRMICA: CONSTRUYENDO LA IDENTIDAD ENTRE LUZ Y CALOR**

#### **Sesión 1**

A continuación encontrará una serie de situaciones problema en relación con algunos aspectos de la física tales como: luz y calor, esto con el fin de que puedan ser respondidas de acuerdo a la experiencia que cada uno ha tenido, y así mismo que posibilite un espacio para preguntar, discutir, debatir y criticar algunas ideas que sobre ellas emergen.

En primer lugar, es necesario abordar las siguientes cuestiones:

1. ¿Según su experiencia qué entiende por el término “radiación”?
2. ¿Usted considera que la luz y el calor pueden tener alguna relación? ¿Sí o no y por qué?

Después de haber respondido y socializado las anteriores preguntas se procede a discutir las siguientes situaciones problema:

#### **Situación Problema 1**

Imagine que usted se encuentra en una excursión por el parque Tayrona, hace un día muy soleado y lleva caminando desde hace una hora aproximadamente, ha llegado el momento de descansar un poco y en el lugar que se encuentra en ese momento hay dos cabañas para refugiarse, una donde su techo está hecho de madera y la otra de plástico, ¿Cuál de las dos cabañas elegiría para refugiarse? Justifique su respuesta en relación con cuál de estas cabañas ofrecería refrescarse del calor.



**Figura 1: Cabaña de madera**

**Tomado de:**

**[https://es.123rf.com/photo\\_26041814\\_cabina-de-madera-de-dibujos-animados.html](https://es.123rf.com/photo_26041814_cabina-de-madera-de-dibujos-animados.html)**



**Figura 2: Cabaña de plástico**

**Tomado de:**

**<https://casaydiseno.com/parques-infantiles-jardin-verano.html>**

### **Situación Problema 2**

Seguro que se ha fijado alguna vez en el color de los edificios de las ciudades de la costa Colombiana, la mayoría son de un blanco resplandeciente, de igual manera la sociedad nos dice que en lugares de clima cálido debemos utilizar ropa de color claro, ¿Por qué cree que en muchas de los lugares cálidos debemos utilizar ropa de color claro?



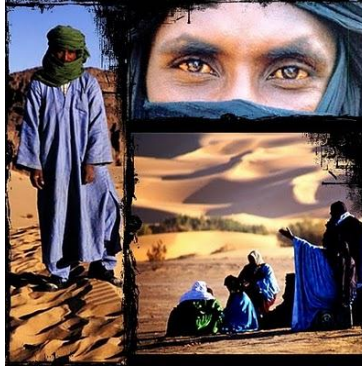
**Figura 3: Edificios blancos**

**Tomado de: <http://www.metrocuadrado.com/noticias-staging/tags/barrios-de-cartagena>**

### **Situación Problema 3**

Sin embargo, resulta paradójico que las vestimentas de los ciudadanos de los países árabes luzcan de negro, estos son llamados Beduinos que significa moradores del desierto, es decir, el gentilicio

de los árabes nómadas que habitan en los desiertos de Arabia Saudita, Siria, Jordania, Irak e Israel, los beduinos son famosos por realizar caravanas cruzando los desiertos utilizando chilabas, que son túnicas negras que les cubre todo el cuerpo de las fuertes tormentas de arena en el desierto. Además la temperatura máxima que llega alcanzar en el desierto del medio oriente es aproximadamente de 48 °C. ¿Es posible que el negro sea más fresco en el desierto? ¿Por qué cree que los beduinos utilizan ropa de colores oscuros en un lugar cálido?



**Figura 4: Chilabas de un Beduino**

**Tomado de: <http://cienciadefrontera.blogspot.com.co/2011/11/en-el-desierto-apuesta-al-negro.html>**

## ANEXO 2

### TRADUCCIÓN TEXTO DE HERSHEL

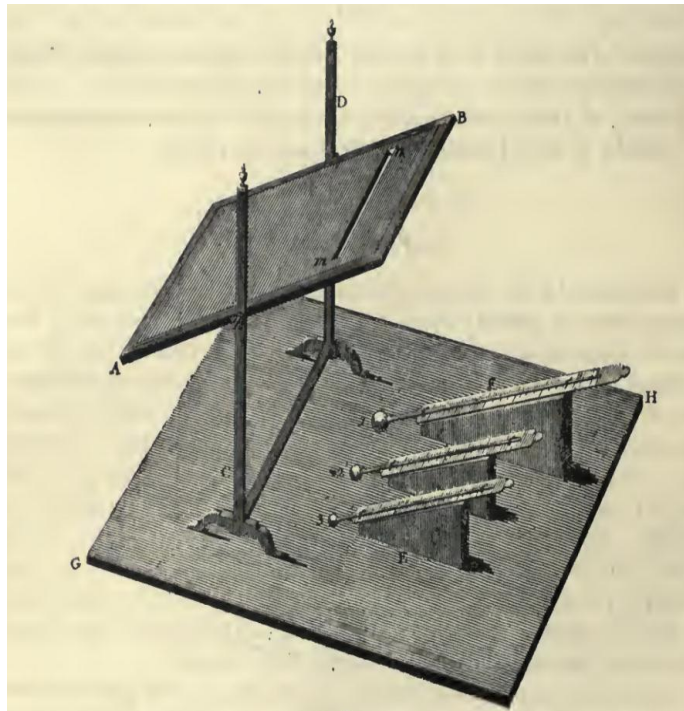
**Investigación sobre el poder de calentamiento e iluminación de los colores prismáticos, con observación, del grado de diferencia de refrangibilidad del calor radiante. Además, una investigación sobre el método de ver el sol ventajosamente, con telescopios de grandes aberturas y grandes poderes de aumento.**

A veces es de gran utilidad en la filosofía natural, dudar de cosas que comúnmente se dan por sentado; especialmente cuando los medios de resolver cualquier duda, cuando una vez se entretiene, están a menudo a nuestro alcance. Podemos decir, por tanto, que cualquier experimento que nos lleve a investigar el grado de lo que antes era admitido en las raíces, puede llegar a ser de gran utilidad para el conocimiento natural. Así, por ejemplo, cuando vemos el efecto de la condensación de los rayos del sol en el foco de una lente ardiente, parece natural suponer que cada uno de los rayos unidos contribuye su proporción a la intensidad del calor que se produce; y tenía poca preocupación en la combustión, o vitrificación, que sigue, cuando un objeto se pone en ese foco. Por lo tanto, no está mal entender lo que dio lugar a una conjetura, que el poder de la calefacción y la iluminación de los objetos no pueden ser distribuidos igualmente entre los rayos de diversos colores.

En una variedad de experimentos que ocasionalmente he hecho, en relación con el método de ver el sol, con grandes telescopios, en el mejor de los casos, he usado varias combinaciones de vidrios oscuros de diferente color. Lo que me pareció notable fue que cuando usé algunos de ellos, sentí una sensación de calor, aunque había poco de luz; otros me dieron mucha luz, con escasa sensación de calor. Ahora bien, como en estas diferentes combinaciones la imagen del sol era de color diferente, me ocurría que los rayos prismáticos podían tener el poder de calentar cuerpos muy desigualmente distribuidos entre ellos; y, como juzgaba acertado a este respecto el entretenimiento de una duda, parecía naturalmente propio admitir lo mismo con respecto a la ligereza. Si algunos colores son más aptos para ocasionar calor, otros, por el contrario, son más aptos para la visión, al poseer un poder iluminador superior. En cualquier caso, sería apropiado ir a realizar experimentos para una decisión.

## 1. Experimentos sobre el poder de calentamiento de los rayos coloreados

Fijé un pedazo de cartón, AB, en un marco, montado sobre un soporte, CD, y movable sobre dos centros. En el cartón, corté una abertura, mn, un poco más que la bola de un termómetro, y de una longitud suficiente para dejar pasar toda la extensión de uno de los colores prismáticos. Luego coloqué tres termómetros sobre pequeños planos inclinados, EF: sus bolas estaban negras con tinta japonesa. El número uno fue demasiado para una gran sensibilidad. El número dos y tres eran dos excelentes termómetros que mi muy estimado amigo el doctor Wilson, antiguo profesor de Astronomía de Glasgow, me había prestado para el propósito: sus pelotas eran muy pequeñas, las hacían de sensibilidad exquisita. Las escamas de todos se desengancharon correctamente de las bolas.



Coloqué ahora el soporte, con el cartón enmarcado y los termómetros, sobre un pequeño tablero llano, GH; que podría estar en libertad de mover todo el aparato, sin alterar la situación relativa

de las diferentes partes. Hecho esto, fijé un prisma, movable en su eje, en la parte superior de una ventana abierta, en ángulos rectos al rayo solar, y lo giré hasta que su espectro de color refractado estuviera quieto, sobre una mesa colocada en un lugar apropiado y distancia de la ventana.

La placa que contenía el aparato se puso ahora sobre la mesa y se colocó de tal manera que permitió que los rayos de un color pasaran a través de la abertura del cartón. El bastidor móvil se ajustó entonces para que fuera perpendicular a los rayos procedentes del prisma; y los planos inclinados que llevaban los tres termómetros, con sus bolas dispuestas en una línea, estaban tan cerca de la abertura, que cualquiera de ellos podría fácilmente avanzar lo suficiente para recibir la irradiación del color que pasaba por la abertura, mientras que el resto permanecía cerca, bajo la sombra del cartón.

Por repetidas pruebas, encontré que el número dos del Dr. Wilson y el mío siempre estaban de acuerdo en mostrar la temperatura del lugar donde los examiné, cuando el cambio no fue muy repentino; pero el mío requeriría diez minutos para tomar un cambio, que el otro mostraría en cinco. El número tres nunca difiere mucho del número dos.

**1er experimento.** Habiendo arreglado los tres termómetros en el lugar preparado para el experimento, esperé a que estuvieran estacionados. Luego, adelantando el número uno a los rayos rojos, y dejando a los otros dos cerca, a la sombra, señalé lo que mostraban, en diferentes momentos.

No. 1	.	.	.	43½	48	49½	49½	50
No. 2	.	.	.	43½	43½	43½	43½	43½
No. 3	.	.	.	43½	43½	43½	43½	43½

Esto, en aproximadamente 8 o 10 minutos, dio  $6\frac{3}{4}$  grados, para el aumento producido en mi termómetro, por los rayos rojos, en comparación con los dos termómetros estándar.

**2do Experimento.** Tan pronto como mi termómetro fue restaurado a la temperatura de la habitación, que se apresuró, aplicándola a un gran trozo de metal que se había guardado en el mismo lugar, lo expuse de nuevo a los rayos rojos, y registró su marcha, junto con el número dos como un estándar, que fue el siguiente.

No. 1	.	.	.	45	48	51	51	51
No. 2	.	.	.	45	45	45	44½	44

Por lo tanto, en 10 minutos, los rayos rojos hicieron que el termómetro subiera 7 grados.

**3er Experimento.** Procediendo de la misma manera que antes, en los rayos verdes obtuve,

No. 1	.	.	.	43	45½	46	46	46
No. 2	.	.	.	43	43	43	42¾	42¾

Por lo tanto, en diez minutos, los rayos verdes ocasionaron un aumento de  $3\frac{1}{4}$  grados.

**4to Experimento.** Ahora expuse mi termómetro a los rayos violetas, y comparaba con el termómetro número dos.

No. 1	.	.	.	44	44	44¾	45
No. 2	.	.	.	44	44	43½	43

Aquí tenemos un aumento de 2 grados, en diez minutos, para los rayos violetas.

**5to Experimento.** Ahora expuse el termómetro número dos del Dr. Wilson a los rayos rojos, y comparé su progreso con el número tres.

No. 2	.	.	.	44	46	46½	46½
No. 3	.	.	.	44	44	43¾	43¾

Aquí el termómetro, expuesto al rojo, se elevó en cinco minutos  $2\frac{3}{4}$  grados.

**6to Experimento.** En los rayos rojos otra vez.

No. 2	.	.	.	44	46	46½	47	47
No. 3	.	.	.	44	44	43½	43½	43

Y aquí el termómetro, expuesto al rojo, se elevó en cinco minutos 4 grados.

**7mo Experimento.** En rayos verdes.

No. 2	.	.	.	$43\frac{1}{2}$	$44\frac{1}{2}$	$44\frac{1}{2}$
No. 3	.	.	.	$43\frac{1}{2}$	$43\frac{1}{2}$	43

Esto hizo que el termómetro subiera, en los rayos verdes, 1 grado.

**8vo Experimento.** De nuevo en rayos verdes.

No. 2	.	.	.	43	$44\frac{1}{2}$	$44\frac{3}{4}$
No. 3	.	.	.	43	$42\frac{3}{4}$	$42\frac{3}{4}$

Aquí el aumento, por los rayos verdes, era de 2 grados.

A partir de estos experimentos, estamos autorizados a sacar los siguientes resultados. En los rayos rojos, mi termómetro dio  $6\frac{3}{4}$  grados en el 1er y 7 grados en el 2do, para el levantamiento del mercurio: un promedio de ambos es  $6\frac{7}{8}$ . En el 3er experimento, teníamos  $3\frac{1}{4}$  grados, para el aumento ocasionado por los rayos verdes; de lo que se obtuvo la proporción de 55 a 26, por el poder de calentamiento de rojo al verde correspondientemente. El cuarto experimento dio 2 grados para los rayos violetas; y por lo tanto tenemos el aumento del mercurio del rojo al violeta, como 55 a 16.

Una prueba suficiente de la exactitud de esta determinación que tenemos, en el resultado de los cuatro últimos experimentos. La elevación para los rayos rojos en el 5to, es  $2\frac{3}{4}$ ; y en el 6to, 4 grados: una media de ambos es  $3\frac{3}{8}$ . En el experimento 7, tenemos  $1\frac{1}{2}$ , y en el 8, 2 grados, para el aumento en rojo al verde, como 27 en el 2do, como 55 a 24.

Podemos tomar una media del resultado de ambos termómetros debe dar la menor alteración, desde la exposición a los rayos coloreados. Pero dado que, en estas circunstancias, hay dos causas que constantemente actúan de diferentes maneras; el que levanta el termómetro, el otro para bajarlo a la temperatura de la habitación, supongo, debido a la pequeñez de la pelota en el número dos del Dr. Wilson, que es poco más que  $\frac{1}{8}$  de una pulgadas, las causas de enfriamiento deben

tener un efecto más fuerte sobre el mercurio que contiene, entonces pueden tener en la mía, cuya bola es de media pulgada.

Se puede obtener con más exactitud, atendiendo a las circunstancias de ennegrecimiento de las bolas de los termómetros, y su exposición a una luz más estable y poderosa del sol, a alturas más grandes que las que se pueden tener en el presente propósito; lo que sólo demuestra que el poder calefactor de los colores prismáticos está muy lejos de estar igualmente dividido y que los rayos rojos son principalmente eminentes a este respecto.

### ANEXO 3

#### TRADUCCIÓN TEXTO DE HERSCHEL

##### **El calor radiante es de diferente refrangibilidad**

Debo observar ahora que mis experimentos anteriores aseguran sin lugar a dudas que el calor radiante, así como la luz, sean o no los mismos agentes, no sólo es refrangible, sino que también está sujeto a las leyes de la dispersión que surgen de su diferente refrangibilidad; y, como este tema es nuevo, se me permitirá que me detenga unos instantes sobre él. El prisma refracta el calor radiante, para separar lo que es menos eficaz de lo que es más. La cantidad total de calor radiante contenida en una viga de sol, si esta diferente refrangibilidad no existiera, inevitablemente caería uniformemente en un espacio igual al área del prisma; y si el calor radiante no fuese refrangible en absoluto, caería sobre un espacio igual, en el lugar donde se puede ver la sombra del prisma, cuando está cubierta.

Sin embargo, ninguno de estos acontecimientos tiene lugar, es evidente que el calor radiante está sujeto a las leyes de la refracción, y también a las de la diferente refrangibilidad de la luz. ¿No puede esto conducirnos a suponer que el calor radiante consiste en partículas de luz de cierto rango de impulsos, y cuyo alcance puede extenderse un poco más lejos de cada lado de la refrangibilidad que el de la luz? Hemos demostrado que, en una exposición gradual del termómetro a los rayos del espectro prismático, empezando por el violeta, llegamos al máximo de la luz, mucho antes de llegar al calor, que se encuentra en el otro extremo. Por varios experimentos, que el tiempo no me permite ahora informar, parece que el máximo de la iluminación tiene poco más de la mitad del calor de los rayos rojos llenos; y, de otros experimentos, también concluyo, que el rojo lleno cae todavía corto de la máxima del calor; que quizá esté aún un poco más allá de la refracción visible.

En este caso, el calor radiante, por lo menos parcialmente, sino principalmente, consistirá, si se me permite la expresión, de la luz invisible; es decir, de los rayos procedentes del sol, que tienen un impulso tal que no son aptos para la visión. Y, admitiendo, como es muy probable, que los órganos de la vista sólo están adaptados para recibir impresiones de partículas de cierto impulso, explica por qué el máximo de iluminación debe estar en medio de los rayos refrangibles; como aquellos que tienen mayor o menor impulso, es probable que se conviertan igualmente en ineficaces para las impresiones de la vista. Mientras que, en el calor radiante, no puede haber tal limitación al impulso de sus partículas. De los poderosos efectos de una lente ardiente, sin embargo,

recogemos la información de que el impulso del calor radiante terrestre no es probable que exceda al del sol; y que, por consiguiente, la refrangibilidad de los rayos caloríficos no puede extenderse mucho más allá de la luz coloreada. Por lo tanto, también podemos deducir que el calor invisible del hierro candente, gradualmente enfriado hasta que deja de brillar, tiene el impulso de los rayos invisibles que, en el espectro solar visto por la luz del día, van a los confines del rojo; y esto proporcionará una solución fácil de la reflexión del calor invisible por los espejos cóncavos.

#### ANEXO 4

**Experimentos sobre la energía solar, y sobre los rayos terrestres que ocasionan calor; con una visión comparada de las leyes a las que se someten la luz y el calor, o más bien los rayos que las ocasionan, para determinar si son iguales o diferentes.**

La palabra calor, en su acepción más común, denota una cierta sensación, que es bien conocida por cada persona. La causa de esta sensación, para evitar la ambigüedad, debía haberse distinguido por un nombre distinto del que se utiliza para señalar su efecto. Varios autores, que han tratado sobre el tema del calor, ocasionalmente obtienen ciertos términos para distinguir sus concepciones, tales como calor latente, absoluto, específico, sensible; mientras que otros han adoptado las nuevas expresiones de calorías, y la materia de calor. Sin embargo, ninguna de estas apelaciones descriptivas habría utilizado el nombre de calor radiante, que ha sido introducido por un célebre autor, y que ciertamente no es muy diferente de las expresiones que ahora he adoptado; pero, llamando al tema de mis investigaciones, los rayos que ocasionan calor, no puedo ser malentendido en el sentido de que estos mismos rayos son el calor; ni me comprometo en absoluto a mostrar de qué manera producen calor.

De lo que se ha dicho, se sigue que cualquier objeción que pueda alegarse, a partir de la supuesta agencia de calor en otras circunstancias que en su estado de resplandor, o rayos que hacen calor, no puede admitirse contra mis experimentos. Porque, a pesar de que me incline a creer que todos los fenómenos en los que se refiere el calor, como la expansión de los cuerpos, la fluidez, la congelación, la fermentación, la fricción, así como el calor en sus diversos estados de ser latente, específico, absoluto o sensible, puede explicarse sobre el principio de los rayos que producen calor y las vibraciones ocasionadas por ellos en las partes de los cuerpos; sin embargo, esto no pretende, en el presente, ser parte de lo que trataré de establecer.

También debo señalar que, al usar la palabra rayos, no pretendo oponerme, ni mucho menos tolerar, la opinión de aquellos filósofos que todavía creen que la luz misma nos viene del sol, no de los rayos, sino de los supuestos vibraciones de un éter elástico, en todas partes difundidas por el espacio; Solo reclamo el mismo privilegio por los rayos que ocasionan el calor, que están dispuestos a permitir a los que iluminan los objetos. Porque, de qué manera se puede efectuar esta radiación, se demostrará completamente a continuación, que la evidencia, ya sea para los rayos o para las vibraciones que ocasionan calor, se encuentra sobre el mismo fundamento sobre el cual irradia el principio iluminador, la luz, está construido.

Para entrar en nuestro tema con cierta regularidad, será necesario distinguir el calor en seis tipos diferentes, tres de los cuales son solares y tres terrestres; pero, como las divisiones del calor terrestre se parecen estrictamente a las de la energía solar, no será necesario tratarlas por separado; nuestro sujeto, por lo tanto, puede reducirse a los tres siguientes principios generales.

Empezaremos con el calor de los cuerpos luminosos en general, como, en primer lugar, lo tenemos directamente del sol; y como, en el segundo, podemos obtenerlo de las llamas terrestres, como antorchas, velas, lámparas, luces azules, etc.

Nuestra próxima división comprende el calor del radiante de color. Esto obtenemos, en primer lugar, del sol, separando sus rayos en un prisma; y, en el segundo, al recurrir a los incendios culinarios, expuestos abiertamente.

La tercera división se relaciona con el calor obtenido de radiantes, donde ni la luz ni el color en los rayos pueden ser percibidos. Esto, como lo he mostrado, se debe tener, en primer lugar, directamente del sol, por medio de un prisma aplicado a sus rayos, y, en el segundo, podemos tenerlo de los fuegos encerrados en estufas y de El hierro al rojo vivo que se enfrió hasta que ya no se puede ver en la oscuridad.

Además del arreglo en el orden de mis experimentos que surgiría de esta división, tenemos otro tema a considerar. Porque, dado que el propósito principal de este trabajo es dar una vista comparativa de las operaciones que pueden realizarse en los rayos que ocasionan el calor, y de aquellos que ya sabemos que se han efectuado en los rayos que ocasionan luz, será necesario para hacer una breve revisión de este último. Simplemente seleccionaré hechos que no solo son perfectamente conocidos, sino especialmente aquellos que responderán a la intención de mi punto de vista comparativo, y los arreglarán en el siguiente orden.

1. La luz, tanto solar como terrestre, es una sensación ocasionada por los rayos que emanan de cuerpos luminosos, que tienen el poder de iluminar objetos; y, de acuerdo con las circunstancias, de hacer que aparezcan de varios colores.
2. Estos rayos están sujetos a las leyes de la reflexión.
3. También están sujetos a las leyes de refracción.
4. Son de diferente refrangibilidad,
5. Pueden ser detenidos, en ciertas proporciones, cuando se transmiten a través de cuerpos transparentes.
6. Es probable que se dispersen en superficies rugosas.

7. Hasta ahora se supone que tienen el poder de calentar cuerpos; pero esto queda por examinar.

Las proposiciones similares relacionadas con el calor, que se pretenden demostrar en este documento, serán las siguientes.

1. El calor, tanto solar como terrestre, es una sensación ocasionada por los rayos que emanan de sustancias candentes, que tienen el poder de calentar cuerpos.
2. Estos rayos están sujetos a las leyes de la reflexión.
3. También están sujetos a las leyes de refracción.
4. Son de diferente refrangibilidad.
5. Pueden ser detenidos, en ciertas proporciones, cuando se transmiten a través de cuerpos diáfanos.
6. Es probable que se dispersen en superficies rugosas.
7. Pueden suponerse, cuando están en cierto estado de energía, tener el poder de iluminar objetos; pero esto queda por examinar.

Antes de que pueda continuar, debo mencionar que la cantidad de experimentos que se requerirán para compensar todos estos puntos, excede la duración habitual de mis papeles; En qué cuenta, dividiré el presente en dos partes. Por lo tanto, procediendo ahora a una investigación de las tres primeras cabezas que se han propuesto, reservo las tres siguientes, y una discusión que será presentada por el séptimo artículo, para la segunda parte.

## ANEXO 5

### UNIDAD DIDACTICA

#### **Radiación Térmica: Construyendo la identidad entre luz y calor**

La presente unidad emerge de una revisión y reflexión exhaustiva de los trabajos experimentales de William Herschel, que busca en primer lugar, comprender y profundizar acerca de los saberes disciplinares, tal y como la construcción del concepto de “radiación térmica”, identificando así aspectos fundamentales para el desarrollo de la actividad científica. No obstante, dichas reflexiones y comprensiones de los saberes disciplinares puedan ser utilizados como herramientas para la construcción de propuestas en el contexto de la enseñanza de la física.

En suma, el objetivo fundamental de la propuesta de aula es reflexionar acerca de la construcción del vínculo entre luz y calor, entendida como radiación térmica, para posteriormente poner dichos saberes en el contexto de la enseñanza de la física.

Un elemento que también justifica la propuesta es la identificación del siguiente problema y que abarca la primera actividad (Ver Actividad No. 1): se realizó un cuestionario a estudiantes de grado décimo de la Escuela Pedagógica Experimental donde se les preguntaba sí podrían establecer algún nexo entre luz y calor, una cifra significativa afirmó que el calor actúa independientemente de la luz, otros estudiantes afirmaron que pueden identificar que cuando hay una fuente de luz se produce calor, por ejemplo el bombillo de luz amarilla, pero no podrían asegurar que son el mismo fenómeno, otras personas aseguran que cuando hay una fuente de calor como el sol se produce luz, pero no realizan ninguna descripción del cómo es que sucede esto.

Entonces, ¿Por qué en un día caluroso se siente menos calor bajo la sombra? ¿Por qué se siente más calor con ropa negra? ¿Por qué al calentar un metal éste se torna rojo? Esto hace pensar que a pesar de que nos encontramos bajo experiencias que evidencian de manera indirecta los vínculos entre luz y calor, no son lo suficientemente evidentes para reunir elementos y tratar de argumentar por qué se puede establecer nexos entre ellos.

De esta manera se plantean las posteriores actividades experimentales que permitan vincular rayos de luz y calor. Estas actividades también sirven como herramienta para las dinámicas que se presentan entre el maestro y los estudiantes, permitiendo generar un dialogo, entre las ideas iniciales que el estudiante tiene y las ideas que tiene el profesor, para luego, el maestro asumir el

rol de guía en la construcción de su conocimiento y el de sus estudiantes. Finalmente organizando explicaciones de los fenómenos de la luz y el calor.

Por consiguiente, emergen los objetivos de enseñanza y de aprendizaje, es decir los objetivos que se espera que los estudiantes logren alcanzar.

### **Objetivos de Enseñanza**

- Construir nexos entre luz y calor a partir de trabajos prácticos.

### **Objetivos de Aprendizaje**

- Reconocer fuentes de luz que emiten calor y fuentes de calor que emiten luz.
- Identificar los colores que tienen mayor capacidad de calentarse.
- Identificar por medio de la temperatura la existencia de luz invisible.
- Establecer vínculos y relaciones entre luz y calor (reflexión, refracción, difracción)
- Explicar los vínculos entre luz y calor a través de las características de los rayos de luz invisibles, entendida como radiación térmica.

Estos objetivos se establecieron de acuerdo a una secuencia de actividades, que conforme se avanza en el desarrollo de la propuesta se va construyendo algunos aspectos que vinculan luz y calor, que finalmente se espera concluir con el objetivo principal que es identificar que la región por debajo del rojo del espectro visible puede darse cuenta por medio de la temperatura y que ésta contiene características semejantes a las de la luz (reflexión, refracción y difracción). Por lo tanto, cada objetivo se definió de acuerdo a los siguientes criterios de cada una de las actividades:

### **Marco Conceptual**

¿Los rayos calóricos y luminosos provenientes de una fuente como el sol pueden tener alguna relación? Se hace pertinente responder esta pregunta bajo el contexto en el cual William Herschel, empieza su búsqueda por saber cuál será la manera más apta para observar la estrella de nuestro sistema solar, solo este “pequeño” problema le bastó para organizar una serie de andamiajes y adentrarse en actividades experimentales que finalmente proporcionaron construcciones significativas para el estudio de la relación entre luz y calor.

Herschel se veía preocupado también por responder las siguientes preguntas ¿Cuánto calor se transmite por las franjas del espectro de luz solar? ¿Cuánto iluminan las franjas del espectro de

luz solar?, o explícitamente como lo menciona él, ¿Cómo determinar la capacidad de calentamiento y la capacidad de iluminación asociada a los colores de los diferentes lentes de su telescopio, con el que observaba el sol?

Herschel afirmó que luz y calor son lo mismo y para esto organizó su primera actividad experimental enmarcada en la capacidad de calentamiento de cada color del espectro, se tuvo en cuenta que cada color deja pasar un nivel diferente de calor; así Herschel hizo pasar un haz de luz proveniente del sol a través de un prisma, el rayo se difractó y produjo el espectro de colores que son extendidos en franjas desde el violeta hasta el rojo, como era de esperarse según los experimentos de Newton.

Después de esto, tomó unos termómetros de mercurio y colocó la parte del bulbo en cada una de las franjas del espectro, colocando un termómetro aparte para tenerlo como referencia, cerca de la franja roja. Tuvo como resultado que no había diferencia significativa entre cada uno de los colores, pero observó que el termómetro que dejó como referencia tenía una temperatura mayor que los otros termómetros, es decir, que había mayor temperatura más allá del rojo (zona infrarroja).

Así encontró que existe un tipo de iluminación, que si bien es cierto, nuestra percepción no alcanza a evidenciar, de alguna manera se puede asumir que se comporta de la misma forma que la luz visible asociándole los mismos comportamientos, el de reflexión, refracción, absorción y transmisión. Este experimento se convierte en un experimento significativo, ya que es la primera vez que alguien puede mostrar que hay luz invisible al ojo humano pero perceptible por medio de la temperatura.

## **Actividades**

### **Actividad No. 1: Identificando fuentes de luz y calor**

#### **Preguntas:**

- ¿Todas las fuentes de luz emiten calor?
- ¿Cuáles fuentes de luz emiten calor?
- ¿Todas las fuentes de calor emiten luz?
- ¿Cuáles fuentes de calor emiten luz?

En primera instancia se pretende con esta actividad que los estudiantes logren clasificar algunas fuentes de luz que emiten calor y algunas fuentes de calor que emiten luz. Para ello, se mostraran fuentes tales como:

- Bombillo halógeno
- Bombillo de resistencia
- Bombillo LED
- Una vela
- Luz fluorescente
- Hierro al rojo vivo
- Agua caliente
- Plancha
- Secador
- Resistencia
- Imagen de la luna
- Imágenes de estrellas

Se pedirá al estudiante que describa y/o nombre las características de cada uno de estas fuentes y finalmente se les preguntará: ¿Por qué algunas fuentes de luz se calientan y otras no?

### **Actividad No. 2: Midiendo la temperatura del color**

Teniendo en cuenta la cantidad de materiales que se posee para cada uno de los grupos, se dividirá las siguientes actividades experimentales en 4, todas con el mismo objetivo: identificar el color que tiene mayor poder para calentar, luego de finalizado cada una de los trabajos prácticos, los estudiantes harán una presentación de toda su actividad:

- Midiendo la temperatura de la luz coloreada el caso de la caja aislante
- Midiendo la temperatura de la luz coloreada el caso del riel óptico
- Midiendo la temperatura de los pigmentos el caso de los papeles coloreados
- Midiendo la temperatura de los vasos coloreados

#### **1. Midiendo la temperatura de la luz coloreada el caso de la caja aislante**

#### **Preguntas:**

- ¿Qué color del espectro visible produjo mayor registro de temperatura? Justificar la respuesta.
- ¿Se aprecia alguna tendencia de temperaturas entre los colores?
- ¿Cómo medir la temperatura de los rayos coloreados?

### Materiales

- Un prisma de vidrio
- Tres termómetros de alcohol o una termocupla
- Pintura negra o un rotulador o marcador permanente de tinta negra
- Tijeras
- Un soporte para el prisma
- Una caja
- Una hoja blanca.

Es necesario ennegrecer los bulbos de los termómetros o la punta de la termocupla, esto para obtener mejor los resultados ya que el color negro absorbe mejor el calor, para ello se puede utilizar la pintura negra. Luego, se deja pasar un rayo de luz por el prisma, para que se difracte en todos sus colores, por lo tanto, se debe hacer en un día caluroso. Finalmente se colocan los termómetros en cada uno de los colores para que finalmente quede el siguiente montaje.

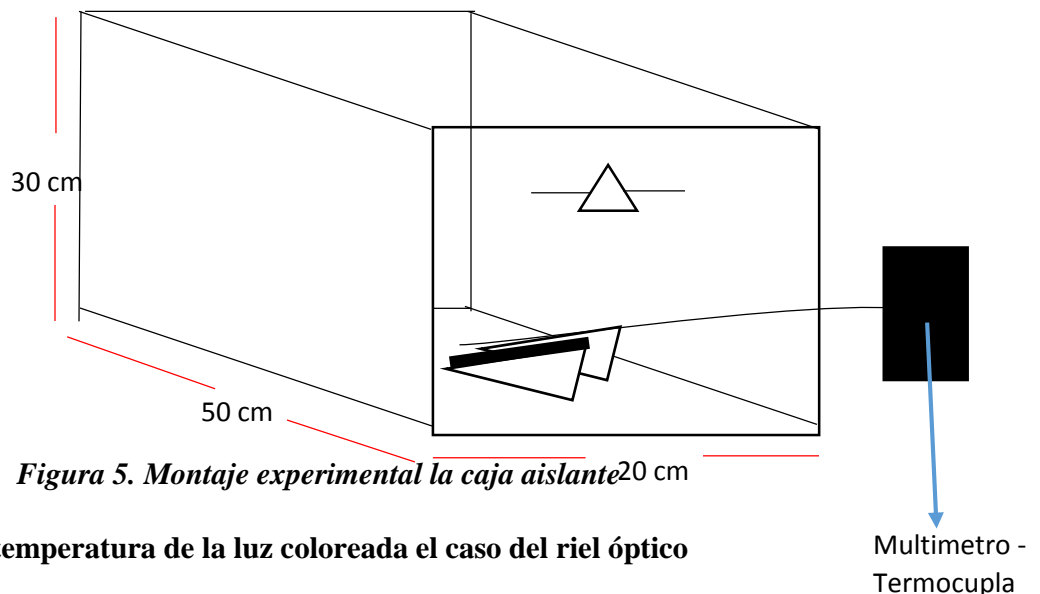


Figura 5. Montaje experimental la caja aislante 20 cm

### 2. Midiendo la temperatura de la luz coloreada el caso del riel óptico

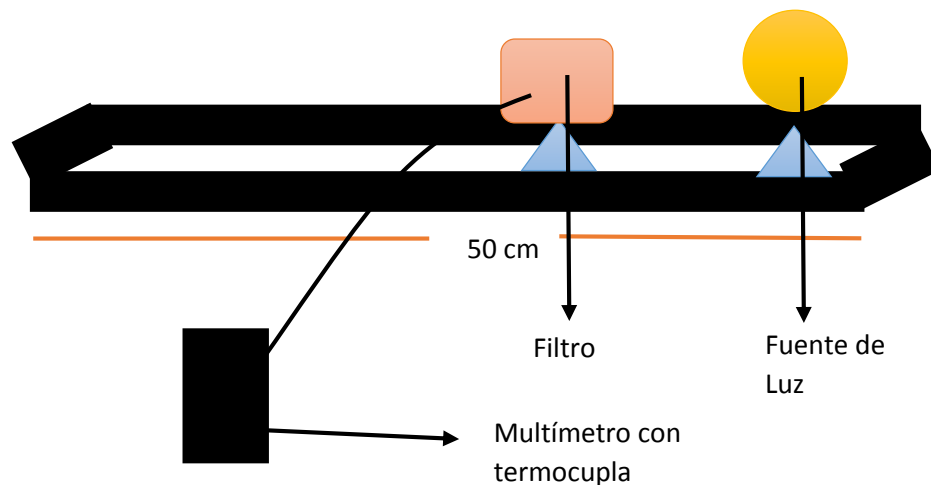
#### Preguntas:

- ¿Qué color de luz registra la mayor temperatura?
- ¿Cuál es la capacidad de calentarse de cada uno de los filtros coloreados?

**Materiales:**

- Termocupla-Multímetro o termómetros
- Filtros de color rojo, amarillo, verde, azul, violeta
- Riel óptico
- Fuente de luz halógena
- Calorímetro

En esta actividad se pretende que los estudiantes logren evidenciar que también es posible medir la temperatura de la luz monocromática, logrando establecer algún nexo entre la temperatura y la luz. De igual forma se espera que los estudiantes comprendan que los materiales tienen diferente capacidad para calentarse.



*Figura 6. Montaje experimental: el riel óptico*

**3. Midiendo la temperatura de los pigmentos el caso del papel coloreado**

**Preguntas:**

- ¿Los cuerpos coloreados son calentados de la misma manera?
- Si se incide luz solar con una lupa ¿Qué color es más calentado?
- ¿El negro es el que adquiere mayor temperatura?

**Materiales:**

- Papeles de colores de una área de 2 cm \* 2 cm
- Bombillo halógeno
- Dos bases
- Dos soportes
- Dos nueces
- Una termocupla
- Cronometro
- Lupa

El fin de esta actividad es que los estudiantes puedan discutir sobre la afirmación de que cuando utilizamos ropa negra atrae más el calor, por lo cual, se incidirá luz halógena a cada uno de los papeles de color, se dejará el tiempo que se crea conveniente (se recomienda 2 minutos) y posteriormente se medirá la temperatura con una termocupla con su punta ennegrecida, así con cada uno de los colores, hasta evidenciar que color es el que registra mayor temperatura, los estudiantes discutirán sobre los datos encontrados.



*Figura 7. Montaje experimental el papel coloreado*

*Tomado de: [https://www.salohogar.net/Salones/Ciencias/1-3/La\\_Luz/La\\_Luz.htm](https://www.salohogar.net/Salones/Ciencias/1-3/La_Luz/La_Luz.htm)*

#### **4. Midiendo la temperatura de los vasos coloreados**

##### **Preguntas:**

- ¿Qué color de recipiente permitirá que se enfrié más rápido el agua?
- ¿Qué color de recipiente permitirá que se caliente más rápido el agua?

##### **Materiales**

- Vasos metálicos coloreados
- Agua caliente

- Termómetro
- Termocupla
- Cronometro

El objetivo de esta actividad es revisar qué color de vaso tiene la mayor capacidad para enfriar o calentar el agua, para ello, se necesitará en primera instancia que coloquen agua caliente a una temperatura constante en cada uno de los vaso y medir el tiempo que tarde en enfriarse, y por segundo en un tiempo constante medir que vaso tiene mayor capacidad para calentar el agua, expuestos a un día soleado.



*Figura 8. Los vasos coloreados*

*Tomado de: Física conceptual*

Estas últimas actividades serán de tipo demostrativo, puesto que, los materiales son un principal problema.

#### **Actividad No. 4: El experimento de William Herschel: Descubriendo los rayos infrarrojos**

##### **Preguntas:**

- ¿Hay algún registro de temperatura más allá del color rojo del espectro visible? Si es así, justificar la respuesta.

##### **Materiales:**

- Un prisma de vidrio
- Tres termómetros de alcohol o una termocupla
- Pintura negra o un rotulador o marcador permanente de tinta negra
- Tijeras
- Un soporte para el prisma

- Una caja
- Una hoja blanca.

Esta actividad es muy parecida a la actividad número 3 (midiendo la temperatura de la luz monocromática el caso de la caja aislante), pero en este caso se medirá la temperatura más allá del rojo. Se espera que los estudiantes, logren identificar este espacio que aunque no es posible observarlo, se puede percibir por medio de la temperatura.

### **Actividad No. 8: Estableciendo vínculos entre luz y calor: Reflexión y refracción.**

Esta actividad está dividida en dos partes, una para evidenciar que el calor también puede reflejarse y otra para evidenciar que el calor puede refractarse, tal y como lo hace la luz.

#### **Primera Parte:**

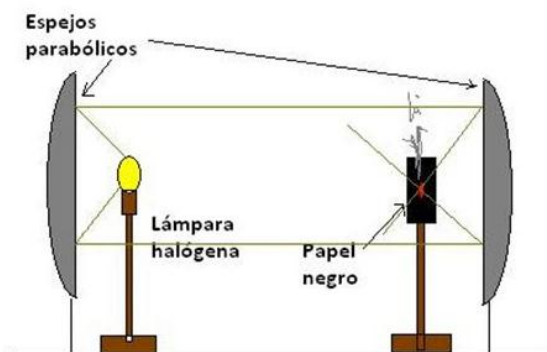
##### **Preguntas:**

- ¿El calor puede reflejarse?

##### **Materiales:**

- Dos espejos parabólicos
- Termocupla-Multimetro o termómetro de mercurio
- Papel coloreado de negro
- Lámpara halógena

Se coloca en el foco de alguno de los espejos parabólicos la lámpara halógena y en el foco del otro espejo el papel negro o un fosforo se evidencia inmediatamente que el papel se enciende así como lo muestra la figura. ¿Qué hace que la configuración experimental prenda el papel? ¿Qué pasaría si se interfiere con algún objeto entre la mitad de los dos espejos?



### ***Figura 9: Los espejos parabólicos***

**Tomado de:** <https://espaciodecesar.com/2013/06/08/diez-pruebas-con-calor-y-temperatura/>

Se espera que los estudiantes logren identificar que el calor ha sido reflejado por medio de los espejos parabólicos.

#### **Segunda Parte:**

##### **Preguntas:**

- ¿El calor puede refractarse?

##### **Materiales:**

- Una vela
- Termocupla-Multímetro o termómetro
- Una lente biconvexa
- Un riel óptico

Esta actividad práctica consiste en refractar el calor por medio de una lente biconvexa, colocando la vela en uno de los focos de la lente y el termómetro en el otro foco, finalmente se espera que los estudiantes logren identificar el aumento de la temperatura en el punto focal de la lente biconvexa.

Finalizando todas las actividades, se espera que el estudiante pueda comunicar de forma verbal sus comprensiones acerca de las características de la luz invisible entendida como radiación térmica y/o luz infrarroja.

ANEXO 6

	<b>Nivel 1</b>	<b>Nivel 2</b>	<b>Nivel 3</b>	<b>Nivel 4</b>	<b>Nivel 5</b>
<b>Eje 1</b>	Identifica fuentes de luz que emiten calor y fuentes de calor que emiten luz.	Reconoce la luz blanca como un ente que se compone de todos los colores.	Indica qué color de la luz monocromática y de los objetos coloreados tiene mayor capacidad de calentarse	Relaciona la temperatura con el color mediante proporciones matemáticas.	Establece vínculos y relaciones entre luz y calor (reflexión, refracción, difracción)
<b>Eje 2</b>	Observa y clasifica fuentes de luz que emiten calor y fuentes de calor que emiten luz.	Realiza la descomposición de la luz blanca en sus colores fundamentales.	Mide las temperaturas de la luz monocromática y de los objetos coloreados.	Construye relaciones matemáticas acerca de las proporciones de temperatura y color.	Identifica por medio de la temperatura la existencia de luz invisible.
<b>Eje 3</b>	Describe las fuentes de luz que emiten calor y las fuentes de calor que emiten luz.	Expresa que la luz blanca se compone de todos los colores.	Organiza mediante tablas y graficas los datos obtenidos mediante la medición de las temperaturas de la luz monocromática y los objetos coloreados.	Analiza e interpreta los datos obtenidos, construyendo conclusiones acerca de los vínculos entre luz y calor.	Explica los vínculos entre luz y calor a través de las características de los rayos de luz invisibles. Reflexión refracción











