

**LA RADIACIÓN A TRAVÉS DE LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA-
COLOR-BRILLO: UNA RUTA PARA LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE EN
GRADO SÉPTIMO.**

Jhosep Alejandro Rodríguez Parra

Directoras:

Liliana Tarazona Vargas

Marina Garzón Barrios

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Física

Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales

Bogotá, D.C.

2021

DEDICATORIA

*Este trabajo de investigación es dedicado a mi madre y padre, quienes forjaron de la mano lo
que soy.*

*Gracias Padre por ser esa fuerte espalda que sostuvo mi voluntad, que ha caminado siempre
delante de mí sin vacilar.*

*Gracias Madre por ser la persona que sin importar la adversidad alimentó, cuidó y forjó mi
voluntad. Soy el reflejo de lo que eres.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a mi familia, mis padres Oscar Rodríguez y Nancy Parra, a mis hermanos Johan Rodríguez y Angie Rodríguez quienes me han brindado un apoyo incondicional, en segundo lugar, a mis asesoras Liliana Tarazona y Marina Garzón quienes apoyaron mi proceso en cada etapa.

Me gustaría agradecer a la institución educativa Colegio Ateniense y en su nombre a todas las personas que apoyaron de algún modo este proceso, los profesores Juan Camilo Andrade, Angie Jaramillo y todo el cuerpo docente y directivo, también a mis queridos estudiantes.

Por otra parte, a aquellas personas que apoyaron mis metas y que de algún modo han sido significativas en el proceso de esta investigación, un agradecimiento especial a Tatiana Álvarez, por brindarme su apoyo constante y esa voz de aliento y resiliencia cuando la necesite.

Finalmente agradezco a mis compañeros y colegas Natalia Martínez y Camilo Vásquez, quienes me acompañaron a lo largo de este proceso, con quienes compartimos este gran esfuerzo

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1. Sobre los problemas de enseñanza en ciencias naturales	4
1.2. La enseñanza de la radiación y su vínculo con el problema	6
1.3. Experiencia-Lenguaje-Conocimiento.....	9
1.4. El papel de la experiencia en la construcción del conocimiento científico.....	11
1.5. Organizaciones semánticas	17
1.6. Pregunta problema.....	20
1.7. Objetivo.....	20
1.8. Justificación.....	21
2. ESTUDIO DE LA RADIACIÓN A TRAVÉS DE LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA.....	22
2.1. El sol como puente de compresión en el camino de la radiación.....	22
2.2. Sobre la radiación infrarroja.....	25
2.2.1. Radiación – distancia (Propagación)	26
2.2.2. Radiación absorción (Colores).....	31
2.2.3. Radiación emisión (Luz invisible).....	34
2.3. La variación de la temperatura como criterio en la clasificación estelar	43
3. CONSTRUCCIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PROPUESTA: LA RADIACIÓN Y SU RELACIÓN CON LAS ESTRELLAS (SOL).	48
3.1. Criterios iniciales para el diseño	49
3.1.1. Criterios Disciplinarios	49
3.1.2. Criterios pedagógicos:	50

3.1.3. Criterios Experimentales:.....	51
3.2. Descripción y análisis de la implementación	53
3.2.1. Contexto de la implementación: Población, metodología de aula y recursos.....	53
3.2.2. Organización de la propuesta.....	54
Fase 1: Identificación de la radiación.	55
Fase 2: Caracterización de la radiación.	64
Fase 3: Relaciones (Radiación y temperatura)	85
3.3 Análisis de las organizaciones semánticas de los estudiantes sobre la radiación	100
4. CONSIDERACIONES FINALES	112
BIBLIOGRAFIA	117
ANEXOS A ACTIVIDAD FASE 1 (SITUACIONES A, B, C, D)	115
ANEXO B: FASE 2 ACTIVIDAD E	117
ANEXO C: ACTIVIDAD F	119
ANEXO D: ACTIVIDAD G	122
ANEXO E: ACTIVIDAD H.....	125

TABLA DE FIGURAS

Figura 1 <i>Montaje de propagación</i>	28
Figura 2 <i>Evidencia de datos en el montaje de propagación carbón)</i>	29
Figura 3 <i>Grafica de temperatura vs distancia (carbón - vela)</i>	29
Figura 4 <i>Representación de la temperatura en diferentes radios</i>	30
Figura 5 <i>Medios de absorción (recipientes de diferentes colores).</i>	33
Figura 6 <i>Gráfica de temperatura vs tiempo.</i>	34
Figura 7 <i>Proceso de modificación de la cámara infrarroja.</i>	37
Figura 8 <i>Montaje experimental (medición de la temperatura de cada color).</i>	38
Figura 9 <i>Implementación de las cámaras</i>	39
Figura 10 <i>Montaje de emisión.</i>	40
Figura 11 <i>Comparación del espectro de radiación entre cámaras</i>	40
Figura 12 <i>Evidencia del montaje: Relación intensidad temperatura</i>	41
Figura 13 <i>Radiación polarizada (Filtros)</i>	43
Figura 14 <i>Tabla de relación entre intensidad y temperatura</i>	45
Figura 15 <i>Secuencia principal de la clasificación estelar</i>	46
Figura 16 <i>Clasificación estelar (desde el espectro infrarrojo)</i>	46
Figura 17 <i>Organización de las fases y objetivos de la ruta</i>	48
Figura 18 <i>Criterios en la construcción de la ruta</i>	52
Figura 19 <i>Pagina web de la propuesta desarrollada</i>	54
Figura 20 <i>Organización de la propuesta</i>	55
Figura 21 <i>Esquema situación C</i>	60
Figura 22 <i>Categorías sobre el concepto de rayo de sol</i>	62
Figura 23 <i>Montaje experimental en el aula (propagación de la radiación)</i>	66
Figura 24 <i>Organización de datos (Experimento calor)</i>	66
Figura 25 <i>Guía de propagación de la radiación</i>	67
Figura 26 <i>Evidencia (1) de la respuesta de Laura romero</i>	69
Figura 27 <i>Evidencia de la respuesta de Valentina Parra</i>	69
Figura 28 <i>Evidencia respuesta David Romero</i>	70

Figura 29 <i>Evidencia (2) de la respuesta de Laura romero</i>	70
Figura 30 <i>Evidencia de la respuesta de Saraí</i>	71
Figura 31 <i>Evidencia de la respuesta de Cristopher</i>	71
Figura 32 <i>Evidencia guía de laboratorio (Absorción de la radiación)</i>	72
Figura 33 <i>Actividad experimental de Juan</i>	73
Figura 34 <i>Valentina Parra: sobre la absorción</i>	74
Figura 35 <i>Michelle sobre la absorción</i>	74
Figura 36 <i>Juan sobre la absorción</i>	75
Figura 37 <i>Explicaciones de la absorción en el experimento</i>	75
Figura 38 <i>Guía de emisión de la radiación</i>	77
Figura 39 <i>Imágenes que contrastan la diferencia entre la cámara normal y la infrarroja</i>	77
Figura 40 <i>Comparaciones entre la cámara modificada y la cámara normal (objetos emisores)</i>	78
Figura 41 <i>Ideas sobre el color</i>	79
Figura 42 <i>Categorías sobre la idea de luz-color</i>	80
Figura 43 <i>Yeiner: nombrando lo que ve la cámara modificada</i>	82
Figura 44 <i>Imagen de la guía de Juana</i>	83
Figura 45 <i>Explicaciones de los estudiantes: ¿Qué ve la cámara modificada?</i>	85
Figura 46 <i>Juan camilo sobre el nombre que le asigna a la radiación térmica</i>	84
Figura 47 <i>Categorización de las construcciones de los estudiantes sobre la radiación</i>	85
Figura 48 <i>El sol como puente de relaciones</i>	86
Figura 49 <i>Montaje emisión. (Fuente: elaboración propia)</i>	87
Figura 50 <i>Comparación visual sobre el voltaje (cámara modificada vs normal)</i>	88
Figura 51 <i>Evidencia, organización de datos de un estudiante</i>	89
Figura 52 <i>Imágenes organizadas del video (Relación temperatura-color)</i>	90
Figura 53 <i>Tabla de datos realizada por dos estudiantes sobre el video de relación color-temperatura</i>	91
Figura 54 <i>Un ejemplo de clasificación estelar por parte de un estudiante</i>	92
Figura 55 <i>¿Qué es radiación?: Respuesta de un estudiante que ha cruzado la ruta</i>	92
Figura 56 <i>Alto voltaje (cámara modificada vs cámara normal)</i>	93

Figura 57	<i>Un estudiante especulando sobre el funcionamiento de la cámara (criterios de absorción).....</i>	<i>94</i>
Figura 58	<i>Análisis de los criterios de organizaciones semánticas que articularon los estudiantes.....</i>	<i>95</i>
Figura 59	<i>Grados de organizaciones semánticas sobre la radiación.....</i>	<i>102</i>

Tabla de Tablas

Tabla 1	<i>Resultado del montaje de propagación (vela).....</i>	<i>28</i>
Tabla 2	<i>Resultado del montaje de propagación (carbón).....</i>	<i>29</i>
Tabla 3	<i>Temperaturas de los recipientes.....</i>	<i>33</i>

INTRODUCCION

El siguiente trabajo de grado fue desarrollado en la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales, de la Universidad Pedagógica Nacional donde se posibilita pensar alrededor de diferentes problemáticas vivenciadas en las aulas, a propósito del quehacer docente. Entre estas problemáticas, la enseñanza de la radiación es una temática que no suele ser abordada por diferentes factores, uno de estos es la necesidad de construcción de experimentos que permitan al estudiante comprender la radiación, y es que su comprensión puede permitir un estudio más profundo de fenómenos como calor y luz. Por este motivo, la problemática frente a la construcción de experimentos resulta ser un aspecto para profundizar en esta investigación, teniendo en cuenta que los experimentos pueden ser ese punto de encuentro donde la experiencia, el lenguaje y el conocimiento se concretan.

En consecuencia, se desarrolla e implementa una ruta centrada en las reflexiones de la enseñanza en ciencias, bajo el criterio del investigador-docente, estas reflexiones permitieron pensar y construir actividades para fomentar el aprendizaje de la radiación. En otras palabras, se diseña una ruta para la enseñanza-aprendizaje de la radiación a través de actividades experimentales, y es que los procesos de enseñanza que desarrolla un docente influyen directamente en los de aprendizaje de los estudiantes, existe un vínculo bidireccional entre ambos, pues estos procesos de enseñanza y aprendizaje se afectan de forma bidireccional. De tal manera, que el profesor diseña una serie de actividades con base en su profundización disciplinar y pedagógica (ruta de enseñanza), de forma simultánea estas actividades se modifican en función de los procesos de aprendizaje e interacciones en el aula de los estudiantes (ruta de aprendizaje).

En este sentido se construyeron actividades experimentales que permitieron reconocer aspectos propios del comportamiento de la radiación y algunas relaciones por medio de la variación de la temperatura, brillo y color, propiciando el desarrollo de criterios para hacer una clasificación de estrellas fundamentados en las profundizaciones del docente. De forma simultánea a lo largo de la implementación las actividades se vieron permeadas, modificadas y transformadas con base a las interacciones en el aula por parte de los estudiantes de séptimo del Colegio Ateniense. Ahora, es pertinente aclarar que esta ruta tiene la finalidad de desarrollar un estudio, que permitirá reconocer diferentes organizaciones semánticas que construyen los estudiantes, durante sus procesos de aprendizaje sobre la radiación.

Todo lo anterior fue desarrollado en cuatro capítulos, en el primer capítulo se concretan aspectos sobre el planteamiento del problema, que están asociados a la enseñanza de la radiación en el aula y la importancia de la experiencia en la construcción del conocimiento, lo que permitió concretar la relevancia del experimento en esta investigación.

En el segundo capítulo se presenta la profundización disciplinar fundamentada en 3 aspectos: el primero sobre la radiación, donde se constituyen los efectos de absorción, emisión y propagación como ejes de estudio; en segundo lugar, la variación de la radiación en función de la temperatura, reconociendo la radiación infrarroja como punto de profundización, y como tercer aspecto, la relación entre esta variación, la cual permite pensar en cómo lucen las estrellas y de hecho cómo las podríamos organizar. En cada uno de los aspectos mencionados se transitó por dos etapas, una etapa teórica donde se construyeron elementos para el desarrollo de montajes experimentales y la otra etapa donde se construyó el montaje experimental con la intención de reconocer ciertos elementos de estudio particulares, a propósito de la enseñanza de la radiación en el aula.

En el tercer capítulo, se concretan las reflexiones fundamentadas en los capítulos uno y dos para establecer los criterios de construcción de esa ruta de enseñanza-aprendizaje sobre la radiación, reflexiones que derivan en la construcción de tres fases que fueron implementadas y analizadas. En este capítulo, esto fue necesario, pues la ruta evolucionó en función de la concepción de los estudiantes sobre la radiación. De este mismo modo, se hizo evidente el proceso de organización de esa experiencia en el aprendizaje del estudiante, a partir de la articulación y desarticulación de nuevas o antiguas experiencias.

Las fases de la ruta se dividieron de la siguiente forma: la fase 1 que implicaba reconocer el concepto de radiación y las palabras que los estudiantes vinculan con este concepto. Luego la fase 2 en la cual se buscaba enriquecer la experiencia de los estudiantes y posibilitar, por medio de actividades experimentales, la organización en torno a la radiación. Finalmente, en la fase 3 se quería identificar y comparar el concepto y las relaciones sobre la palabra radiación que han construido los estudiantes después del desarrollo de la ruta. Es menester recordar que el sol, como fuente de radiación, fue el eje articulador de cada una de estas fases y actividades desarrolladas.

En el capítulo cuatro, se discuten unos elementos de análisis a partir de los cuales se identificaron diferentes formas de organización de la experiencia, que se expresaron en esta investigación bajo el nombre de “grados de organización”. Sin embargo, se aclara que esta organización de la

experiencia, aunque no es ajena a los procesos de aprendizaje no se deben tomar como grados de conocimiento.

Finalmente, en el capítulo cinco se desarrolla una cadena de consideraciones finales que proceden de esta investigación, donde se presentan diferentes aspectos relacionados con lo epistemológico, disciplinar y pedagógico.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A continuación, se abordarán una serie de situaciones y reflexiones que posibilitaron en primer lugar, pensar en los problemas de la enseñanza de las ciencias naturales, particularmente los que se identifican al momento de enseñar la radiación, que en la ausencia de experimentos y escasez de experiencias sensibles abre una importante brecha en la comprensión de los fenómenos asociados a la radiación, desde un marco cotidiano. En este sentido es importante recordar cuál es el papel de la experiencia sensible (aquella que se da en la interacción por medio de los sentidos del sujeto con el fenómeno) en los procesos de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes, para lograr reconocer el problema que afrontó este trabajo de investigación.

1.1. Sobre los problemas de enseñanza en ciencias naturales

Desde la praxis docente, día a día nos enfrentamos a múltiples retos sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje que se desarrollan en el aula, donde el aprendizaje tiene un papel importante en la construcción que hace el estudiante con un fenómeno. En este sentido, existen unos procesos complejos en el aprendizaje por los cuales transita el estudiante, los cuales precisan ser mencionados en este apartado para ilustrar algunos elementos iniciales de análisis, pero serán profundizados más adelante desde la perspectiva de la conceptualización. En este orden de ideas, Sandoval. S., et al. (2018) mencionan sobre la conceptualización: “La inferencia y la concatenación de inferencias son el mecanismo que permite la construcción de una idea, concepto, formalización y teorización” (p. 17) Considerando que la idea propuesta por los autores me resulta particularmente llamativa, la profundizaré a través de un ejemplo para definir la palabra “concepto” y lo que se considerará un proceso de aprendizaje en esta investigación: en primer momento debe existir una interacción con el medio externo o inferencia a la cual llamaremos **la experiencia** (*un ruido extraño*), -aspecto que se profundizará más adelante-. En segundo momento la experiencia se organizará por medio de **significantes lingüísticos** propios (*un perro está haciendo ruidos extraños*) capaces de expresar el sentido de esa experiencia. Ahora, en tercer momento la organización de esos significantes o concatenación de inferencias (Organizaciones semánticas) permitirá la construcción de **los conceptos** (*ladran*) que básicamente son los elementos en la constitución de **la concepción o formalización** de la persona (*los perros ladran*).

A partir de esta perspectiva, se reconoce el papel inicial de la experiencia en el proceso de construcción de conceptos y como estos son parte del mismo proceso de aprendizaje en el aula. Sin embargo, en algunas situaciones los profesores de ciencias naturales, nos vemos enfrentados a conceptos que se pueden distanciar de la experiencia sensible-cotidiana, lo cual propicia una problemática alrededor de la construcción de conceptos, pues estos son construidos bajo ciertas condiciones no cotidianas, con un lenguaje científico, lo que incrementa aún más la brecha para la comprensión de estos en el aula -claro, si son transmitidos como definiciones aisladas de una experiencia sensible-. No obstante, esto no es lo que queremos desarrollar en el aula; queremos construir conceptos. En este sentido, Sandoval. S., et al. (2018) menciona que: “Conceptualizar se entiende como lo que se piensa de lo que se percibe en el establecimiento de las relaciones de coordinación” (p. 17). Por lo tanto, es importante que se organice la experiencia y que exista algo para organizar, el fenómeno en este caso, que será desarrollado en apartados posteriores.

Ahora, para contrastar la importancia de la experiencia y la organización de esta, pensemos en conceptos como **energía, onda y radiación**, pues complejizan en primera medida la construcción de la experiencia en el aula por sus características particulares y de hecho dificultan la conceptualización de estos, pues la energía, onda o radiación no son tan fáciles de percibir o no al menos desde una experiencia sensible cotidiana para el estudiante. Lo que nos obliga a llevar un paso más adelante a la experiencia-sensible-cotidiana. Es aquí donde interviene nuestra labor como maestros de ciencias, pues nos encargamos de la construcción y reconstrucción de estas experiencias y/o experimentos en el aula, que permiten al estudiante la formación de dichas concepciones.

Para finalizar, es necesario concretar que existe una problemática centralizada en la dificultad de construir conceptos alrededor de los fenómenos complejos que se escapan de una experiencia sensible-cotidiana, requiriendo en ocasiones de artefactos sofisticados para su detección, y es que esta ausencia de experiencias contrasta con el desarrollo de experimentos, que resulta ser otro inconveniente en la construcción de estas actividades, en otras palabras, agudiza la problemática mencionada.

1.2. La enseñanza de la radiación y su vínculo con el problema

Con base en lo expuesto en el apartado anterior, quiero que pensemos en la enseñanza del concepto de la radiación, reconociendo que la sola palabra encaja una amplia gama de fenómenos que varían desde lo térmico, óptico, entre otros, que tiende a confundirse con explicaciones cotidianas que se desvinculan del sentido propio del término radiación. Por ejemplo, Ramírez L & Uribe J. (2007) Hacen una propuesta para la enseñanza de la radiación por medio de un contador Geiger, herramienta con la cual, los estudiantes tendrán una experiencia sensible, pero limitada. Frente a ello surge un interrogante ¿Realmente puede medir la radiación? La respuesta es concreta, esta herramienta nos permite medir solo un tipo de radiación específica (radiación ionizante), posibilitando reconocer su existencia a través de un artefacto, pero no profundiza en los efectos propios de la radiación. En consecuencia, se recae en la limitación del concepto de radiación y esto entra en contradicción con el criterio de enriquecer la experiencia del estudiante.

En concordancia con lo anterior es preciso cuestionarnos la forma en la que enseñamos radiación en el aula, siendo un concepto tan extenso, -si se enseña, claro-. Y es que, desde mi experiencia como docente, he notado que el punto de enseñanza de la radiación más cercano en el aula, son las formas de transferencia de calor. De hecho, en las guías de Colombia Aprende¹, publicadas por el Ministerio de Educación (2020), se mencionan las formas de transferir el calor, entre ellas la radiación térmica. Existe entonces, una unidad didáctica dedicada al aprendizaje de las formas de transferir el calor, entre las cuales se encuentra un breve recorrido histórico, precedido de algunas explicaciones teóricas sobre conducción, convección y radiación. Luego se proponen unas actividades experimentales sobre la convección y la conducción, que permiten enriquecer y articular la experiencia sensible del estudiante con las explicaciones previas. Empero, la radiación solo queda bajo la definición: “Los cuerpos emiten parte de su energía térmica como ondas electromagnéticas. Esta emisión se hace normalmente en ondas infrarrojas, invisibles, pero cuando la temperatura es alta, llegan a emitir también radiación visible” (p. 6, Ministerio de Educación Nacional, 2020). Ahora bien, contrastaré el uso de algunas palabras en la definición, como: onda electromagnética, energía térmica y ondas infrarrojas. Estos son conceptos que están cargados de una relación de significados que probablemente el estudiante no reconoce, por tal razón para él

¹ La guía puede ser encontrada en el siguiente enlace https://contenidosparaaprender.colombiaaprende.edu.co/G_9/S/SM/SM_S_G09_U03_L01.pdf

serán simples palabras sin significado, lo que propiciara un problema en la construcción del concepto de radiación.

Consideremos ahora que las concepciones evolucionan cuando reestructuramos, cambiamos o relacionamos alguna nueva idea, significado o palabra en función de encontrar una relación entre nuestra concepción y la experiencia. Si el estudiante no asocia nada a la palabra onda infrarroja ¿Qué relación va a establecer con la radiación? La respuesta es puntual, ninguna. De hecho, solo estaríamos promoviendo la memorización de palabras, sin una experiencia asociada. De manera que, la radiación se presenta de forma abstracta, compleja y carente de una experiencia sensible que permita al estudiante realizar el proceso de aprendizaje contrastado anteriormente.

En este orden de ideas, si queremos abordar los fenómenos vinculados a la radiación como los efectos térmicos o de color desde una perspectiva más amplia que la simple definición de la palabra, tenemos que vincular de alguna manera nuestra experiencia sensible más cotidiana sobre la radiación. Puesto que el sol es un astro que desde mi formación es sinónimo de radiación, nos puede generar un punto de partida y retorno para pensar a propósito de la radiación y la misma clasificación estelar. Sin embargo, es importante mencionar que cualquier persona que no ha profundizado alrededor de la radiación podría no encontrar relación alguna entre el sol y esta. Tema que se profundizará más adelante.

En concordancia con lo anterior, es necesario preguntarse ¿Por qué el sol para comprender la radiación? Básicamente porque hay varias preguntas que surgen cuando nos dejamos maravillados por él y guiados por una curiosidad que no está cargada de experiencias profundas en el tema, pueden sobresalir algunas, por ejemplo ¿Por qué el sol es amarillo? ¿Por qué está caliente? ¿Por qué emite calor? ¿Si está tan lejos como dicen, por qué lo podemos ver tan cerca? ¿Por qué no lo podemos ver de forma directa? ¿Por qué es tan brillante? Preguntas que le van a permitir a nuestros estudiantes pensar sobre la radiación. Por otra parte, si nos guiamos por una curiosidad con una experiencia mucho más amplia y profunda en el tema, como la que debe tener el docente, surgirán preguntas como: ¿Realmente es amarillo el sol? ¿Cuál es la temperatura del sol? ¿Cómo transmite esa energía térmica el sol? ¿Cuál es el tamaño del sol? ¿Existe alguna relación entre la alta temperatura del sol y su color? ¿Existen “cosas” más brillantes? Estas últimas preguntas pueden ser un apoyo para el docente en el proceso de indagación de los estudiantes.

Cabe destacar que, si establecemos comparaciones con otros astros parecidos al sol (estrellas), podemos encontrar ciertas similitudes y diferencias. Pero una observación de este calibre se dificulta en el contexto que se desarrolla esta investigación. A pesar de ello, esto no impide que se planee realizar una construcción alrededor de la clasificación estelar, que se posibilita en el ejercicio de la diferenciación de estrellas, tomando como fundamento el estudio de la radiación.

En consecuencia, si se establecen relaciones entre la radiación que emite un cuerpo y su temperatura, se construyen concepciones sobre radiación-temperatura, que favorecerán el desarrollo de una clasificación estelar bastante particular. En este sentido, será necesario identificar en el aula algunas nociones iniciales de estudio en la radiación, como las nociones de color y temperatura.

Para ello fueron empleados referentes como Max Planck que en su libro *THE THEORY OF THE HEAT RADIATION* (1914) establece unas características propias de la radiación, como la absorción, emisión y propagación. En esta misma línea, Kirchhoff en el texto *THE LAWS OF RADIATION AND ABSORPTION* (1901) nos invita a pensar sobre una comparación entre los rayos de luz y calor, preguntando por el comportamiento de estos. También se contrasta la profundización frente al concepto de radiación y su relación con la temperatura, que realiza William Herschel en *THE SCIENTIFICS PAPERS* (1912), desde donde se establecen vínculos particulares sobre la absorción de la radiación y sus efectos térmicos en función del color. A propósito de esto Stewart Balfour en el texto *ELEMENTARY TREATISE IN HEAT* (1888) particularmente define las formas de transferir el calor y profundiza la radiación térmica y su emisión sobre el espectro visible. Otro referente es George Gamow en su libro *THE BIRTH AND DEATH OF THE SUN (STELLAR EVOLITION AND SUBATOMIC ENERGY)* (1940) establece algunas nociones frente a la idea de la evolución y clasificación de las estrellas que posibilita generar la construcción de relaciones entre temperatura, radiación y color.

En este sentido, Es importante señalar que al final de esta investigación se propició el ejercicio de clasificación estelar en el aula, que en este particular caso construyeron los estudiantes bajo sus propios criterios, que lograron desarrollar con el enriquecimiento y transformación de su experiencia sobre la radiación. En consecuencia, es necesario abordar el papel de la experiencia y su estrecho vínculo con el lenguaje y el conocimiento.

1.3. Experiencia-Lenguaje-Conocimiento

Un aspecto sobre el cual se ha venido haciendo hincapié en esta investigación, es el gran papel que desempeña la experiencia en los procesos de aprendizaje, pero no podemos ignorar que, en el momento de organizar esta experiencia, la traducimos de alguna forma para nosotros y para otros, en otras palabras; la significamos. Esto es resaltado en apartados anteriores como *segundo momento* en el proceso de aprendizaje. Por consiguiente, vamos a pensar en el papel del lenguaje en los procesos de aprendizaje en el aula y, de hecho, en su relación con la experiencia. En este sentido, Camargo, A. y Hederich, C. (2010) mencionan respecto el hecho Indiscutible de esa presencia que tiene el lenguaje en los procesos de aprendizaje que se presentan en el aula. Y para aclarar el papel del lenguaje y su relación con el aprendizaje y la experiencia, me gustaría traer a colación estos autores, pues me resulta bastante interesante las perspectivas que exponen.

Para iniciar, Camargo, A. y Hederich, C. (2010) exponen tres diferentes perspectivas sobre la relación entre lenguaje-conocimiento-experiencia: la primera es el lenguaje como representación, con el argumento de la necesidad de expresar por medio de códigos el conocimiento; la segunda, el lenguaje como comunicación, donde se reconoce el papel de este como un puente entre el conocimiento personal y colectivo; la tercera perspectiva aborda el lenguaje como actividad social, donde se destaca el papel de la acción lingüística a modo de actividad de aprendizaje. En este sentido, solo contrastaré los aspectos que resultan relevantes de cada perspectiva para concretar al final de este apartado la relación (lenguaje-experiencia-conocimiento) que será considerada en esta investigación.

En coherencia con lo expuesto, en la primera perspectiva se menciona que “el enfoque representacional es consecuente con el hecho de que cada asignatura que se aprende posee sus propios sistemas de representación que acompañan una variedad o registro lingüístico especializado” (p. 108). -Aspecto que, desde mi experiencia como docente de física resulta completamente válido-, pues desde las ciencias naturales, por ejemplo, podemos representar la velocidad por medio de una gráfica de posición contra tiempo, o por medio de una ecuación que resulta de la relación mencionada. Lo que quiero evidenciar es que $F = m \cdot a$ es algo que solo tiene sentido para una persona que ha construido nociones sobre las Leyes de Newton, en otro campo del conocimiento no tendrá ninguna interpretación. De donde se concluye que a partir de las experiencias en contextos particulares se construyen conceptos diferentes sobre una palabra.

Ahora, desde la segunda perspectiva, quiero rescatar la postura sobre el proceso de aprendizaje relacionado por Camargo, A. y Hederich, C. (2010) como “la mediación lingüística entre lo externo y lo interno al sujeto” (p. 111). Porque considero que se hace evidente en el aula el momento en el cual un estudiante quiere referirse a algo en particular, por ejemplo: la radiación térmica. Consideremos que no encuentra una palabra en su léxico para definir los efectos de esta radiación sobre la materia apropiadamente, pero busca y relaciona desde su experiencia algo que sea similar, por ejemplo, temperatura. En este sentido, ese momento de discusión interna y comparación es un proceso que posibilita la construcción, no solo del lenguaje propio, también de uno con el cual expresarlo. Camargo, A. y Hederich, C. (2010) mencionan que “el aprendizaje es posible gracias a que las actividades de interacción comunicativas que ocurren en el aula de clase conducen a la construcción conjunta de significados” (p. 111) En consecuencia, en ese diálogo externalizado en el aula y en esa socialización de palabras asociadas a los efectos de la radiación térmica en la materia, existirá un término con el cual la mayoría de los estudiantes estarán de acuerdo que logra representar esos efectos “luz invisible”, asociado a alguna experiencia conjunta, para que la mayoría concuerde en esta descripción.

Ahora bien, hay algo que desde mi perspectiva concuerda con lo que se ha venido contrastando, y es que Camargo, A. y Hederich, C. (2010) dicen que “una fase necesaria en la intención del profesor debe ser construirse una representación del conocimiento de sus alumnos sobre el tema” (p. 112) Es indispensable, porque si nos preocupamos porque el estudiante construya conocimiento, él posiblemente ya tiene uno, que estará enmarcado en un contexto diferente y como se mencionó tendrá conceptos asociados a su experiencia cotidiana. Sin embargo, con esto no quiero insinuar una división o tipificar la experiencia, pues como ya se mencionó el contexto de la experiencia permite la constitución de diferentes conceptos. No obstante, esta experiencia que ya posee el estudiante sea cual sea, es la base de comparación y relación con las nuevas experiencias, y es el lenguaje constituido a partir de las experiencias antiguas el que funciona como primer mediador en el proceso de aprendizaje.

Teniendo en cuenta esto último y desde la tercera perspectiva, los autores mencionan que “la actividad del lenguaje, al ser una actividad de construcción de sentidos es esencialmente un proceso de producción de conocimientos” (p. 115) A pesar de ello, no quiero caer en el hecho de que «“aprender” es esencialmente asignar significados» (p. 115).

Para concretar la perspectiva de la relación entre (lenguaje-experiencia-conocimiento) en esta investigación, es importante concretar tres reflexiones propiciadas en función de lo que se venía discutiendo.

1. Es necesaria la experiencia para iniciar los procesos de aprendizaje, en este sentido la enseñanza de la radiación se complejiza si no existen experiencias que posibiliten su comprensión.

2. La organización de esa experiencia está en función de esos criterios propios que ha desarrollado el estudiante, su concepción. Sin embargo, esa concepción se puede transformar gracias a nuevas experiencias.

3. Considero que el lenguaje y el conocimiento se construyen de forma simultánea; no puede construirse el uno sin el otro. Y en este sentido, surgen en función de la experiencia, pues es el diálogo entre la experiencia antigua y la nueva o más bien, el enriquecimiento de ésta, que se amplía en un sentido más propio el concepto de las palabras. Esta ampliación la abordaremos en el apartado **de organizaciones semánticas**.

1.4. El papel de la experiencia en la construcción del conocimiento científico.

Antes de abordar este apartado, recordemos que se ha hablado sobre el fenómeno de la radiación, por consiguiente, es necesario aclarar en primer lugar a qué le llamaremos fenómeno o qué implicaciones tiene esta expresión. Autores como Malagón, F. Sandoval, S. y Ayala, M. (2013) establecen que la existencia del fenómeno es consecuencia de una conciencia, y se hayan inmersos en un vínculo bidireccional. Por esta razón, la conciencia tiene una particular forma de ver el mundo y le da un propio sentido al fenómeno en dicha relación de interpretación y observación. Lo cual resulta relevante desde los procesos que se desarrollan en el aula, pues el hecho de que un fenómeno evolucione puede dar cuenta de un proceso de aprendizaje.

Otro aspecto es el hecho de que el fenómeno no es estático, se moviliza y lo hace a partir de la organización semántica que desarrolla la conciencia. En contraste, considero que el fenómeno no es algo que se pueda reducir a una simple observación o algo estático, por el contrario son una serie de elementos concatenados los que en su interacción, resultan construyendo y reconstruyendo este mismo fenómeno, en este sentido para ser conscientes de un fenómeno es necesario

inicialmente interactuar con él de algún modo, tal vez de la forma más simple, -la observación- y aunque esta sea con o sin intención será considerada como una experiencia; luego de observarlo, indagaremos y trataremos de brindar explicaciones sobre este fenómeno, de modo que el fenómeno evolucionará y de hecho mientras más se “observe” de diferentes formas este fenómeno, se irá transformando, y esto de forma simultánea con la conciencia que lo observa. Entonces si evoluciona el fenómeno, es porque la conciencia que es consciente del fenómeno estará evolucionando también y viceversa.

En este sentido, nótese la importancia de la “observación” que realmente hace alusión a interactuar con el fenómeno. En otras palabras, se refiere a que tener algún tipo de experiencia con el fenómeno posibilita la evolución de esta relación. Siendo así, desde esta investigación se considera que la evolución del fenómeno y, de hecho, la construcción del conocimiento se da en función de la experiencia, por tal razón es momento de profundizar en esta, y para ello, quiero proponer dos visiones de la experiencia, que cobrarán un sentido según el contexto en el que se desarrolle. En otras palabras, no quiero proponer una definición que genere ambigüedades y propicie interpretaciones no adecuadas, por eso, no la definiré de forma concreta, más bien el contexto y la intención de la experiencia demarcarán las visiones.

Experiencia desde un contexto cotidiano: como su nombre lo indica, es una experiencia que se presenta en contextos de la vida cotidiana, cuando salimos de casa a comprar algo, miramos el sol y sentimos como los rayos de este calientan el ambiente. Sin embargo, no es común que surja el siguiente interrogante: ¿Cómo llegan los rayos del sol a la tierra? Esto, porque no es el contexto adecuado, más bien reconocemos que si los rayos del sol nos alcanzan vamos a “sentir calor” y podemos encontrar de hecho expresiones como “voy a tomar el sol” que desde un contexto científico hace alusión a la absorción de la radiación térmica emitida por el sol.

Con lo anterior, quiero hacer evidente que existe una experiencia amplia que hemos venido organizando por medio de la interacción constante con nuestro entorno, ahora, esta experiencia emerge normalmente sin una intención o propósito fijo, por esta razón es posible que el grado de organización no sea amplio, pues no hemos profundizado con experiencias relacionadas.

La experiencia desde un contexto científico (experimento): esta experiencia se presenta particularmente en un contexto científico, con unas intenciones que abarcan la explicación del comportamiento de la naturaleza. Sin embargo, para considerar la experiencia científica es

necesario que esta experiencia sea: en primer lugar, una serie de acciones intencionadas, conscientes y controladas, con el propósito de justificar esa experiencia cotidiana. Por ejemplo ¿Por qué los rayos del sol nos calientan? Así pues, las experiencias que deriven como posibles soluciones a esta pregunta serán experiencias científicas.

De ahí que, la experiencia científica es la evolución de una experiencia cotidiana por dos razones: *el contexto* que permitirá preguntarse por aquello que no es común, por ejemplo ¿Qué efectos tiene el sol sobre los objetos? y la segunda es *la intención* de la experiencia que va a estar relacionada con el objetivo de brindar esas explicaciones. A partir de ahora, no le llamaremos experiencia científica sino experimento.

Téngase en cuenta que el experimento en esta investigación tiene un sentido pedagógico, ahora bien ¿Por qué es necesario aclarar este aspecto? Al existir diversos campos de investigación, el papel del experimento se ve permeado por múltiples representaciones. Sin embargo, es importante recordar que los experimentos serán desarrollados en el aula de clase, al respecto Malagón, J. Ayala, M. y Sandoval, S. (2011) mencionan que hay tres perspectivas sobre el papel del experimento particularmente en el aula y se hace necesario aclararlos aquí, pues la postura que se tome sobre el experimento enmarcara la visión de esta investigación respecto a los experimentos que se proponen abarcar en el aula.

La primera, *Hipotético-Deductiva* que utiliza el experimento como una forma de legitimar las teorías. Es decir que en el aula proponemos y explicamos una teoría o hipótesis y luego la corroboramos por medio de un experimento. Sin embargo, esta postura no sería la más adecuada para implementar en esta investigación con los estudiantes, pues las definiciones de la radiación son particularmente complicadas de abordar en el aula desde la teoría, -lo que he venido ampliando en los problemas de la enseñanza de la radiación-. En este sentido, y en coherencia con Malagón, F. Sandoval, S. y Ayala, M. (2013) “se considera que, desde el punto de vista pedagógico, la actividad experimental es poco relevante cuando se la reduce a la verificación de relaciones conceptuales construidas en el campo de la ciencia” (p. 124). Entonces esta no será una verificación de relaciones, será una construcción de relaciones a partir de la experiencia propia del estudiante, lo que no sería coherente con esta perspectiva en el aula. Sin embargo, no se puede desconocer el hecho de que, como docente, he realizado en primer lugar una profundización

teórica, la cual me ha permitido recrear experiencias con el sentido de corroborar la teoría, lo que favorecerá finalmente la construcción de los experimentos que se llevarán al aula.

Otra perspectiva, nos habla de cómo se construye el conocimiento por medio de la experiencia, como lo suscita el empirismo y la organización de estas experiencias para construir el fenómeno, esta recibe el nombre de *inductivista* y es de hecho una perspectiva inversa a la primera, la cual estaría más acorde a la propuesta de esta investigación cuando se implementa en el aula, pues el rol que se ha brindado a la experiencia, tienen un sentido de enriquecer al estudiante, para que él, desde su concepción logre vincular, articular u organizar esta serie de experiencias, lo que le permitirá construir una teoría y en consecuencia construir su conocimiento.

Sin embargo, ese experimento que ha llevado el docente al aula no es una experiencia al azar, como se mencionaba antes, el docente previo a la clase tuvo que realizar una profundización teórica que le permitiera enriquecer y tener una visión del fenómeno, de hecho, esa perspectiva Hipotético-Deductiva le ha permitido al docente crear una visión propia del fenómeno, para luego traducirla y llevar la al aula con este carácter empírico. Para ello, contrastaré desde mi perspectiva como el papel del experimento cambia en función del contexto en el que se encuentre el docente.

Por último, la tercera perspectiva, a propósito de la dicotomía entre la teoría y la experiencia que se mencionan en las perspectivas anteriores, según Malagón, J. Ayala, M. y Sandoval, S. (2011) se puede proponer un enfoque alternativo que trata de mediar entre estas dos, donde el papel del experimento es intencionado con el propósito de identificar cómo se comporta la naturaleza bajo condiciones artificiales o que de forma natural no pueden ser observadas. De acuerdo con lo anterior, considero que es necesario que la experiencia y la teoría se construyan de la mano, de forma simultánea, ya que ambas van constituyendo el fenómeno.

Para concretar algunos elementos sobre la perspectiva del experimento, si lo miramos de forma general, el docente en esta investigación utiliza la teoría para construir experiencias, modificando estas experiencias de tal modo que tengan un sentido propio para ser llevadas al aula, para que sus estudiantes a partir de esa experiencia construyan la teoría. Esto es básicamente una visión bidireccional de la construcción de conocimiento, que solo se percibe cuando salimos de ambos contextos y lo miramos desde una perspectiva macro.

Lo anterior se hará evidente en este trabajo de investigación, pues a partir de estas reflexiones se desarrollará una profundización disciplinar que promoverá la constitución de unos montajes particulares para ampliar la experiencia propia del docente, de este modo tener unos criterios para reconfigurar esos experimentos que serán llevados al aula. Ya con un sentido orientado por la perspectiva del docente.

Una vez aclarada la perspectiva experimental que se tendrá en el aula, es necesario recordar la problemática en la enseñanza de las ciencias enmarcada en la ausencia de experimentos sobre radiación, lo que lleva a pensar, cómo el contexto del experimento se ve permeado por el papel, el sentido y los mismos recursos que tiene el docente en el aula, por esta razón es preciso hablar de los tipos de experimentos sobre los cuales se reflexionará para construir una ruta contextualizada. De hecho, Castiblanco, O. (2021) expone algunos tipos de experimentos que apropiados del contexto, resultan útiles. En este sentido, si se tiene en cuenta que la institución no cuenta con un amplio equipo de laboratorio, -lo que limita la construcción de los experimentos- y que, algunos de estos experimentos requieren la manipulación de elementos que pueden ser peligrosos si no se realiza de una forma adecuada, por ejemplo: fuego. En consecuencia, expondré aquí los tipos de experimentos que resultaron significativos en esta investigación, pues fueron la base de reflexión para constituir las actividades que se mostraran en capítulos posteriores.

Experimento discrepante

Castiblanco, O. (2021) se refiere a este como una ruta de aprendizaje activo a partir de la generación de una disonancia cognitiva que, desde mi perspectiva, interpreto como aquel experimento al cual, el estudiante no logra darle una explicación con su organización semántica actual, lo que lo obliga a movilizarla en búsqueda de explicaciones. Y es que, desde la enseñanza de la radiación, aunque parezca compleja la construcción de experimentos, por medio de una cámara infrarroja se pueden construir algunos de estos que lograrán generar esa “disonancia cognitiva” mencionada por el autor expuesto. Pues poder hacer visible “algo invisible” es claramente una experiencia poco usual.

Experimento virtual

Castiblanco, O. (2021) lo asocia a una forma de resolver el problema de la carencia de equipos de laboratorio en el aula, con apoyo por ejemplo de la presentación de videos o simuladores, lo que

me parece interesante, pues de una u otra forma contribuye a los propósitos de ampliar la experiencia del estudiante, y en ocasiones resulta más acertado este tipo de experimento, pues en mi caso tener trozos de hierro a temperaturas de 500, 1000 y 2000 grados Celsius para comparar el espectro de radiación visible que emite cada cuerpo, puede resultar muy peligroso en el aula, y más teniendo en cuenta las edades de mis estudiantes y la curiosidad de ellos. Sin embargo, presentar un “video” ¿Es un experimento? O ¿Qué realmente lo hace un experimento? Pues básicamente y desde la postura mencionada del experimento, si visualizamos un video con una intención focalizada en una variable y observamos el comportamiento de esta, le estaríamos brindando el *Contexto y la intención* a la experiencia.

Experimento casero

Castiblanco, O. (2021) lo describe como una solución a la ausencia de laboratorio en el aula, sin embargo y a diferencia del virtual, este posibilita estudiar efectos físicos desde un contexto más cotidiano, además del interés y el proceso de aprendizaje que se destaca en la elaboración del mismo. En este orden de ideas, resulta relevante destacar -desde mi experiencia docente- que este tipo de experimento le permite al estudiante apropiarse más de la experiencia, ejecutando de forma personal variables para ampliar su experiencia y enriquecer sus explicaciones. En cuanto al desafío para un docente que desea construir con sus estudiantes el concepto de radiación en el aula y que utilizará un experimento casero, es un reto complejo que ampliaré en la construcción de la ruta.

Experimento mental

“En esta modalidad se busca utilizar la mente como un laboratorio, en donde es posible imaginar sistemas físicos, crearles condiciones y organizar explicaciones.” (Castiblanco, 2021, p. 17) El tipo de experimento mencionado resulta particularmente útil cuando por el contexto o las condiciones del experimento son casi imposibles de realizar, y más cuando tratamos con conceptos físicos tan complejos como el de la radiación, por ejemplo. Si ponemos un espejo gigante entre el sol y la tierra ¿Llegará la radiación emitida por el sol a la tierra? Claramente es un experimento que no podrá ser replicado físicamente. Sin embargo, pensar en ello puede llenarnos de una riqueza enorme en el aula, cuando indagamos alrededor de la radiación.

En contraste con todos estos tipos de experimentos, resulta menester mencionar que en el contexto de aula estos se concatenarán de tal modo que se complementarán entre sí. En este sentido, los experimentos serán fundamentados en dos partes del mismo proceso.

- Experimentos de enriquecimiento, que se fundamentarán en generar diferentes experiencias que favorezcan la disonancia cognitiva. Serán básicamente los experimentos “centrales”, estos se orientarán desde un ámbito activo, donde la experiencia será sensible.
- Experimentos de organización, que fomentarán la reorganización de esas nuevas experiencias, serán abordados usualmente con escenarios hipotéticos o con preguntas orientadas desde una guía que fue pensada por el docente gracias a su profundización disciplinar.

1.5. Organizaciones semánticas

Es importante reconocer que el papel del docente en el aula ha evolucionado, tiempo atrás el educador era considerado una persona capaz de transmitir el conocimiento a sus estudiantes, de hecho, Giordan (2020) dice que “el aprendizaje era la consecuencia automática de una transmisión de conocimiento” (p. 10). Hoy día esta visión del aprendizaje puede cuestionarse fácilmente si pensamos que una cosa es poseer un contenido y otra muy diferente es saber utilizarlo; en este sentido, Giordan (2020) contrasta que “el aprendizaje puede significar apropiarse personalmente de un saber ya manejado por la sociedad, enriquecer un concepto para darle un nuevo impulso o desarrollar un saber original” (p. 23) Por esta razón, partiremos de la siguiente idea: aprender toma el sentido de adquirir o enriquecer una experiencia, relacionarla con sus concepciones y organizarla con base en una situación problema. Esta es una idea inicial que iré fortaleciendo en el desarrollo de esta fase.

Resulta pertinente cuestionar el hecho de lo que sucede cuando se aprende, lo que permite evidenciar si el aprendizaje es asertivo y a propósito de esto, Giordan (2020) menciona que nuestro cerebro desarrolla una concepción de la realidad a partir de información que recibe. La concepción relaciona datos, analiza resultados y construye hipótesis, con esta concepción se explica lo que está sucediendo y es posible anticiparse a ciertas situaciones. Como reflexión, surge la siguiente pregunta ¿Qué sucede cuando la experiencia y la teoría no logran coincidir? -La persona entra en un estado de disonancia cognitiva- que posibilita movilizar y/o articular organizaciones semánticas, lo que promueve la construcción de nuevos conceptos para lograr establecer una nueva

concepción que sea más apropiada en dar solución a la situación. La respuesta permite reflexionar sobre uno de los aspectos claves en el proceso de aprendizaje, en el cual los conceptos desempeñan un papel importante. Ahora bien, el reconocer lo anterior como un proceso le permite al docente reencontrar un elemento que es relevante: el papel de la experiencia. De modo que es necesario integrar dos elementos fundamentales, que influyen en esta: la organización de la experiencia y las organizaciones semánticas.

En relación con este tema es importante reconocer que, en el aula, nuestros estudiantes se enfrentan a una gran cantidad de información, pues en diferentes currículos se pueden abarcar aproximadamente 15 asignaturas, un ejemplo de ello es en el Colegio Ateniense, la institución educativa donde se realiza esta investigación. En este sentido ¿cómo se puede distinguir una información de otra? Básicamente organizándola, este proceso de organización de esa “información” es la noción básica de las organizaciones semánticas, pero no son lo mismo y es que pensar en la organización semántica como la organización de la información es una idea básica, a decir verdad, Giordan (2020) lo menciona como “un cuerpo de conceptos que sirve como eje vertebral para vincular las diversas informaciones y organizarlas en saberes” (p. 242).

En tal sentido, la organización semántica se puede pensar como ese eje principal de conceptos que ha construido un sujeto, que le permite establecer relaciones y organizaciones entre la información y la experiencia que llega a él. Podría ponerlo en otros términos como ese “criterio único de organización”. En efecto, es lo que delimita la concepción del estudiante. Pero esto no quiere decir que este “eje vertebral” sea inamovible, en realidad cuando movilizamos las organizaciones semánticas, reestructuramos y enriquecemos, estamos hablando de darle un nuevo sentido a ese concepto. En otras palabras, el concepto se transforma, se transforma cuando existe una reorganización de esas organizaciones semánticas. Otra idea que sustenta mi postura es la expuesta por Giordan y de Vecchi (1995) cuando mencionan que

La concepción, tal y como la reconocemos, no es, pues, el producto sino más bien el proceso de una actividad de construcción mental de lo real. Esta elaboración se efectúa evidentemente a partir de las informaciones que la persona recibe por medio de los sentidos, pero también por las relaciones que entabla con otros, individuos o grupos, en el transcurso de su historia, y que permanecen grabadas en la memoria. Pero estas informaciones son codificadas, organizadas, categorizadas, dentro de un sistema cognitivo

global y coherente, de acuerdo con las preocupaciones y con los usos que de él hace cada persona (p. 8).

Ese “sistema global cognitivo y coherente” es a lo que aludía como “criterio único de organización” y que se ha nombrado en esta investigación como organización semántica. Pero ¿cómo la enriquecemos? y ¿Cuándo se reestructura o moviliza esta organización? Es necesario reconocer que la información que llega a nosotros no es incrustada como segmentos de ladrillos en una pared, solo aquellas experiencias que adquieren un “sentido” para el estudiante son las que se logran articular a la organización semántica, o en las palabras de Giordan y de Vecchi (1995) cuando codificamos, organizamos y categorizamos la experiencia. Cabe aclarar que, ese “sentido” estará siempre condicionado por la propia organización semántica que ha construido históricamente un sujeto.

A propósito de la pregunta ¿Cómo enriquecemos esa organización semántica? Podría pensarse en propiciar diferentes experiencias que adquieran ese “sentido” para el sujeto, de esta forma, el estudiante estaría articulando nuevas experiencias organizadas que enriquecerían esa organización semántica. Ahora, cuando se enriquecen estas organizaciones es necesario pensar en un siguiente paso, lo que permite hablar de la segunda pregunta ¿Cuándo se reestructura o moviliza esta organización semántica? Efectivamente el aprendizaje es un proceso desencadenante que parte de la experiencia y transita por la movilización de estas organizaciones semánticas. Sin embargo ¿Qué sucede durante la movilización de estas organizaciones? para sustentar esta pregunta Giordan y de Vecchi (1995) enuncian que

durante esta movilización, la persona, partiendo de su experiencia (en el sentido clásico), construye una ‘trama de análisis’ de la realidad, una especie de decodificador que va a permitirle comprender el mundo que le rodea, afrontar nuevos problemas, interpretar situaciones nuevas, razonar para resolver una dificultad o dar una respuesta que considera explicativa. Igualmente, a partir de este ‘instrumento’, seleccionará las informaciones exteriores y, en su caso, las comprenderá e integrará. (p. 16)

Aunque los autores brindan una completa visión de lo que sucede durante esta movilización, me gustaría contextualizar mi perspectiva y esta es, que solo se moviliza la organización cuando existe una experiencia que no “encaja” de una forma adecuada con la organización semántica, lo que exige al sujeto buscar una forma de articular esta experiencia para explicar en este caso el

fenómeno. Por ejemplo, si un estudiante previamente no conoce ninguna propiedad sobre los imanes y le presentamos un trompo que levita de forma magnética, entrará en una disonancia cognitiva, y desde su organización semántica buscará como articular esta experiencia. El estudiante, en un primer lugar no movilizará sus organizaciones, de hecho, podría brindar una explicación al fenómeno de la levitación desde un punto de vista “con sentido para él”, bien sea religioso o paranormal. Ahora, si el estudiante interactúa con imanes y reconoce sus propiedades, movilizará sus organizaciones articulando estas dos experiencias y brindando una solución más apropiada, esto pondría en evidencia esa movilización, pues existe una rearticulación con criterio. En otras palabras, cambiamos una explicación por otra, pero este “cambio” es la consecuencia de ese “sentido” que mencioné. En otras palabras, el concepto ha cambiado por que su organización semántica se ha transformado.

De ahí que, las experiencias e información que recibe un sujeto se significan cuando perturban las organizaciones semánticas. Con estas experiencias significantes, se establece una relación con otras, este conjunto de relaciones le da sentido a un concepto y los conceptos constituyen la concepción de la persona. Y en coherencia con el anterior apartado la evolución de una concepción nos da cuenta de un aprendizaje, del mismo fenómeno.

1.6. Pregunta problema

¿Cuál es la organización semántica que alcanzan los estudiantes de grado séptimo sobre la radiación, cuando se profundiza partiendo de la actividad experimental en el aula?

1.7. Objetivo

Establecer criterios para fomentar, reconocer y analizar las organizaciones semánticas que construyen los estudiantes sobre la radiación.

Tareas para el desarrollo del objetivo

- Construir una ruta de experiencias, que posibilite el ejercicio de la clasificación estelar, con ayuda de los conceptos de color, temperatura, radiación y brillo.
- Reconocer y profundizar los conceptos asociados como radiación-temperatura con el sol.
- Establecer una relación entre la temperatura y los efectos de radiación de un cuerpo en el aula.
- Propiciar la construcción de criterios para realizar una clasificación estelar con los estudiantes.

1.8. Justificación

Con todo el panorama expuesto hasta este punto, se debe contrastar que, en el presente siglo XXI en Colombia, los maestros nos hemos visto regidos bajo una estructura de enseñanza por contenidos, que desde ciertas perspectivas pueden ser cuestionables. Estos contenidos son orientados por los estándares básicos de educación de nuestro país. En este sentido ¿Se enseña radiación en nuestro sistema de educación básica y media? Vamos a realizar entonces, un breve barrido por estos estándares; para empezar, desde grados quinto hasta grados novenos, los estándares más relacionados con la radiación mencionados por el MEN (2004):

- a. “Relaciono las diversas formas de transferencia de energía térmica con la formación de vientos.”
- b. “Reconozco y diferencio modelos para explicar la naturaleza y el comportamiento de la luz.” (p. 21) -grado noveno-.

Si visualizamos un poco más atrás en los grados de primaria encontraremos estándares que hablan de:

- c. “Identifico situaciones en las que ocurre transferencia de energía térmica y realizo experiencias para verificar el fenómeno.”
- d. “Clasifico luces según, color, intensidad y fuente.”

e. “Propongo experiencias para comprobar la propagación de la luz y el sonido.” (MEN, 2004, p. 15) -grado tercero-.

Es evidente entonces, que no se habla de un estudio directo de la radiación; pero en los grados décimo y once los estudiantes se ven enfrentados a construir significados complejos alrededor de palabras como onda, radiación y energía, sin un trasfondo significativo para el estudiante. En consecuencia, estos conceptos se transforman en simples palabras para memorizar, dicho de otra forma, son palabras sin organizaciones semánticas de fondo. Pero ¿Por qué desde los estándares de educación colombiana no se establece la radiación como un elemento directo de estudio? Esto me lleva como docente a preguntarme ¿Es tan complejo abordar la radiación térmica en el aula? De hecho ¿Es pertinente abordar la radiación?

Es necesario reconocer que para empezar a construir un concepto sobre radiación y particularmente la radiación térmica, no es necesario partir de ecuaciones o teorías complejas. En este sentido, se podría estudiar en un primer momento los efectos sensibles de esta en la materia, y para estas experiencias no es necesario tener un conocimiento sobre onda, calor, energía u otro significado profundo, y es un buen punto de partida especialmente para la comprensión en estudiantes tanto de primaria como de bachillerato. Así pues, se puede partir de unas experiencias organizadas, orientadas y problematizadas para que el estudiante active, construya y reconstruya elementos basados en su experiencia sensorial, que le permitan articular a sus organizaciones semánticas elementos de explicación sobre aquello denominado radiación térmica, puesto que entender la radiación requiere a su vez la comprensión de muchos fenómenos físicos asociados, cuyo aprendizaje será más significativo una vez abordada la radiación. Por ejemplo, los rayos de luz y los rayos de calor se reflejan en espejos, lo que podría concretarse es que la termodinámica y la óptica son ramas de la física que se desarrollan basados en fenómenos diferentes, pero si nos devolvemos a la base, estas dos estudian un fenómeno de la misma naturaleza (la radiación). En concordancia con esta idea, si estudiamos la radiación de una forma directa y fomentamos la construcción organizaciones semánticas sobre la radiación, esta nos va a permitir entender desde una perspectiva más amplia palabras como: luz, energía, onda, calor, entre otras palabras que con base en la organización semántica de la radiación cobrarían un sentido más profundo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesario el hecho de reconocer y fomentar esas organizaciones semánticas que tienen los estudiantes en pro de articular las experiencias sensibles

que vayan a favor de ese “sentido propio” que fundamenta el concepto de radiación, de esta forma posibilitaremos:

- Que los experimentos desarrollados por el docente sean coherentes con ese criterio que estén desarrollando los estudiantes.
- Que se construya conocimiento científico a partir de la articulación de experiencias sensibles en las organizaciones semánticas del estudiante.

Con base en lo anterior en este trabajo se propone una ruta de enseñanza-aprendizaje fundamentada en experiencias que hagan posible la comprensión de la radiación a partir de un ejercicio de profundización disciplinar, que permitirán encontrar la relación entre estos fenómenos mencionados y los elementos experimentales desde los cuales sea posible abordar la radiación. Lo cual se desarrollará en el capítulo tres sobre **la construcción, implementación y análisis de la propuesta: la radiación y su relación con las estrellas (sol).**

2. ESTUDIO DE LA RADIACIÓN A TRAVÉS DE LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA

En este capítulo se desarrolló el análisis teórico sobre la radiación y como varia está en función de la temperatura, de tal modo que permitió reconocer unos elementos de variación para la construcción de montajes experimentales, que buscaban responder los interrogantes o planteamientos que surgieron desde ese análisis teórico. Como resultado surgieron unos criterios disciplinares que sustentaron la construcción de la ruta.

2.1. El sol como puente de compresión en el camino de la radiación

El sol es un cuerpo que ha sido estudiado a través de los años, incluso, hoy en día nos sigue despertando esa curiosidad apasionante cuando lo vemos al ponerse en el atardecer, por ejemplo, cuando vemos sus efectos en la interacción con la atmósfera, y es que, aunque el sol está a miles de millones de kilómetros de la tierra sentimos sus efectos sobre la materia, cuando los “rayos de sol” llegan a la tierra y cuando no también. En coherencia con lo que discutíamos en el capítulo anterior, tenemos experiencias sensibles aquí en la tierra que son ocasionadas por el mismo sol y que han sido estudiadas y organizadas por algunos hombres de ciencia como William Herschel (1912). De hecho, estas experiencias cotidianas con los rayos de sol nos permiten establecer esas preguntas que proponíamos, a propósito del sol en apartados anteriores.

En efecto, cuando contextualizamos esta experiencia en un entorno científico, los “rayos de sol” son traducidos a “radiación solar” que según la página oficial del IDEAM (2022) “la radiación solar es la energía emitida por el sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas”² en este sentido el sol y la radiación tienen un vínculo muy estrecho, de manera que tenemos un objeto que cualquier persona reconoce en un entorno cotidiano (el sol), el cual posibilitará la construcción de un concepto en un contexto científico (radiación).

Por esta razón, es importante preguntarnos en esta investigación por el SOL, iniciando por ¿Cuál es su origen? A partir de esta incógnita, se realizó una investigación preliminar sobre el origen, vida y muerte de una estrella, fundamentada en George Gamow (1940), ¿Por qué cuestionarnos

² Definición tomada de la página oficial del IDEAM: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar-ultravioleta>

sobre una estrella? Porque nuestro astro es una y partiremos del hecho que nuestro sol es similar a otras estrellas en el universo.

En este sentido, se podría en un primer ejercicio describir el sol, caracterizarlo desde nuestra experiencia cotidiana, por ejemplo: es de color amarillo, transmite calor, es muy grande, ilumina mucho, etc. Por tanto, se pueden destacar tres características que una persona descontextualizada de un marco científico puede contrastar de una estrella: el color, la temperatura y su brillo. Estas características pueden ser resignificadas bajo la afirmación hecha por Gamow, G. (1940)

Sabemos que todos los cuerpos, cuando se someten a un calor constante en aumento, primero emiten una radiación bastante rojiza, que cambia a amarillenta y luego a blanquecina y finalmente a azulada a medida que la temperatura aumenta cada vez más. (p. 124)

De acuerdo con lo anterior, se relaciona la temperatura con el color emitido por un cuerpo, estableciéndose un color rojizo el tono emitido por un cuerpo con temperaturas relativamente “bajas” y color azul emitido por los cuerpos con las mayores temperaturas. Este punto de relaciones que se establece entre la radiación, color y la temperatura es la resignificación de los conceptos, elementos, ideas o percepciones que existen alrededor de la palabra radiación, al que me refería, y es un buen punto para concretar esas relaciones y hacerlas más visibles.

Sin embargo, llama la atención, la forma en que el autor menciona “Sabemos que...”, es algo que no resulta tan sencillo de deducir por lo menos desde mi perspectiva, pues en el contexto del aula esto es complejo, porque no estoy seguro si mis estudiantes inicialmente relacionen la radiación al sol, o si creen por lo menos que el sol emite radiación. Por el contrario, la afirmación “Sabemos que...” es clara para una persona que ya tiene una construcción bastante sedimentada sobre la radiación.

Sería necesario profundizar algunas preguntas que permitiesen enriquecer en primer lugar al docente, y en un segundo momento ya contextualizadas a los estudiantes sobre: ¿Qué es el color? ¿Qué es la temperatura? ¿Qué es la luminosidad? ¿Qué es la radiación? Y, ¿Cuál es la relación que tienen estos fenómenos? Con relación a esta última pregunta Gamow G. (1940) menciona

Cuando comparamos estas cuatro estrellas (Incluido el sol), podemos notar fácilmente una regularidad muy interesante en el hecho de que las estrellas de mayor luminosidad

generalmente poseen mayores temperaturas superficiales y radios más grandes. Un estudio más detallado de esta relación ha dado lugar a una clasificación notable de estrellas, que representa en la actualidad la base más importante para las teorías de las propiedades estelares y la evolución. (p. 127)

De ahí que, el sol sea nuestro puente de relaciones, pues se concretan varios puntos que se han venido exponiendo. En este orden de ideas, el autor se refiere a las relaciones que se pueden utilizar para realizar una clasificación estelar, contrastando la luminosidad, la temperatura superficial y el radio como las principales relaciones. Ahora para darle un sentido más profundo, Gamow G. (1940) relata esa particular relación he venido abordando “en una hoja de papel milimétrico, Russell comenzó a construir un diagrama para representar las relaciones entre luminosidad absoluta y las clases espectrales de todas las estrellas, para las que tenía estos datos.” (p. 128). Aunque con este relato desconocemos la razón por la cual Henry Norris Russell seleccionó este criterio de organización, la naturaleza de la razón debe estar asociada a su experiencia como observador de estrellas, permite dejar claro que la radiación es un criterio propio de clasificación. En este orden de ideas se establece que Russell ya había visto las estrellas por medio de su telescopio y las había estudiado, conocía su brillo aparente entre otras variables y con base en esto construyó el diagrama. Pero, téngase en cuenta que la clasificación surge al organizar las estrellas. Sin embargo, nosotros en el aula no poseemos un telescopio, que permita establecer esa primera experiencia que he desarrollado en apartados anteriores. Tampoco podemos disponer de las condiciones atmosféricas apropiadas para mirar al cielo. En fin, nuestro contexto social nos impide realizar un estudio partiendo de la observación de estrellas. Pero ¿Podemos estudiar esas relaciones? Claro, las estrellas no son los únicos objetos que brillan cuando alcanzan cierta temperatura, por ejemplo, el filamento de un bombillo alógeno nos permite identificar la emisión de radiación visible a partir de ciertas temperaturas, en otras palabras, podemos reconocer que la radiación visible variará en función de la temperatura.

Por tal razón, si logramos enriquecer el concepto de radiación y vincular los efectos cuando variamos la temperatura, podríamos orientar la construcción de una clasificación de estrellas en el aula, sin necesidad de “ver las estrellas”. De hecho, con el enriquecimiento de la experiencia del estudiante, tal como Henry Norris Russell, los estudiantes podrán construir sus propios criterios de clasificación de estrellas y hasta imaginar como lucen algunas. Con todo lo anterior, es

necesario recalcar que el sol es nuestro eje articulador en la construcción de actividades, pues es nuestro puente entre las experiencias cotidianas y científicas, además de ser ese punto de las relaciones disciplinares mencionadas (Radiación-temperatura).

En contraste con la relación y para introducir el siguiente apartado, existe un tipo de radiación “luz no visible” que fue estudiada por Herschel (1912) por medio de sus experimentos con prismas “Hemos rastreado estos rayos caloríficos a lo largo del espectro prismático” (p75). En este sentido, estudiaremos una radiación que, según Herschel, tiene una relación con la temperatura que nos permitirá avanzar en esta investigación, llamada actualmente radiación infrarroja.

2.2. Sobre la radiación infrarroja

Se hablará de la radiación a partir del estudio de “los rayos de calor” ¿Por qué a partir de estos? Porque partiremos de una afirmación realizada por el mismo Kirchhoff G. (1901) “Heat rays have the same nature as light rays; these constitute a special class of the former.” (p. 75) Esta afirmación, menciona que los rayos de calor tienen la misma naturaleza que los rayos de luz, entonces si su naturaleza es la misma, ambos obedecerán las mismas leyes, los mismos comportamientos. Pero ¿Cómo sé que los rayos de luz tienen la misma naturaleza que los rayos de calor? En este sentido y por medio de varios montajes experimentales desarrollados por Herschel (1912), donde estudia “los rayos de calor” que están por debajo del espectro del color rojo, o sea, la frecuencia más baja en este rango demuestra que este cumple con los mismos fenómenos asociados a la luz visible, como el fenómeno de la reflexión y refracción. Es entonces importante pensar que, si estudiamos los rayos de calor, de forma análoga comprenderemos el comportamiento de la propia la radiación. Sin embargo, nos enfocaremos en estudiar la radiación térmica. Pues su comprensión, nos posibilitará un puente entre la relación temperatura-color.

En consecuencia y pensando en el comportamiento de la radiación, es menester establecer tres importantes aspectos, que de hecho son mencionados por Planck (1914), pues la radiación se puede caracterizar por medio de la emisión, propagación y absorción de la energía. Como la energía que utilizaremos será la térmica entonces nuestra “radiación” tendrá el apellido “térmica”.

2.2.1. Radiación – distancia (Propagación)

En primer lugar, se debe tener en cuenta que cualquiera que sea la naturaleza de la radiación, esta se propaga, en otras palabras, viaja de un punto (A) a un punto (B). Sin embargo, puede existir “algo” en medio de estos dos puntos, a lo cual le llamaremos EL MEDIO. Planck (1914) propone dos tipos de medios en los cuales se propaga la radiación, el homogéneo y el heterogéneo. El homogéneo (puro) cumple con las características de permitir que se propague la radiación en línea recta y a la misma velocidad en todas las direcciones. El otro medio es el heterogéneo (turbio), el cual es muy sencillo de encontrar en nuestro planeta, por ejemplo, la atmósfera de la tierra, que por sus irregularidades evita que la propagación sea perfectamente en línea recta y conserve la misma velocidad de propagación en todas las direcciones. Es necesario aclarar que, para efectos de la presente investigación, se profundizará en la propagación de la radiación sin tener en cuenta las propiedades del medio. Un ejemplo evidente a través de nuestra experiencia sensible más cercana son los rayos del sol ¿Cómo llegan los rayos del sol a la tierra si están tan lejos? Los “rayos de sol” viajan en línea recta desde el sol hasta la tierra, siguiendo trayectos constantes, pero surge desde mi perspectiva una pregunta que vincula estos rayos de sol con los efectos térmicos, si el mismo rayo que sale del sol, llega a la tierra ¿Por qué la tierra no arde? Sería “lógico” decir que se enfría durante el recorrido, para responder a esta pregunta, se retomará a Planck (1914)

“Cada rayo sufre durante su propagación un debilitamiento, por que una parte de su energía se desvía continuamente de su dirección original y se dispersa en todas las direcciones. Sin embargo, esta dispersión de la que se habla no significa ni creación ni destrucción de energía radiante, sino simplemente un cambio de distribución” (p. 7)

En este orden de ideas, si se enciende una linterna y se observa a unos centímetros, el brillo de esta será muy intenso, pero si se toma una distancia considerable, esta será cada vez menos intensa. En este sentido, si se piensa en una fogata se puede establecer el mismo criterio, pero esta vez con los ojos cerrados cambiará el factor de medición, del brillo a la temperatura, de este modo entre más cerca se esté de la fogata mayor temperatura deberá percibir y entre más alejado de la fogata sentirá menores temperaturas, Planck (1914) lo demuestra por medio de una expresión, que pretende relacionar el coeficiente de dispersión y la distancia, si cualquiera de estos dos incrementa la dispersión total de la radiación incrementará, en este sentido efectos como el brillo y la temperatura se verán afectados en función de estos dos. Por ejemplo, si tenemos una esfera de acero al rojo

vivo y nos acercamos a ella la sensación térmica será mucho mayor. No obstante, si nos alejamos de esta esfera el efecto térmico irá desapareciendo mientras más alejado me encuentre.

Y es que la expresión representa la dependencia los factores que influyen de forma directa en la variación de esa dispersión, donde β es el coeficiente de dispersión y es independiente de la intensidad de la radiación, también es independiente de la dirección de propagación y la polarización del rayo. Sin embargo, depende directamente de la frecuencia del rayo (ν), finalmente S es la distancia que debe recorrer el rayo.

$$\beta_{\nu}S$$

En la expresión, existen dos variables, con las cuales podemos estudiar la propagación, me enfocaré en investigar como varia la propagación de la radiación en función de la distancia (S) porque el rango de frecuencias no podría variar de forma brusca.

Ahora, se puede deducir de la ecuación que entre mayor sea el valor de la distancia, mayor será la dispersión de la radiación y así mismo sus efectos sobre la materia. La luz que emite una linterna no interactuará con la materia a más de 5 kilómetros porque a esta distancia, la radiación ya se habrá redistribuido a tal punto que los efectos sobre la materia serán casi imperceptibles y una fogata no calentará a una persona que esté muy alejada de esta, por la misma razón.

Ahora, he deducido esta relación partiendo del coeficiente que nos presenta Planck (1914). ¿Pero existe alguna forma de deducirlo a partir de la experiencia? Esta pregunta resulta importante, pues fundamentó la base de la construcción de una de las actividades de esta ruta.

El interrogante formulado anteriormente me llevó a pensar que la propagación de la radiación es una característica tan compleja de explicar, como el propio concepto de onda y energía. Sin embargo, es posible que todos hayamos experimentado en algún momento de nuestras vidas situaciones alrededor de la linterna y la fogata, solo que, de forma inconsciente o posiblemente sin un objetivo como el que busca esta pregunta. En ese sentido y a modo de introducción es importante preguntarse por una experiencia cotidiana ¿Es posible determinar la distribución de la radiación de una fogata en relación con la temperatura? Con el fin de contrastar estas preguntas se construyó un montaje que consta de elementos tales como, el cuerpo emisor de radiación, el medio de propagación y el cuerpo que absorberá parte de esta radiación. Así:

Figura 1. Montaje de propagación (Fuente: elaboración propia)



Cabe aclarar que, en esta experiencia no se busca caracterizar ninguno de estos cuerpos, pero a partir de criterios propios del docente derivados de la profundización disciplinar, existe una razón para la selección del color negro en la termocupla y las puntillas, pues su grado de absorción de la radiación es mayor. Ahora, lo que se quiere hacer evidente, es la relación de las distancias con los efectos térmicos y hasta lumínicos. Cuando es mayor la distancia que existe entre el cuerpo emisor de radiación (Punto A) y el que la absorbe (Punto B), la temperatura cambia. Como se muestra en la siguiente tabla, que se tomó a partir del montaje de la vela:

Tabla 1. Resultado del montaje de propagación (vela). (Fuente: elaboración propia)

Distancia (cm)	Voltaje (mV)	Temperatura (C)
0.1 cm	6.3	155
1 cm	0.4	27
4 cm	0.0	Temperatura ambiente (18)
Ambiente	0.0	18

Estos datos fueron tomados con apoyo de una termocupla, que se acomodó a diferentes distancias respecto al cuerpo emisor. No obstante, se quiso variar la fuente de emisión con el fin de corroborar si la relación se mantiene, para ello se cambió la vela por un carbón, como lo muestra la figura 2:

Figura 2. Evidencia de datos en el montaje de propagación (carbón) (Fuente: elaboración propia)



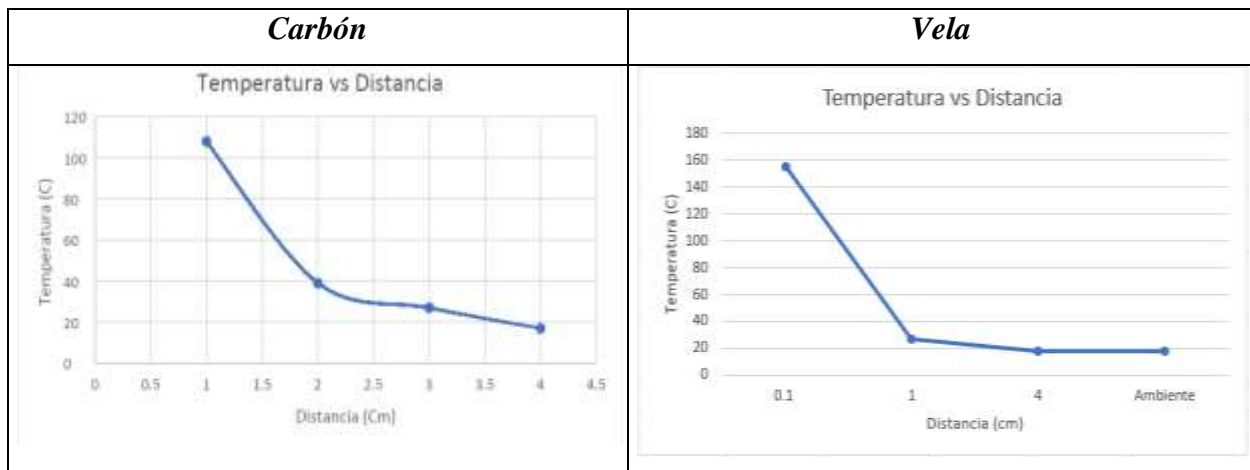
Montaje del cual se recolectaron los datos presentados en la tabla numero 3

Tabla 2. Resultado del montaje de propagación (carbón). (Fuente: elaboración propia)

Distancia (cm)	Voltaje (mV)	Temperatura (C)
0.1 cm	4.4	108
1 cm	1.0	39
4 cm	0.4	27
Ambiente	0.0	17

En conclusión, si analizamos por medio de la (figura 3) que resulta de los datos recolectados en las tablas 2 y 3. Se encontrara que, de forma independiente sin importar cual sea el cuerpo emisor de la radiación, la relación de temperatura en función de la distancia es una relación inversamente proporcional.

Figura 3. Grafica de temperatura vs distancia (carbón y vela). (Fuente: elaboración propia)



En la anterior gráfica es posible evidenciar que si incrementamos la distancia la temperatura va a disminuir, y si reducimos la distancia la temperatura incrementará. En otras palabras, si (S) incrementa los efectos sobre la materia disminuyen.

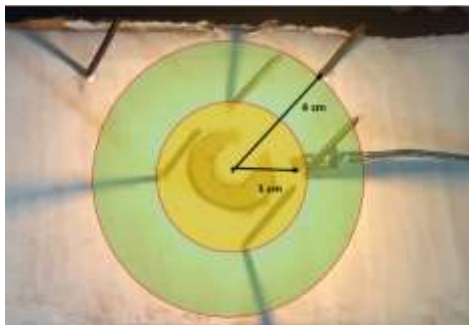
En consecuencia, sin importar cual es la fuente de radiación (desde que sea lo suficientemente intensa) siempre se presentará esta relación. Además, se puede establecer la geometría de la propagación de la radiación, como esta se propaga en forma de “círculo”³ en este caso y según lo mencionado por Stewart, B. (1871)

“la misma cantidad de calor se habrá extendido sobre una superficie cuatro veces más grande, y por lo tanto la cantidad de calor que cae por unidad de área o en otras palabras la intensidad disminuirá cuatro veces, y por lo tanto varía inversamente al cuadrado de la distancia.” (p. 179)

De lo que se concluye que, cuando la radiación “avanza” la misma cantidad de calor radiada se distribuye en áreas cada vez más grandes, la radiación se expande en estas áreas que incrementan, disminuyendo la cantidad de radiación por unidad de área. Esta misma interpretación, aunque no de forma tan precisa se presenta en la figura 4

El aspecto que se contrasta de esta experiencia permite pensar en cómo la radiación se propaga en todas las direcciones, si dibujamos un radio fijo alrededor de nuestro cuerpo emisor, encontraremos que la temperatura en esta región del espacio será la misma. Ahora bien, si variamos el radio, la temperatura variará según las relaciones ya establecidas donde:

Figura 4. Representación de la temperatura en diferentes radios. (Fuente: elaboración propia)



³ Es importante aclarar que la radiación se propaga en todas las direcciones en un espacio de tres dimensiones, por lo cual su geometría es esférica, el término “círculo” se acuña para brindar una mejor interpretación de la experiencia realizada por el docente.

Para concluir es necesario retomar la pregunta ¿Es posible determinar la distribución de la radiación de una fogata en relación con la temperatura? Fundamentado en los experimentos desarrollados y los análisis construidos en las gráficas de la figura 3 y la representación de la figura 4 es coherente responder sí a la pregunta, de hecho, entre más intensa sea la fuente de emisión la relación (Inversamente proporcional) entre temperatura y distancia será más “sensible” a nuestro tacto, sin embargo, con un simple carbón ardiente es suficiente para demostrar en un aula esta distribución.

2.2.2. Radiación absorción (Colores)

En segundo momento, estudiaremos la absorción de la radiación, y tomaremos como fundamento inicial lo que Planck, M. (1914) menciona, “los rayos de calor se destruyen por ‘absorción’. De acuerdo con el principio de conservación de la energía, la radiación térmica se transforma así en otras formas de energía (calor, energía química)” (p. 11), entendiéndose que la absorción es un efecto causado por la destrucción de un rayo que se desencadena en una transformación de la energía de nuestro interés (calor). Otra particularidad, mencionada por Planck (1914) es que solo las partículas de materia pueden absorber esos rayos de calor y propone una relación entre un coeficiente de absorción del medio y la distancia, que busca explicar la absorción de un rayo de calor cuando pasa a través de un medio, una fracción de ese rayo será absorbida por las partículas, por lo cual irá perdiendo su intensidad, y esta será proporcional a la distancia que deba recorrer. Esta relación, permite reconocer los diferentes factores que influyen en la absorción de la radiación, donde α_ν representa el coeficiente de absorción de un medio para una frecuencia específica de un rayo(ν), y (s) es la distancia que recorre ese rayo en el medio. Entonces si α_ν o S incrementan, la absorción de la radiación será mayor, por el contrario, si estos valores disminuyen el porcentaje de radiación absorbida disminuye Planck (1914) lo propone así:

$$\alpha_\nu S$$

Sin embargo, quiero en esta ocasión centrar mi atención en el coeficiente de absorción y para argumentar la razón de mi decisión, quiero retomar lo que dice Planck (1914) sobre este coeficiente y es que este, será independiente de la intensidad del rayo. Aun así, dependerá de la frecuencia (ν), la temperatura (T) y la naturaleza del mismo medio. Reconozcamos que existen diferentes variables que pueden afectar la absorción de un material, por lo cual me resulta interesante tomar una variable de estudio en particular que podría brindarme elementos en el aula para que los

estudiantes establezcan relaciones en función de esta, y es que, si variamos el color de un objeto y medimos los efectos térmicos de la radiación solar sobre este objeto, se podrán establecer ciertas relaciones del interés de esta investigación.

En este sentido podríamos estudiar la absorción de la radiación en un cuerpo, si mantenemos todas las condiciones iniciales que he mencionado de tal forma que en lo posible no varíen. Condiciones como la distancia que recorre el rayo, la naturaleza del medio y la temperatura. Dejando como variable solo la frecuencia de la absorción del medio.

Para concretar lo anterior, es necesario recordar que por medio de los colores podemos dar cuenta de forma visible la variación de las frecuencias, teniendo presente que buscamos relacionar los colores con la temperatura resulta importante indagar cómo será esta variación de la temperatura, si será significativa o por lo menos apreciable desde un medidor como por ejemplo un termómetro.

En conclusión, mi objetivo es concretar una experiencia donde se demuestre la influencia de la frecuencia (colores) en el proceso de absorción de la radiación y cómo el objeto varió su temperatura a razón de la radiación que absorbió. En este sentido la temperatura nos dará cuenta de la cantidad de radiación absorbida por el objeto. ¿Por qué? Porque si recordamos la radiación absorbida según el principio de conservación de la energía, no desaparece, esta se transforma en otros tipos de energía, en este caso energía térmica, que será medida posteriormente con apoyo de una termocupla o termómetro.

El experimento posee una serie de condiciones sustentadas teóricamente, la primera es que se expondrán al sol recipientes pintados de diferentes colores (negro, blanco y rojo) con fluido (aire) en su interior, lo cual asegurará que las frecuencias absorbidas sean diferentes, estos recipientes serán del mismo material, de la misma forma y volumen para precisar que el medio de absorción tenga la misma naturaleza. Estos recipientes se expondrán a un emisor de radiación térmica (sol), ambos recipientes se encontrarán a la misma distancia (S) y serán expuestos a esta fuente de radiación en un mismo periodo de tiempo (Δt), luego se procederá a revisar las temperaturas correspondientes que alcanza cada uno de estos, en diferentes intervalos de tiempo.

Figura 5. Medios de absorción (recipientes de diferentes colores). (Fuente: elaboración propia)



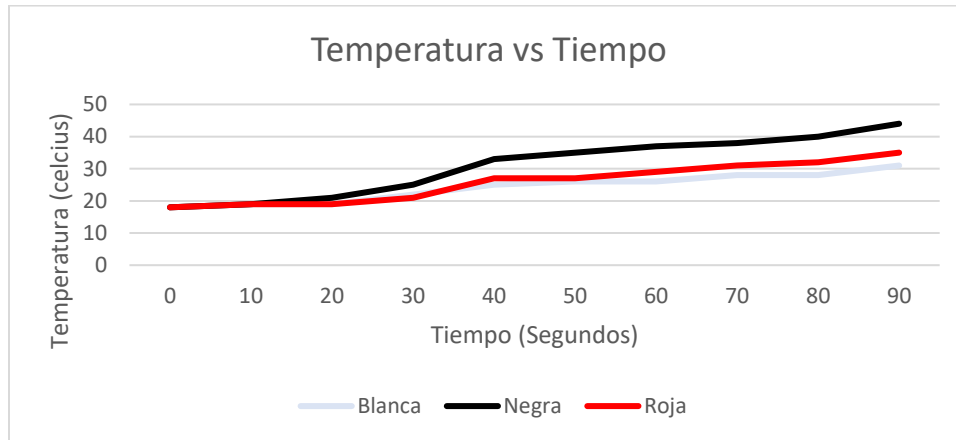
Los recipientes fueron sellados con plastilina y se introdujo un termómetro en el interior de cada uno. Los recipientes fueron expuestos al rayo del sol y se tomaron las temperaturas en intervalos de tiempo $\Delta t = 10$ minutos. De lo cual se obtuvieron los siguientes datos

Tabla 3. Temperaturas de los recipientes. (Fuente: elaboración propia)

Color	Blanca	Negra	Roja
Tiempo(minutos)	Temperatura (Celsius)		
0	18	18	18
10	19	19	19
20	19	21	19
30	22	25	21
40	25	33	27
50	26	35	27
60	26	37	29
70	28	38	31
80	28	40	32
90	31	44	35

La siguiente gráfica evidencia los datos recolectados y expuestos en la tabla 3, los cuales posibilitaron la comparación reflejada en la figura 6 donde se relaciona el tiempo de interacción entre el sol y el recipiente, con la temperatura alcanzada por cada uno.

Figura 6. Gráfica de temperatura vs tiempo. (Fuente: elaboración propia)



Podemos concluir que el color negro es el que absorbe mayor cantidad de radiación, en este caso térmica, lo que le permite a este recipiente alcanzar mayores temperaturas, esto se debe a los procesos de interacción de la luz con la materia. También se puede contrastar que el color blanco es el que menos absorbe radiación, por tal razón refleja mayor porcentaje de radiación. Lo que se demuestra en su baja temperatura comparado con los otros.

2.2.3. Radiación emisión (Luz invisible)

En un tercer momento y estudiando “la emisión”, la última característica que describe Planck (1914) para explicar la radiación y definiéndolo bajo sus propias palabras “la emisión de rayos es el fenómeno en el cual se originan o crean los rayos, cuando se transforma energía de otra naturaleza” (p. 4) en este caso nos interesara estudiar particularmente la situación en que la energía (x), se transforma en energía con una naturaleza térmica. Ahora, hay dos elementos sobre los que quiero reflexionar respecto a esta definición: el primero, sobre la condición donde las partículas de materia pueden emitir estos “rayos”. Por consiguiente, es necesario que exista un cuerpo “materia” para que los “rayos” sean originados y se produzca la emisión de la radiación, a este cuerpo le llamaremos emisor. El segundo, con relación a Planck (1914) cuando utiliza la expresión “rayos”, pues he encontrado esta singular palabra para referirse a “algo” que no se aclara pero que desglosaré a continuación. Pues no solo sucede en sus textos, también en otros referentes como Kirchhoff, G. (1901), y si analizamos el contexto que he presentado de Planck (1914), recordaré 3 aspectos que ya mencioné.

- Los “rayos” se originan solo por la materia: lo que desde mi perspectiva significa que los “rayos” no son materia, entonces son algo distinto a la materia.
- Los “rayos” son absorbidos solo por la materia y cuando se absorben se transforman en algún tipo de energía: reconocemos que existen “rayos” gracias a los efectos causados sobre la materia.
- Los “rayos” se propagan en todas las direcciones y a la misma velocidad en medios homogéneos.

En este sentido, aunque podría parecer obvia la respuesta, los “rayos” son el término que Planck y otros autores posiblemente acuñaron a la propagación de la radiación o a la misma radiación, término que usualmente nosotros utilizamos en nuestro contexto cotidiano para referirnos por ejemplo a “los rayos de sol”, y es que resulta particularmente conveniente reconocer que al referirnos físicamente a los rayos de sol nos estamos refiriendo a la radiación emitida por el sol, como conclusión podría mencionar que el sol es una de las principales fuente de radiación en nuestro sistema solar, lo que significa que la radiación y el sol tienen un vínculo muy estrecho.

Acto seguido, vamos a centrar nuestro estudio en la emisión de esos “rayos”, y para ello quiero que pensemos en una vela, esta no puede emitir una cantidad infinita de “rayos”, por tal razón podemos enunciar que la materia no emite radiación infinita, es finita y podemos medirla. Para sustentar esta idea retornaremos a Planck (1914) pues dice que “la cantidad finita de energía es emitida en un volumen máximo determinado, por esta misma energía” (p. 5) Es decir, la materia emite en este caso una determinada radiación.

Cabe resaltar que esta radiación es medible bajo ciertos criterios, entonces vamos a reconocer como podemos medir la emisión de la radiación y cómo podríamos estudiarla a partir de un experimento, bajo ciertas consideraciones geométricas y de medios ideales. Planck (1914) propone una situación para encontrar la cantidad de radiación emitida por una partícula en una distancia muy corta, con la intención de evitar la absorción del medio y la dispersión de la radiación en el mismo medio, lo que nos permite efectuar la comparación de la energía total emitida por una longitud de onda ν con otra, a una longitud de $\nu + d\nu$ emitidas en un mismo dt , en un mismo volumen de un cono dr . En otras palabras, Planck propone medir la radiación a partir de la comparación de la emisión de dos diferentes frecuencias en un mismo espacio, por un mismo periodo de tiempo.

$$dt \cdot dr \cdot d\mu \cdot dv \cdot 2\varepsilon_\nu$$

Con la anterior relación Planck (1914) describe una función positiva que representa un rayo plano, polarizado con una dirección y un color definido, que posteriormente integrará para lograr calcular la radiación en todas las direcciones, concretamente bajo la forma esférica que sigue la propagación natural de la radiación, luego comparará la diferencia de radiación entre dos diferentes longitudes de onda. Sin embargo, para mi investigación no es necesario ir hasta este punto, basta con analizar la ecuación y comprender los aspectos que Planck (1914) destaca para medir la radiación.

Es necesario identificar estos términos asociados en la relación, para lo cual dt representa la radiación emitida en un periodo de tiempo, dr el volumen del cono, $d\mu$ representa la dirección del elemento del cono y ε_ν es el llamado coeficiente de emisión del medio, que está en función de la frecuencia de onda ν . Planck (1914) puntualiza que “este coeficiente de emisión no solo depende de la frecuencia ν , Depende también de la naturaleza de la sustancia emisora y de aspectos como el principio de Prevost” (p. 6) y este último principio nos ayudará a pensar en cuerpos emisores más fuertes y otros débiles que estarán en función de la temperatura. En este sentido, es importante para mí reconocer que algunas de las variables que propone Planck (1914) serían imposibles y complejas de recrear en mi contexto. No obstante, el coeficiente de emisión de la radiación que nos propone permite pensar en dos aspectos que sí podríamos recrear en un experimento, el primero sería la variación de la longitud de onda y el segundo la variación de la temperatura.

Con lo anterior, podríamos estudiar la emisión de la radiación de un cuerpo en particular, del cual podamos variar su temperatura. En este sentido nos aseguraremos de que la naturaleza del cuerpo emisor sea la misma, ahora podemos relacionar que entre mayor sea la intensidad de emisión, mayor será la radiación emitida por el cuerpo. Ahora bien, para desarrollar un montaje experimental me surgen dos preguntas, la primera ¿Cómo podemos medir la intensidad de la radiación emitida por un cuerpo? Y la segunda ¿Variará realmente la intensidad de la radiación cuando variemos la temperatura?

Las anteriores preguntas me llevaron a reflexionar sobre algo importante, y es el hecho de cómo podemos detectar ese espectro de radiación infrarroja, una respuesta sencilla involucraría un termómetro. Sin embargo, bajo la idea de luz en general, se debería “ver” ese espectro, y si es

posible verlo, podríamos establecer ciertas comparaciones a nivel macro que sean medibles y no a escala molecular como lo propone Planck. Ahora, si es posible, podríamos hacer ciertas variaciones que logren responder a mis dos preguntas, por este motivo, es necesario investigar sobre que es “ver” y es importante reconocer que necesitamos nuestros ojos para percibir visualmente nuestro entorno. Esto no implica que todos los animales observen el mundo de la misma forma, o que la realidad se limite a lo que “observamos”. Nos basaremos en REDVET⁴ y la publicación realizada por Hugues, B; Navaroli, F; Torres, M; Soto, CJ. (2008) pues mencionan que

“La vista de algunos animales, abarca longitudes de onda que sobrepasan ligeramente el espectro visible para los seres humanos, pero se encuentra dentro de los límites generales, por ejemplo, las abejas son sensibles a la luz ultravioleta que no es percibida por el ojo humano” (p. 2)

Según lo anterior, sí es posible ver la radiación infrarroja cercana al espectro rojo, y aunque, como seres humanos estamos limitados a nuestros receptores biológicos, esto no implica que sea imposible, por ejemplo, las gafas de visión nocturna captan longitudes de onda que están cercanas al infrarrojo, esta herramienta nos permitirá “ver” la emisión de este tipo de radiación.

Para el experimento principal es necesario modificar una cámara, quitándole el filtro “infrarrojo” lo que nos permitirá ver con esta cámara esa “luz invisible”, posteriormente se construirá una linterna de rayos infrarrojos, con la cual se identificará que existe un tipo de luz no observable para nuestros ojos, pero que la cámara “que es otro tipo de ojo” si puede observar.

Figura 7. *Proceso de modificación de la cámara infrarroja. (Fuente: elaboración propia)*

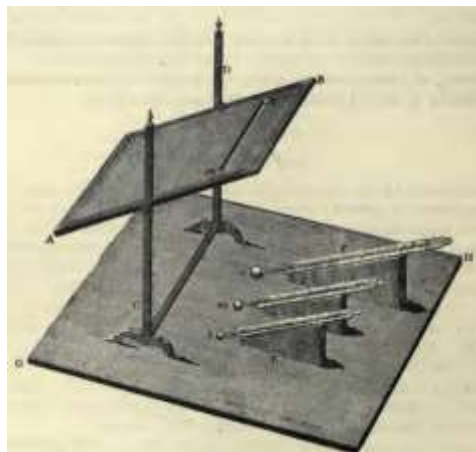


⁴ Revista electrónica de veterinaria <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63617112010>

La cámara fue modificada de tal manera que eliminamos el filtro infrarrojo, este se encuentra atrás del lente, lo cual quiere decir que nuestra cámara podrá captar algunas de estas longitudes de onda. Notaremos que si “alumbramos” los objetos con esa linterna “sin luz visible” aparecerán, en medio de la oscuridad por medio de la pantalla de la cámara. ¿Por qué? Básicamente la linterna emite radiación infrarroja “una luz que nuestros ojos no pueden ver” que absorben y reflejan los cuerpos, esa “señal de luz invisible” que sale de la linterna, choca con el objeto y es reflejada por dicho elemento, luego llega al “ojo de la cámara”, finalmente ella lo interpreta en su procesador, algo similar a lo que nuestro cerebro hace con la luz visible que nos llega.

En este sentido cabe preguntarse ¿De dónde sale esa luz invisible? ¡Claro! de la linterna, aunque otros objetos pueden emitir esta radiación, y para empezar a establecer ese vínculo que establecía con Planck (1914) cuando hablamos de radiación y temperatura, nos basaremos en la experiencia de Herschel (1912) pues él menciona “hemos rastreado estos rayos caloríficos a lo largo del espectro prismático; y encontramos que aumenta su poder, mientras su refrangibilidad disminuye cerca del color rojo.” (p. 75)

Figura 8. *Montaje experimental (medición de la temperatura de cada color).*



Nota. Adaptado de (Fig. 1) (p. 54), por Herschel, W. 1912, *The scientific papers*⁵

Ahora, voy a aclarar el término “su poder aumenta” pues hace referencia a un incremento de la temperatura, de donde se deduce que el autor con algunos de sus experimentos logró relacionar la

⁵ La imagen tomada del libro *The scientific papers* de Herschel, W. (1912), demuestra el montaje utilizado por el autor para medir la temperatura de diferentes colores.

temperatura, por medio de la medición de cada color con un termómetro, concluyendo que el color rojo particularmente es el de mayor temperatura y que hay más “colores” con mayores temperaturas invisibles a nuestros ojos por debajo del color rojo.

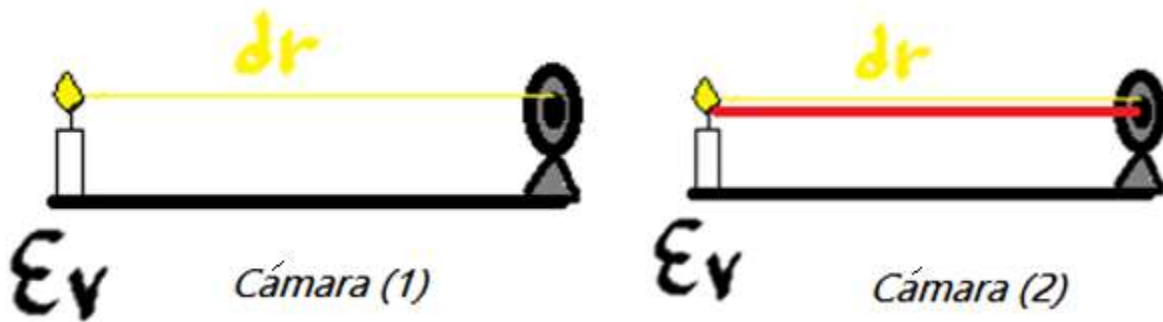
Así pues, todo lo que tenga una “mayor temperatura” podría servirnos como objeto emisor. Por consiguiente, utilizaremos inicialmente una vela, mediremos la temperatura con apoyo de la termocupla por un periodo de tiempo dt , desde una misma distancia dr , teniendo en cuenta que el coeficiente de emisión ε_v (naturaleza del medio emisor) se conserva, entonces podríamos comparar por medio de dos cámaras ubicadas a la misma distancia el espectro de emisión, estas serían la cámara modificada (2) y una cámara normal (1).

Figura 9. Implementación de las cámaras. (Fuente: elaboración propia)





Y aunque nuestra distancia sea tan grande, en comparación a la propuesta de Planck (1914), si la mantenemos igual para los diferentes intervalos de tiempo, o de hecho es simultánea la medición, la dispersión de radiación debida al medio (aire) y la distancia, será casi la misma, lo que no representaría una gran variación para nuestras comparaciones. Entonces la absorción del medio en un $dt_1 = \alpha_v s$ y para un $dt_2 = \alpha_v s$. En conclusión, asumiremos que la absorción de la radiación del medio será la misma en cada situación. Ahora, según la imagen (figura 10) es posible deducir que la cámara modificada (2) puede captar una mayor cantidad de radiación, es decir que esta debería ver un espectro más grande de emisión.

Figura 10. Montaje de emisión. (Fuente: elaboración propia)



El propósito de este experimento es responder la pregunta ¿Cómo podemos medir la intensidad de la radiación emitida por un cuerpo? Vamos a poner en práctica la cámara modificada. Las siguientes imágenes fueron captadas de forma simultánea por dos cámaras ubicadas a la misma distancia.





Figura 11. Comparación del espectro de radiación entre cámaras. (Fuente: elaboración propia)


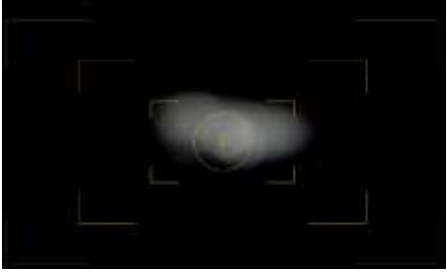

Tipo de cámara	Cámara Modificada	Cámara Normal (Ojos propios)
Vela		

Si bien la “luz visible” de la vela permite a nuestros ojos ver parte de lo que irradia, la cámara modificada logra ver con una mayor amplitud un espectro de radiación diferente al de la cámara normal, de hecho, el color es un aspecto que cambia también. Básicamente, la cámara modificada logra captar una mayor intensidad de radiación, esto se debe a que efectivamente la cámara modificada logra recibir una mayor cantidad de longitudes de onda (las cercanas a la longitud de onda roja). Lo que se logra evidenciar en la imagen es un mayor radio de emisión. Sin embargo, la vela emite muchas longitudes de onda (diferentes tipos de radiación), por esta misma razón se toma la decisión de utilizar un carbón, pues este no emite el espectro de radiación visible, además

en la oscuridad no es posible verlo desde que no supere cierta temperatura. Lo que focalizaría nuestro efecto de medición (térmico), en otras palabras, la cantidad de longitudes de onda emitidas serían menos, en pocas palabras solo apreciaremos la radiación infrarroja variando en función de la temperatura, pues una vez se encienda este carbón empezará poco a poco a disminuir su temperatura, lo que permitirá por medio de la cámara modificada establecer relaciones entre los efectos “visibles infrarrojos” y la temperatura que tiene el carbón. (figura 12)

Figura 12. Evidencia del montaje: Relación intensidad temperatura. (Fuente: elaboración propia)

Temperatura superficial del carbón	Intensidad
800 grados Celsius aproximadamente	
750 ⁰ c	
600 ⁰ c	
500 ⁰ c	

400 ^o c	
200 ^o c	
150 ^o c	

Como logra apreciarse en las capturas, la “luz invisible” comprende un amplio espacio, espacio que dejará de ocupar paulatinamente mientras el carbón se va enfriando. En términos cualitativos es bastante vistoso esa pérdida de la intensidad de la emisión. Lo que también podría ser bastante llamativo y comparativo en una situación de aula.

Finalmente, he decido plantear un último montaje para evidenciar la variación de la radiación que Planck (1914) asocia a las longitudes de onda, para lo cual utilicé 3 filtros de diferentes colores en el lente de la cámara modificada (2), todas las mediciones se realizaron desde la misma distancia, los resultados se encuentran a continuación en la figura 13.

Figura 13. Radiación polarizada (Filtros). (Fuente: elaboración propia)



Resulta pertinente señalar que, en cuestión de magnitudes de dimensión, no se logra establecer una diferencia significativa que logre ser medible entre cada uno de estos colores. Por tal razón, no es una experiencia que dé cuenta de esa diferencia del espectro de emisión, por otra parte, y aunque no es nuestro foco de análisis resulta interesante ver la variación de las tonalidades.

2.3. La variación de la temperatura como criterio en la clasificación estelar

A partir del estudio de la radiación realizado en este capítulo se han logrado identificar comportamientos particulares sobre la forma en la que se emite, propaga y absorbe la radiación. Lo que ha permitido materializar diferentes montajes experimentales con el fin de profundizar en el estudio de esta. Un ejemplo de ello es la emisión, que fue estudiada desde la relación existente entre la temperatura y la intensidad de la radiación térmica emitida por el cuerpo. Con respecto a la propagación, se trabajó sobre la forma en que es absorbida la radiación por el medio, en función de la distancia. Para finalizar, en la absorción fueron profundizados los efectos térmicos cuando absorben ciertas longitudes de onda.

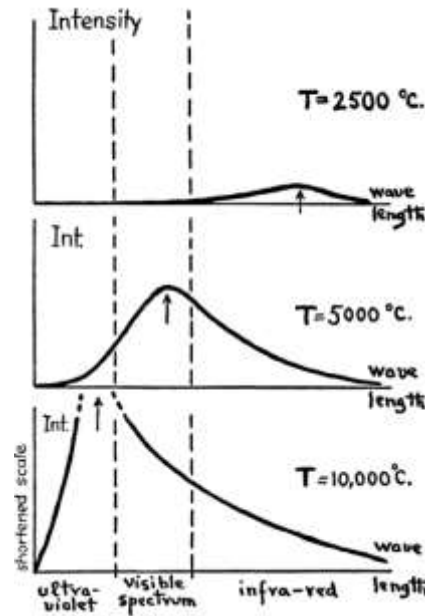
En este punto, es importante volver sobre la intención principal del estudio de la radiación, puesto que su abordaje permitirá responder las preguntas formuladas a lo largo de esta investigación, preguntas que surgen cuando miramos nuestra bóveda estelar y focalizamos nuestra atención en el sol, y es que, gracias a nuestra experiencia sensible, usualmente deducimos que el sol es amarillo, pero ¿Realmente es amarillo el sol? de hecho, como investigador me surge una pregunta más profunda ¿Cómo podría saber el color real que irradia el sol si estoy desde la tierra? Recordando que no puedo ir hasta el sol y salir de la atmósfera es algo prácticamente imposible para mí. Aquí

es donde cobra sentido nuestro estudio de la radiación, en el que he contrastado el vínculo estrecho entre la misma y el sol. Sin embargo, aquí quiero ponerlo en términos más concretos y para hablar de ese vínculo, en primer lugar, tenemos que pensar sobre ¿Qué es el sol? y si el sol es una estrella ¿Qué son las estrellas? Gamow (1940) dice que “las estrellas son actualmente masas gigantes de gas, extremadamente calientes y similares a nuestro sol” (p. 122). Lo que nos lleva a pensar que particularmente esa condición térmica extrema puede ser la responsable de los efectos visibles, desde el estudio de la radiación ya reconocemos que entre mayor sea la temperatura de un cuerpo, su intensidad de emisión de radiación será mayor, y si lo miramos con nuestra cámara modificada, más brillante será. Adicionalmente, también debemos considerar múltiples variables como las enormes distancias que debe recorrer esa radiación, y que, con el estudio de la propagación ya sabemos que este es un factor de dispersión de la radiación.

De modo que, al ser las estrellas masas de gas extremadamente calientes, alcanzan temperaturas muy altas, por tal razón podemos reconocer que estas estrellas tienen que emitir radiación térmica. Y si analizamos los “rayos de sol” desde una ubicación de tal forma que los rayos de sol “hagan contacto” con nosotros experimentaremos un incremento de temperatura. Ahora, la temperatura del cuerpo emisor es tal, que logra emitir radiación visible y no solo visible, emite diferentes tipos de radiación. No obstante, la presente investigación se centrará en la radiación de tipo visible y térmica. Lo anterior nos permitirá hablar del color real de nuestro sol que al igual que las otras estrellas “tiene un color” y respecto a esto traigo a colación los aportes de Gamow, G. (1940)

“Estos cambios de color emitidos por las estrellas se deben a cambios o diferencias en la intensidad de la emisión de una parte singular del espectro de emisión visible, que está en fusión de los cambios de temperatura...Podemos decir que las estrellas rojas son las más frías, mientras las azuladas son las más calientes.” (p. 126-128)

Figura 14. *Tabla de relación entre intensidad y temperatura*

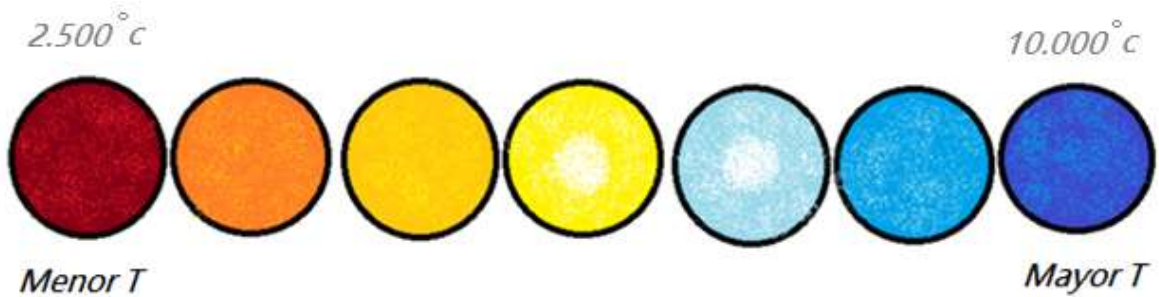


Nota. Adaptado de (The continuous emission-spectrum changes with the temperature (T)) (p. 125), por G. Gamow, 1940, THE Birth and Death of the SUN.

En concordancia con lo anterior, aunque el cuerpo emisor, en este caso la estrella emita radiación desde el infrarrojo o menos, hasta el ultravioleta o más, existe un sector particular del espectro de radiación, donde es más intensa la radiación emitida, para especificar esto es pertinente retomar el ejemplo del gráfico donde la temperatura es de 2.500°C de lo cual se observa que la máxima intensidad del espectro de emisión no se encuentra sobre el espectro visible, en este caso se deduce que no existe un efecto visual ante el ojo humano, sin embargo, con la experiencia del carbón (si cambiamos los ojos por unos que si puedan detectarlo) estos ojos lograrán ver “el color emitido” por dicho elemento.

En contraste, cuando la temperatura incrementa, el rango del espectro de radiación también lo hace, incrementando desde el rojo hasta el azul. En este orden de ideas, existe un diagrama llamado H-R desarrollado por Russell y Hertzsprung donde se contrasta esta organización de las estrellas en función de la emisión de la radiación (espectro visible) que se ha estructurado de la siguiente manera:

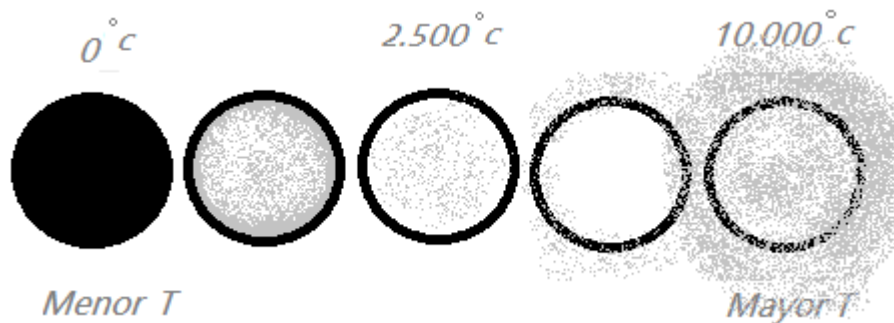
Figura 15. *Secuencia principal de la clasificación estelar*



En las clasificaciones actuales esta organización característica recibe el nombre de secuencia principal y, en la actualidad es la forma de clasificación de las estrellas aceptada por la comunidad científica.

Por otra parte, es relevante indicar que esta organización existe en función del espectro visible, básicamente en función de nuestros ojos. En este orden de ideas ¿Qué sucedería si nos cambiamos “los ojos”? ¿Acaso cambiará la organización? Pensemos que tenemos un ojo que nos permite ver el espectro infrarrojo, (pero solo el infrarrojo), resulta interesante preguntarse esto porque, si nuestra actual organización de la secuencia principal está constituida bajo la emisión del espectro visible, ¿Cómo sería esta nueva organización? Desde las experiencias organizadas se puede deducir una organización de este estilo:

Figura 16. *Clasificación estelar (desde el espectro infrarrojo)*



A simple vista resulta compleja de explicar, sin embargo, podría enunciar que mientras más cercano esté el espectro principal de emisión al infrarrojo, más visible será, pero una vez exceda este punto dejará de tener cambios más allá de incrementar su intensidad de brillo.

Otra organización que podríamos realizar si nos fundamentamos en los experimentos desarrollados por Herschel (1912), sería a través del criterio de absorción de la radiación, y es que si se tiene en cuenta lo que menciona Herschel (1912) “Hemos rastreado estos rayos caloríficos a lo largo del espectro prismático; y encontramos que aumenta su poder, mientras su refrangibilidad disminuye cerca del color rojo.” (p. 75). Es decir, para Herschel el color “más caliente” sería el rojo y un poco más allá, mientras los fríos serían los azules. En este orden de ideas podríamos construir una clasificación con este criterio en el aula con un sentido diferente.

Con base en lo expuesto en este capítulo se pueden establecer múltiples organizaciones para desarrollar varias clasificaciones estelares, fundamentadas desde la experiencia de cada estudiante. Sin embargo, no quiero decir que estas diferentes clasificaciones sean válidas a nivel científico. Realmente dichas clasificaciones tienen un valor que trasciende lo científico, porque cobran un sentido propio y diferente en nuestro contexto “el aula”, pues nos permitirán reconocer de alguna forma, la forma en que un estudiante ha organizado su experiencia fundamentada en la radiación.

Finalmente, se ha desarrollado una ruta de experiencias, partiendo por la idea de Gamow (1940) donde se estudiará el sol, el cual propiciará algunas preguntas desencadenantes que enriquecerán las nociones sobre radiación y posibilitarán abordar la relación existente entre los elementos térmicos mencionados. Es entonces a partir de este punto donde el papel de la experiencia y el experimento deben trascender para darle un sentido propio a las construcciones que desarrollen los estudiantes en esta ruta.

3. CONSTRUCCIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PROPUESTA: LA RADIACIÓN Y SU RELACIÓN CON LAS ESTRELLAS (SOL).

Como resultado de los desarrollos expuestos en capítulos anteriores, se ha propuesto una ruta orientada y guiada a partir de unos referentes pedagógicos y disciplinares, que fueron ya profundizados en capítulos anteriores. Con el sentido de constituir un camino alternativo en la enseñanza-aprendizaje de la radiación en el aula. Por consiguiente, a partir de las reflexiones realizadas antes, durante y después de la construcción de la propuesta e implementación de esta, se diseñaron unas actividades para los estudiantes, que les permitieron pasar por una serie de experiencias, donde la intención principal estaba enfocada en enriquecer la experiencia del estudiante y fomentar organizaciones semánticas asociadas a la radiación que han construido mis alumnos a lo largo de su vida, propiciando posibles construcciones y en ese sentido se pudiera responder a la pregunta que orientó este trabajo: ¿Cuál es la organización semántica que alcanzan los estudiantes sobre la radiación, cuando se profundiza partiendo de la actividad experimental en el aula? Para responder a esta pregunta, se transitó por tres diferentes fases

Figura 17. Organización de las fases y objetivos de la ruta. (Fuente: elaboración propia)

FASE	Nombre	Objetivo en el aula	Objetivo en la investigación
1	<i>Identificación</i>	<i>Identificar las ideas previas sobre la relación entre radiación-sol que tienen los estudiantes</i>	<i>Reconocer el concepto de radiación y las palabras que vinculan los estudiantes con este.</i>
2	<i>Caracterización</i>	<i>Enriquecer la experiencia del estudiante con fenómenos asociados a la radiación térmica (Absorción, propagación y emisión)</i>	<i>Enriquecer las organizaciones semánticas de los estudiantes que están asociadas al concepto de radiación, con la ruta de experiencias</i>
3	<i>Relación</i>	<i>Establecer vínculos entre la radiación-temperatura y el color,</i>	<i>Identificar y comparar el concepto y las relaciones sobre la palabra radiación, que han</i>

		<i>por medio de la construcción de una clasificación estelar.</i>	<i>construido los estudiantes después del desarrollo de la ruta.</i>
--	--	---	--

3.1. Criterios iniciales para el diseño

Reconociendo esa profundización realizada en capítulos anteriores, quiero contrastar y sintetizar esos criterios que guiaron la construcción de la ruta de experiencias, en este sentido lo dividiré en tres. *Criterios pedagógicos, criterios disciplinares y criterios experimentales.* Aunque trataré de explicarlos por separado, estos criterios están concatenados, de tal modo que, al momento de pensar en cada criterio era evidente la influencia de los otros, son prácticamente inseparables, pues eliminar uno de estos criterios descontextualiza la intención de esta investigación. Por ejemplo, si se piensa en desarrollar un experimento sin los criterios pedagógicos, es muy probable que no sea apropiado para llevar a un aula. Esto nos permite pensar en la necesidad de mantener articulados estos criterios.

3.1.1. Criterios Disciplinares

Uno de los criterios disciplinares estuvo orientado bajo la perspectiva de radiación que se ha expuesto de Planck (1914) quien establece, para reconocer la radiación, efectos relacionados con *la emisión, la propagación y la absorción de la energía.* Estos fueron abordados y profundizados, lo que permitió concretar parte de esta ruta, donde se planean tres diferentes actividades fundamentadas en estos tres efectos de la radiación.

Ahora, otro importante criterio disciplinar estuvo orientado desde la relación (temperatura-radiación) y como esta relación permite la construcción de la clasificación estelar, a propósito de esta, Gamow G (1940) expone el diagrama H-R el cual abarca la clasificación de las estrellas, menciona que las estrellas de menor temperatura emiten radiación con una longitud de onda cercana al rojo, y las estrellas más calientes emiten radiación visible cercana al espectro azul. En esta última perspectiva el efecto de medición es la emisión de la radiación. Lo que no solo permite pensar en la relación (temperatura- radiación), también posibilita establecer ese punto para concretar y articular la relación.

Finalmente, es necesario destacar que gracias a la profundización disciplinar, se pueden reconocer que es posible concretar diferentes criterios de organización entre los efectos térmicos y lumínicos. Por ejemplo, desde la visión de Herschel (1912) se propone que el color con mayor temperatura será el rojo y el de menor temperatura, será aquel que está cerca al azul, claro esta visión está fundamentada en la absorción de la radiación.

En consecuencia, existen diferentes formas de abordar la enseñanza de la radiación. En este sentido es menester preguntarse por ¿Cómo abordar la emisión, absorción y propagación de la radiación en el aula? Lo que enlaza directamente con otros criterios.

3.1.2. Criterios pedagógicos:

Recordando lo mencionado por Giordan (2020) y en función de las perspectivas profundizadas en capítulos anteriores sobre el papel de la experiencia en la construcción de las organizaciones semánticas y como la movilización de estas posibilita la reconstrucción de conceptos, es necesario resaltar que la ruta que se generó posee en cada una de sus etapas **experiencias sensibles**, para que la **movilización de estas organizaciones** tenga un sentido, un contexto. Con lo mencionado quiero contrastar que el enfoque de cada actividad está fundamentado los siguientes aspectos:

1. Reconocer que los estudiantes tienen unas ideas propias, unos conceptos y unas organizaciones semánticas que han formado con el transcurso del tiempo, que es importante reconocer y para ello se ha generado una Fase 1, donde buscamos identificar esa organización semántica que tiene el estudiante sobre el concepto de radiación.

2. Evidenciar por medio de lo que logre exteriorizar el estudiante, esas movilizaciones que va realizando él cuando la ruta de estas experiencias perturba de alguna manera su organización semántica.

Entonces, si la experiencia tiene un papel tan relevante en la construcción de conceptos ¿Qué tipo de experiencias van a tener los estudiantes para abordar la radiación en el aula? Para responder a esta pregunta retomaré la relación entre lenguaje-experiencia-conocimiento de Giordan (2020) propondré dos momentos diferenciados en cualquier actividad experimental.

Momento 1: Enriquecimiento de la experiencia, se propiciarán a través de experimentos

Momento 2: Organización de la experiencia, se fomentarán a través de una actividad que este en vínculo con el experimento.

3.1.3. Criterios Experimentales:

Finalmente, los criterios experimentales marcarán la perspectiva de esas experiencias en el aula, es necesario recordar que el papel de la experiencia varía según el contexto, como señalé en capítulos anteriores, Malagón. J., Ayala. M., y Sandoval. S., (2011) mencionaban 3 diferentes perspectivas con relación al papel del experimento en el aula, y como se aclaró, se trabajará con un enfoque en el aula donde, a partir de la experiencia el estudiante construirá conceptos. Porque, cuando él enriquece esas organizaciones semánticas a partir de la experiencia, construye una nueva forma de interpretar la realidad, en ese sentido existe una evolución de la organización semántica, un nuevo concepto y de forma concatenada se construye conocimiento.

Sin embargo, no podemos desconocer que lo que se presentará en el aula no son “simples experiencias al azar”. Son experiencias que ha construido el docente, con un objetivo, un sentido, un orden y una intención, gracias a la profundización teórica que ha realizado previamente el docente. Lo que presupone esa bidireccionalidad entre la teoría y el experimento. De hecho, hace evidente, que la perspectiva del docente sobre la teoría y el experimento cambia según el contexto. Por esta razón, quiero recordar que, lo que se lleva al aula, no son solo experiencias, son una serie de acciones intencionadas, consciente y controladas, con un propósito orientado por el docente, esto es a lo que hemos llamado experimento y esta es la línea que separa una experiencia del experimento, desde esta investigación.

Ahora recordando lo mencionado por Castiblanco. O. (2021) el contexto del experimento variará según el tipo de experimento que se trabajará con mis estudiantes, es importante re identificar los tipos de experimentos que influenciaran esta ruta.

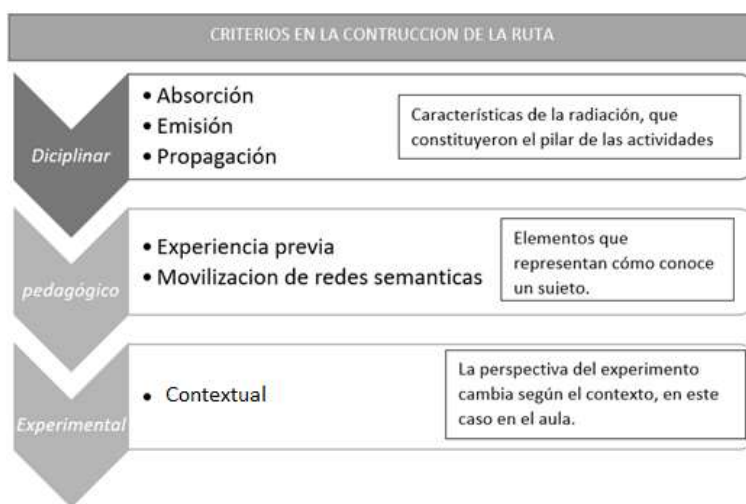
Experimentos mentales, se aplicarán de forma inicial, en la primera etapa, pues permitirá que los estudiantes a partir de sus propios conceptos y con sus propios recursos, recreen la situación mentalmente e indaguen sobre un experimento que posibilitará identificar ciertas nociones que tienen sobre la radiación. También será utilizada con el fin de profundizar en algunas variaciones de los experimentos que se desarrollen, pues este es un recurso experimental que no tiene límites.

Experimentos discrepantes, que se utilizarán en la segunda fase, pues buscamos que el estudiante reconstruya sus nociones e ideas sobre la radiación, con experiencias como la cámara infrarroja, se posibilitará ver a los estudiantes, un mundo diferente al que pueden ver con sus ojos, lo que puede generar esa discrepancia en su experiencia cotidiana. Claro, no cualquier día puedes “ver el calor”

Experimentos caseros, también serán utilizados en la segunda fase, con la intención de que el estudiante amplíe y se apropie de la experiencia, modificando y manipulando con sus propios criterios las variables de la absorción de la radiación.

Experimentos virtuales, Por el carácter de la experiencia y el posible peligro que resulta en el aula tener objetos a tan altas temperaturas, no resulta conveniente realizar estas experiencias de forma presencial. Existe entonces, una experiencia que se desarrollará con base en un video al cual le brindaremos un sentido experimental observando el comportamiento de ciertas variables particulares. Este experimento se encuentra en la fase 3. Finalmente, recordemos que los experimentos buscan traer al aula el enriquecimiento de esa experiencia. Pues si contrastamos con lo mencionado al inicio de esta investigación, es lo que se ha notado como ausente en la construcción del concepto de radiación, esa ausencia de experiencias sensibles en las Guías del MEN (Colombia aprende).

Figura 18. *Criterios en la construcción de la ruta*



3.2. Descripción y análisis de la implementación

3.2.1. Contexto de la implementación: Población, metodología de aula y recursos

La presente investigación se desarrolló en el Colegio Ateniense, una institución educativa privada ubicada en Bogotá, en la localidad de Kennedy. La implementación de la ruta descrita a continuación fue abordada con los estudiantes de grados séptimo b, que oscilan entre los 11 y 15 años, la cantidad de estudiantes involucrada fue de 22 estudiantes, 12 niños y 10 niñas. Por la ubicación el estrato social de la población está entre el 1 y 4.

De la misma forma es pertinente mencionar que esta investigación fue desarrollada bajo el marco de la pandemia de COVID-19. En este sentido parte de las actividades aquí planteadas fueron desarrolladas de manera mixta: las sesiones fueron presenciales, virtuales o en alternancia. Lo que me exigió el desarrollo de un lugar en el cual los estudiantes pudiesen acceder a la ruta construida de forma virtual, donde encontrasen las actividades, explicaciones, videos de apoyo entre otros elementos para favorecer los procesos de todos los estudiantes. La página web⁶ (Anexo E) funcionó como una herramienta de apoyo para aquellos estudiantes que no pudieron trabajar en la sesión de forma sincrónica o que por efectos de la pandemia usualmente estaban de forma virtual.

Por otra parte, se debe mencionar la complejidad de traer un concepto como la radiación a un aula particularmente de grados séptimo, donde desde mi experiencia como docente he reconocido la complejidad de desarrollar conceptos que tienen los estudiantes de estas edades, por esta razón se propiciaron actividades individuales para promover esas construcciones individuales y la posterior socialización de estas. También se debe mencionar que los experimentos fueron de carácter demostrativos a cargo del docente, otros fueron caseros desarrollados por los estudiantes y algunos virtuales (video).

⁶ A continuación, el link donde encontrará la página web desarrollada. <https://sciencetic.wixsite.com/laradiacionenlavid>

Figura 19. *Página web de la propuesta desarrollada*



3.2.2. Organización de la propuesta

En esta sección se profundizará en la descripción de la propuesta que se desarrolló en el aula. Luego se mostrarán algunas narrativas significativas en la implementación que permearon de alguna forma la reestructuración y avance de esta ruta.

La propuesta se organizó en tres fases cada una de ellas se abordó situaciones y actividades de estudio:

Fase 1: En esta fase, titulada **identificación de la radiación**, se propusieron situaciones para introducir a los estudiantes en la discusión sobre el vínculo radiación-sol

Fase 2: Durante esta fase, **caracterización de la radiación** se abordaron diferentes actividades experimentales orientadas al enriquecimiento de la experiencia con el fin de caracterizar la radiación por medio de los efectos de absorción, emisión y propagación.

Fase 3: Para esta fase, denominada **relación de la radiación**, se propusieron actividades experimentales encaminadas a enriquecer la experiencia para poder establecer relaciones entre las variables temperatura-brillo-color con la radiación, que sirvieron para la construcción de clasificaciones estelares desarrolladas por estudiantes.

El siguiente cuadro sintetiza de forma breve la estructura de la ruta construida:

Figura 20. Organización de la propuesta. (Fuente: elaboración propia)

RUTA	FASE 1: Identificación de la radiación	Situación A	Sesión 1
		Situación B	
		Situación C	Sesión 2
		Situación D	
	FASE 2: Caracterización de la radiación	Actividad E: Propagación	Sesión 3
		Actividad F: Absorción	Sesión 4
		Actividad G: Emisión	Sesión 5
	FASE 3: Relación de la radiación	Actividad H: Clasificación estelar	Sesión 6

Fase 1: Identificación de la radiación.

Para iniciar, es importante aclarar el objetivo central de esta fase, donde se quiere identificar las representaciones que logran externalizar los estudiantes sobre los conceptos de radiación-temperatura-color en relación con el sol. Para identificarlas se problematizan algunas situaciones y se proponen algunas preguntas, de esa forma se busca visualizar nuestro punto de arranque a través de las descripciones que realicen, por ejemplo, escritos, dibujos y/o verbalizaciones. Recordando que “toda representación no parece existir sino en relación con un problema” (Giordan., A. & Vecchi., G. 1995). En este caso el problema es reconocer si existe algún vínculo entre el sol y la radiación, ¿Por qué? cómo lo he mencionado en apartados anteriores de esta investigación, El sol será nuestro eje de articulación, pues como “objeto cotidiano” todos poseemos una amplia gama de experiencias sensibles entorno a nuestra estrella, que posibilitaran ejercicios de indagación más próximos a la experiencia cotidiana.

Entonces para esta fase 1 se desarrolló una actividad enfocada en identificar a partir de un problema o pregunta, el conjunto de palabras, significados o conceptos periféricos al momento de darle solución al problema presentado, de esta forma tratar de comprender por medio de los significantes (*que en este caso serán palabras y/o dibujos*), cuáles elementos activa al momento de solucionar la actividad, pues el concepto de radiación debe estar asociado a unas representaciones (*Palabras*),

que el estudiante utilizará para externalizar su concepción. Ahora toda esta fase inicial estará permeada por la pregunta ¿Los estudiantes asociarán las palabras temperatura, color y radiación con el sol? Para lo cual, en esta fase 1 se propuso 4 situaciones diferentes, que enmarcan experiencias o experimentos mentales que se vinculan con el sol. Ahora vamos a recordar que cada sesión tuvo una duración de 2 horas aproximadamente y que para el desarrollo de toda la fase 1, fueron necesarias 2 sesiones.

Sesión 1: Situación A y B

Sesión 2: Situación C y D

También es importante contrastar que lo siguiente está contextualizado y organizado en una guía para el estudiante (Anexo A), lo presentado aquí son reflexiones posteriores que derivaron en la construcción de esta.

Situación A: Caracterización del sol

Se propone, realizar una caracterización del sol, a partir de la construcción de una lista de cualidades, entonces cada estudiante debe reconocer características de nuestra estrella. Luego de que cada uno reflexione sobre su propia experiencia con el sol, se socializa con la intención de generar una construcción grupal sobre las ideas que existen alrededor de la palabra sol. Ahora, como docente me pregunto ¿Cuáles serán las características más frecuentes que mencionan los estudiantes? ¿Se mencionará la radiación cuando los estudiantes hablen del sol? preguntas que están asociadas al sentido de analizar desde el objetivo de esta investigación

Cuando se realizan las orientaciones a los estudiantes para que ellos caractericen el sol, algunos estudiantes vincularon el color, el brillo y el calor como en los siguientes fragmentos de dialogo

*Carlos: O sea, profe que digamos sirve el **sol es amarillo**.*

*Juana: mm profe, es **brillante y da calor**.*

Las respuestas más comunes entre los estudiantes estuvieron asociadas a la temperatura y luminosidad del sol

- 1. David: El sol está conformado por **altas temperaturas***
- 2. Yeiner: Profe es como una bola de **lava***
- 3. Saraí: Da **luz***
- 4. Aliss: **Quema** profe*

5. *Laura: El sol es luminoso*

6. *Michelle: es una estrella muy grande*

7. *Joan: Una estrella cubierta de lava y fuego*

Respondiendo a la pregunta que se realiza sobre la frecuencia de palabras, entre las más mencionadas por los estudiantes se encuentra fuego, luminosidad, lava y altas temperaturas. En este sentido y relacionando lo que dicen mis estudiantes, estas palabras están asociadas a la amplia experiencia sensible que han tenido con el sol, por ejemplo, un buen día caluroso, donde “el sol nos calienta con mucha intensidad” será posible la asociación con **las altas temperaturas**. Por otra parte, **la luminosidad**, podría estar asociada a la experiencia de tratar de ver el sol directamente, Finalmente la palabra **Fuego**, se podría vincular al color de las llamas amarillas y al color del sol, y su relación de ambos con las altas temperaturas. Pero lo que quiero contrastar básicamente es que estas palabras mencionadas por los estudiantes no son utilizadas al azar, son parte de una muy amplia experiencia, que ha resultado en concepciones particulares de cada estudiante, a tal punto que algunos estudiantes desde sus conocimientos aseguran que el sol está cubierto de **lava y fuego**. Es posible que los estudiantes estén realizando un ejercicio de comparación de efectos sobre la materia, buscando similitudes de la radiación con el fuego y el sol, para realizar este ejercicio de descripción. Efectos que posiblemente el estudiante no ha formalizado a través de un lenguaje más apropiado, pero que no lo limita para expresar su experiencia.

Ahora desde mi papel como docente en el aula, podría realizar la traducción de estas palabras frecuentes en 2 palabras que enmarcan los efectos que los estudiantes quieren aludir, las palabras **calor y luz**, que tienen un lugar sumamente importante en esta investigación, porque estarían en un vínculo directo con el concepto de radiación. Aunque, de forma aparente, los estudiantes aun no reconocen esta relación. Sin embargo, se debe destacar que realmente existe un vínculo entre el sol y la radiación, porque en la clasificación de las estrellas a partir de su radiación se tiene en consideración las variables temperatura, tamaño, brillo y color, las mismas características a través de las cuales se estudia el sol, de forma que aquello a lo que se llama radiación está vinculado con esas mismas variables si recordamos lo mencionado por Gamow G. (1940) cuando comparamos las estrellas incluyendo el sol, contrasta unas diferencias en términos de la temperatura, tamaño, brillo y color, como aspectos claves para realizar una clasificación de las estrellas. De hecho,

podemos concluir que para estudiar y clasificar las estrellas se deben utilizar criterios propios de la radiación emitida por las estrellas Color y Calor o en otras palabras *Radiación térmica-Radiación visible* o las palabras claves que he traducido de mis estudiantes Calor-Luz

Entonces, identifiquemos como los estudiantes de grado séptimo b relacionan el sol principalmente a las características **luz-color-Fuego-Lava-Temperatura alta**. Pero no se ha nombrado nada relacionado con la radiación. Lo que lleva esta ruta a proponer caminos alternos en búsqueda de esa relación, por tal razón se introduce la idea de rayos de sol.

Situación B: ¿Qué son los rayos de sol?

Desde mi formación, reconozco que resolver la pregunta ¿Cómo es posible que el sol, desde tan lejos nos logre transmitir ese calor? Permite, pensar en diferentes factores que vinculan de forma directa la radiación, como la propagación y la absorción de la radiación térmica. Ahora, cuando una persona en un contexto cotidiano se refiere a “Tomar el sol” hace alusión a recibir los rayos del sol, en otras palabras, estamos refiriéndonos a la absorción de estos rayos. Sin embargo, reconocer ¿Qué son esos “rayos de sol”? y de hecho ¿Cómo llegan a la tierra? Puede permear esta pregunta antes planteada, lo que en el aula posibilita pensar sobre la radiación y si es posible, hacer un vínculo con el sol. Lo que me hace pensar en ¿Qué sentido le darán los estudiantes a los efectos térmicos y visuales de la radiación?

La anterior reflexión permitió formular las siguientes preguntas a los estudiantes: ¿Qué son esos “rayos de sol”? y de hecho ¿Cómo llegan a la tierra? Realizando las siguientes descripciones:

Carlos: Son de color blanco.

Juana: Yo creo que son luz, calor y ondas. Y yo creo que llegan por medio de ondas.

Michelle: Profe yo creo que son rayos de fuente de luz y color y la segunda pregunta por medio de ondas electromagnéticas.

Es interesante resaltar como los estudiantes tratan de vincular su experiencia con la pregunta de la forma más coherente. En este sentido, es sumamente enriquecedor reconocer ese conocimiento que tienen los estudiantes y como lo movilizan para responder a una pregunta que no es compleja hasta para una persona que está en procesos de formación en ciencias.

Entonces, retornando a las ideas más recurrentes mencionadas por los estudiantes se atribuyen a asociar los “rayos de sol” al **calor**, la **luz** y las **ondas**. Ahora, esta última palabra “onda” y en su vínculo con los rayos de sol, surge como contraste de algunos elementos trabajados en un periodo académico anterior. Sin embargo, no la omitiremos, pero tampoco le atribuiremos un gran rol en las organizaciones que realicen los estudiantes. Pero ¿por qué asociarán los estudiantes rayos de sol a luz y calor? Considero que son los efectos sobre la materia que son más evidentes en la experiencia cotidiana, y yo podría especular sobre mi propia experiencia cotidiana, por ejemplo, en el día cuando está presente el sol, “tenemos luz y es cálido el ambiente”. Pero en la noche cuando no está el sol, “no tenemos luz y el ambiente es frío”. Con base a esta experiencia que he organizado, podría mencionar la posibilidad que mis estudiantes también utilizaran esta experiencia para organizar y realizar estas afirmaciones. Sin embargo, debo resaltar que es solo una posibilidad, pues desconozco cual es la experiencia que ellos organizan para realizar estas afirmaciones y relaciones.

Por otra parte, si recordamos la idea brillo y calor propuesto por Juana, en el fragmento anterior, Laura exhibe aspectos que quiero mostrar.

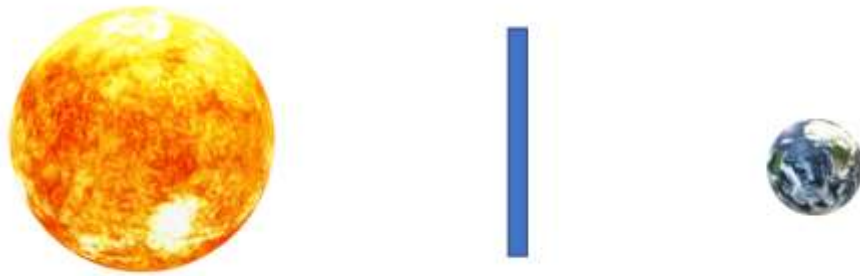
*Laura: Si profe, no podría definir rayos de sol, pero se podría decir que son calor, luz y ondas. Y la segunda pregunta, según yo, **el sol es parte luz**, entonces pues por eso pasa por toda la atmosfera y llega a la tierra y normalmente sabemos que **el sol es muy caliente** entonces como hace para que la tierra no arda, la tierra tiene ciertas capas que le permite disminuir los rayos del sol y **para que nos llegue la luz, pero en poca cantidad y los rayos de sol en poca cantidad para no quemarnos.***

Laura menciona “el sol es parte luz” como si tratara de realizar una distinción entre la luz y el calor, y de hecho lo trata de poner en sus palabras refiriéndose a ellos como rayos de luz y rayos de sol (calor). Sin embargo, es evidente que el lenguaje es un aspecto que no le permite establecer estas diferencias o similitudes con mayor claridad. Sin entrar en más detalles, con esta segunda situación se refuerza la idea de que los estudiantes asocian el sol con las palabras **calor y luz**, como se presentó en la situación A. Además, tratan de realizar unos vínculos entre estas dos palabras. Sin embargo, para mí los estudiantes no logran externalizar con claridad los efectos que tiene la radiación (visible-térmica) sobre la materia. En sentido, se propone una situación problematizada, con base en un experimento mental, que se desarrolló en la sesión número 2, en la situación C.

Situación C: El muro de espejo (Experimento mental)

Con el fin de identificar de forma más clara los efectos de la radiación sobre la materia, en esta situación se dejan en evidencia 3 aspectos mencionados por Planck (1914) emisión, absorción y propagación. Se utiliza el experimento mental: un espejo gigante fuera de la atmosfera, entre el sol y la tierra, de tal forma que bloquee el paso de los rayos de sol ¿Qué le sucedería a la tierra? ¿Por qué?

Figura 21. Esquema situación C (Fuente: Elaboración propia)



Reconociendo que un obstáculo “espejo” entre el sol y la tierra, nos posibilitaría identificar qué efectos sobre la tierra asocian los estudiantes a los rayos de sol, quiero contrastar lo que particularmente Laura y Juan responden.

*Laura: Si el espejo aguanta los rayos del sol y **no se derrite**, entonces en ese caso obviamente a la tierra **no le llegaría luz**.*

Por un lado, Laura divide los efectos de calor y luz en criterios de absorción distintos, el espejo se calienta y la tierra se ilumina, es importante tener en cuenta que, para ella, los rayos de sol tienen esos dos efectos. Pero los logra distinguir afirmando que el sol puede derretir el espejo y que a la tierra no llegaría luz.

Con esta narrativa, notamos que la estudiante establece una diferencia significativa entre los rayos de calor (situaciones anteriores), que le atribuye el término rayos de sol y los rayos de luz, que son diferentes.

Sin embargo, hay otros estudiantes que establecen un vínculo tal, que no logran diferenciar los efectos de luz y calor, generándose algún tipo de sinónimo entre los efectos, como lo menciona Juan y Brayan.

*Juan: Profe yo diría que no **recibe rayos de sol**, pero si recibe **rayos de luz**.*

*Brayan: Porque según yo, el espejo reflejaría lo **rayos de luz del sol** y no llegaría luz a la tierra y las plantas no pueden vivir sin luz y si mueren ellas nos quedamos sin oxígeno, en conclusión, nos moriríamos.*

Profesor: Wow, que análisis Brayan, Yo tengo una pregunta extra ¿el espejo se calentaría?

*Brayan: si profe se **derretirá**.*

En este caso, Juan hace una separación de rayos: rayos de sol y rayos de luz, pero no es claro la relación de estos con el calor como sí lo explica Juana. Con relación a lo que menciona Brayan, aunque se separan los efectos (no llegaría luz a la tierra y el espejo se derretirá) y los vincula a una misma expresión: rayos de luz del sol, se puede inferir que para él son los rayos de luz los que causan el despartimiento y la “iluminación”.

A modo de síntesis, lo que quiero hacer visible, es que con esta actividad se logró identificar de forma más clara, qué entienden los estudiantes por: qué son los rayos de sol. Entonces se logra establecer 4 categorías de ideas diferentes sobre los rayos del sol y sus efectos sobre la materia.

1. Para algunos estudiantes los rayos de sol están compuestos de calor y luz, pero no logran realizar una distinción entre estos dos, pues se refieren a la luz con los efectos de calor.
2. Otros estudiantes, mencionan que los rayos de sol se componen de luz y calor, pero los separan de tal forma que, los efectos de la luz y los efectos del calor no están relacionados
3. Por otra parte algunos estudiantes asocian los rayos de sol únicamente a los efectos térmicos
4. Finalmente un grupo de estudiantes relacionan los rayos de sol a efectos luminosos únicamente. (En la figura 22 se presenta un ejemplo de estas cuatro categorías)

En este sentido es claro que cada estudiante construye su concepto de rayo de sol relacionando lo que es el rayo de sol con su experiencia cotidiana.

Figura 22. Categorías sobre el concepto de rayo de sol (Fuente: Elaboración Propia)

Rayos de sol: Calor y luz		3. Rayos de sol: Calor	4. Rayos de sol: Luz
1. Como iguales	2. Cómo diferentes		
<i>Yeiner: “No pasaría la luz porque rebota en los espejos, nos moriríamos por el frio.”</i>	<i>Laura: la tierra tiene ciertas capas que le permite disminuir los rayos del sol y para que nos llegue la luz, pero en poca cantidad y los rayos de sol en poca cantidad para no quemarnos.</i>	<i>Sarai: “Si no llegan los rayos del sol al planeta las platas se podrían congelar.”</i>	<i>Juan Garavito: “El planeta no recibiría luz.”</i>

Teniendo en cuenta las ideas que surgen aquí, es importante precisar que, según lo mencionado por Kirchhoff G.R (1862) los rayos de calor y los rayos de luz tienen la misma naturaleza. Esto no es tan evidente, y mucho menos para mis estudiantes, pues algunos logran diferenciar sus efectos, pero los distancian demasiado, por otra parte, otros los ven como sinónimos básicamente.

Situación D: ¿Qué es la radiación?

Esta situación se centra en la pregunta ¿Qué es la radiación? La cual es compleja de abordar aún para personas de ciencia, pero que en esta propuesta tiene la intención de identificar si el estudiante, relaciona esta de algún modo, con toda la temática central de la actividad...el vínculo entre la radiación y el sol.

En este sentido, no esperaba que los estudiantes me dieran una definición sobre la radiación, más bien buscaba identificar qué palabras asocian a la radiación y, de hecho, con todo el desarrollo de esta fase inicial, suponía que mencionarían algunas de las palabras antes empleadas como calor-sol- luz-color, brillo para describir la radiación.

Con esta introducción retomaremos la pregunta inicial de las cuatro situaciones. ¿Para los estudiantes, tendrán algún vínculo las palabras temperatura, color y radiación con el sol?

En este proceso, cada estudiante compartió su idea de radiación con la clase.

*Christopher: Profe para mi tiene que ver **con la toxicidad**.*

*Saraí: Peligro, porque siento que puede llegar **hacer mucho daño** o matar a alguien.*

*Michelle: Profe yo diría que **electricidad**.*

Si recordamos la intención de esta parte inicial era identificar esas relaciones entre sol-radiación. Pero, en su lugar aparecieron palabras que no habían sido mencionadas previamente, como, toxico, peligroso, electricidad entre otras y en coherencia con lo que hemos venido hablando, esto es el reflejo de la experiencia cotidiana que tienen los estudiantes. Entonces, resulta interesante tratar de comprender como los estudiantes establecen un vínculo con la radiación en función de los posibles contextos como noticias u otras fuentes, pues en su mayor parte ellos asocian la radiación con algo negativo. Yo, podría especular que es este el resultado de la similitud lingüística y estrecha relación física, entre la radioactividad y la radiación, que tal vez en redes sociales por medio de los acontecimientos como “Chernóbil” o “la bomba atómica” se tiene esta relación sobre algo peligroso, además desde un contexto cotidiano personalmente he escuchado personas mencionar que la radiación es la que produce el cáncer. Entonces experiencias como estas son las que podrían permear la experiencia y en si el entramado de relaciones que tienen mis estudiantes sobre la radiación.

Pero ¿Realmente es la radiación algo peligroso? O ¿A qué tipo de radiación hacen alusión los estudiantes cuando se habla de toxico y peligroso? Preguntas que los mismos estudiantes, se cuestionaron al finalizar la ruta de experiencias. También me parece interesante preguntarme por el hecho de ¿Por qué los estudiantes no asocian la radiación con el sol? Esta última pregunta puede estar permeada por el hecho de que mis estudiantes desconocen la red de significantes que ha tejido la humanidad alrededor de esta palabra, que tal vez yo como docente asocio con facilidad y de hecho se me dificulta desligar la palabra sol y radiación.

Entonces es pertinente decir, que es necesario que durante el desarrollo de esta ruta de experiencias se logren construir unas organizaciones semánticas, que posibilite en enlazar de alguna forma concreta las palabras sol y radiación para los estudiantes.

Fase 2: Caracterización de la radiación.

En esta segunda fase, es necesario recordar 3 aspectos. El primero es que la radiación y la radiación térmica en concreto, está vinculada a unas características que según lo presentado por Planck., M. (1914) se **emite, absorbe y propaga**. De hecho, esa propagación tiene unas características bastante interesantes, que comparte con la radiación visible (Luz visible), y como tema de discusión particular en la fase 1, aquí serán ampliadas. Entonces, estas son características de la radiación, que predominaran y guiaran como ya se ha venido mencionando, esta fase.

El segundo aspecto es considerar que las concepciones de los estudiantes tienen elementos observables y elementos no observables, en este sentido la organización semántica es algo complejo de visualizar o reconocer, considerando que la organización es un entramado de relaciones entre los diferentes significantes que le dan sentido a un concepto, dándole un sentido contextual y evolutivo, que recordemos se origina con base a una problematización.

En este sentido, si queremos enriquecer esa organización semántica del estudiante. Tenemos que enriquecer con elementos de soporte, que él pueda vincular a la radiación, Elementos que abstraeremos de Planck (1914), Gamow G (1940), Herschel (1912), Kirchhoff G.R (1901).

Finalmente, y como tercer aspecto, vincularemos la forma en la que se realizará el enriquecimiento de la experiencia, y como se ha venido discutiendo en capítulos anteriores, a partir de la experiencia el estudiante ira organizando y dándole un sentido, lo que posibilitara la construcción del fenómeno de la radiación. Sin embargo, como este apartado busca principalmente enriquecer la experiencia del estudiante de forma sensible, se propondrán dos tipos de experimentos como centro de la actividad en el aula de los cuales hemos venido hablando, los experimentos discrepantes permitirán que las organizaciones semánticas del estudiante se vean perturbadas, lo que propiciara una movilización y con ella enriquecimiento y nuevas construcciones. También utilizaremos experimentos caseros, con la intención de que los estudiantes profundicen en variaciones propias que posibiliten la transformación del fenómeno y con ello su propia concepción.

Experiencia E: propagación (relación de distancia) ¿la radiación térmica se puede propagar de forma infinita?

Para introducirnos en esta actividad, vamos a recordar que desde la profundización disciplinar realizada, se pensó en la construcción de una experiencia sobre propagación de la radiación para ser replicada en el aula con el carbón, pues por el contexto y edades de los estudiantes, resultaría un poco peligroso la manipulación de velas. Entonces, la intención de esta actividad experimental en el aula es abordar con los estudiantes las propiedades y formas en las que se propaga la radiación y como se logró evidenciar desde la experiencia desarrollada por el docente, sin importar cual sea mi objeto emisor, los efectos de propagación serán los mismos. Por esta razón, se realiza la experiencia con la vela y el carbón. Porque se convierte en algo necesario, pues se logró evidenciar en la fase 1 que hay estudiantes que vinculan y otros que desligan los efectos térmicos y lumínicos sin mayor claridad.

Entonces, realizar esta experiencia con objetos emisores como la vela y el carbón, permitirá construir relaciones o establecer diferencias entre estos efectos de calor y luz. También, con apoyo de un experimento mental se posibilita de forma transversal, reconocer que los conceptos de sol y radiación tienen alguna relación, que para mis estudiantes hasta este punto no existe aún.

Por otra parte, se esperaba que los estudiantes ampliaran su experiencia, de tal forma que logran identificar que los rayos que emana una vela y el sol son similares, y como tal nos permitirá comprender los comportamientos térmicos de los planetas, alrededor del sol. Tal como el de un grupo de personas alrededor de una fogata.

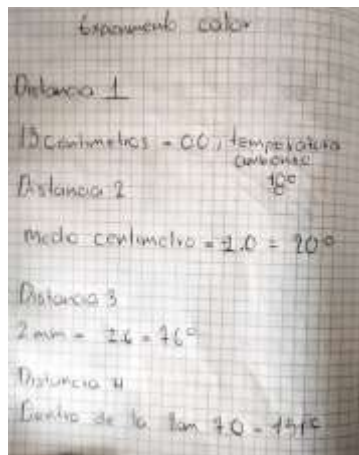
Finalmente, he de mencionar que la actividad se desarrolló en una sesión de dos horas, en la primera hora se realizó la actividad experimental, donde se midió la temperatura al redor de la vela en primer lugar, con la intención de contrastar esas ideas que vinculan la radiación térmica y visible. En segundo lugar, la temperatura alrededor del carbón, con la intención de empezar a desvincular los efectos de la radiación térmica y lumínica. Las mediciones se realizaron con apoyo de la termocupla y termómetros. (como lo muestra la figura 23)

Figura 23. Montaje experimental en el aula (propagación de la radiación). (Fuente: elaboración propia)



Cada estudiante tuvo la libertad de tomar datos y organizarlos de la forma que creyera pertinente, una evidencia de esta organización se presenta en la figura 24

Figura 24. Organización de datos (Experimento calor). (Fuente: elaboración propia)



La segunda parte, fue el desarrollo de una guía que se muestra en la figura 25 (Anexo B) que buscaba proponer experimentos mentales, con la intención de relacionar la experiencia que acababa de tener el estudiante con sus organizaciones semánticas, para que estas se movilizaran y se realizará un proceso de construcción de conocimiento, a través de la presentación de situaciones en un relato llamado “Andrés y el problema del calor” donde el estudiante participa de forma directa.

Figura 25. Guía de propagación de la radiación



Para iniciar, presentaré una situación que se desarrolló durante la primera parte de esta actividad (*Experimento con carbón y velas*), que podría ayudarnos a comprender cómo estaban pensando los estudiantes alrededor de las relaciones entre los efectos lumínicos y térmicos, durante el desarrollo de la actividad experimental:

1. *El carbón se activa y empieza a emitir de forma visual humo para los estudiantes y ellos reconocen que está encendido, también por medio de los termómetros. Sin embargo, en algún momento deja de generar humo e irradiar el tono rojizo.*
2. *Yeiner: Profe ¿por qué se apagó?*
3. *Profesor: Se apago... ¿el celular?*
4. *Yeiner: No profe, el carbón.*
5. *Profesor: ¿Estás seguro de que se apagó? Los voy a invitar en orden, a que ustedes sientan de cerca y me comenten si realmente se apagó. ¡No lo van a tocar!*
6. *Yeiner: ¡sí! Se siente muy caliente, o sea la llama está invisible.*

Voy a iniciar contrastando la pregunta que realiza Yeiner cuando solo ve el carbón y piensa que este está apagado, pues no hay indicios visuales de que esté emitiendo radiación térmica. Entonces para Yeiner el hecho de que no exista un efecto lumínico automáticamente omite un efecto térmico y es que con la fase 1, reconocemos que para algunos estudiantes se asocian las ideas de fuego-luz y calor como un solo ente, como sinónimos. Lo que nos puede generar una brusca simplificación de nuestra organización semántica. Sin embargo, con esta actividad buscábamos establecer esas relaciones, pero de la misma forma empezar a diferenciar los efectos de la radiación térmica y

visible. Luego de que Yeiner siente el carbón un poco más de cerca, cambia su idea y menciona “*¡sí! Se siente muy caliente, o sea la llama está invisible.*” Y es particularmente interesante para mí, contrastar esta línea, pues refleja ese esfuerzo cognitivo que trata de realizar Yeiner, para desvincular las palabras Fuego-Luz-Calor, asociando de hecho a la existencia de una llama invisible. Se podría concluir que Yeiner ha empezado a desvincular de cierta manera los efectos térmicos y lumínicos. Con el fin de ampliar esta idea en el grupo se pregunta por *¿Cómo sabes que el carbón está caliente o frío?* Donde, la respuesta se empieza a hacer “Obvia” en el salón, después de acercarse al carbón y sentir sus efectos.

1 Michelle: -profe porque si acerco la mano se siente que está caliente.

Entonces, para este punto los estudiantes empiezan a reconocer que no es necesario que exista la presencia de luz visible para que un objeto tenga altas temperaturas, básicamente se logran diferenciar los efectos sobre la materia. En este sentido, luego de la experiencia de la vela y el carbón se pregunta *¿El calor que emana el carbón es igual o diferente al de la vela?* Esta pregunta tiene un sentido propio y es contrastar esa diferencia entre los efectos térmicos y lumínicos, con base a la situación que se viene presentando.

-Saraí: - Para mí son iguales, la diferencia es que uno es visible y el otro no. Pero ambos son perceptibles a cierta distancia.

y se desarrollan unas clasificaciones bastante interesantes, entonces existe “un calor” que se puede ver y otro que no. Ahora si lo traducimos a un lenguaje más especializado, cuando la radiación térmica emitida no tiene la suficiente energía, se emite en longitudes de onda que no son visibles para nuestros ojos. Sin embargo, cuando tiene la suficiente energía se logra emitir en el espectro visible para nuestros ojos. Ahora lo que menciona Saraí no tiene ninguna relación con la energía, pero ha logrado establecer una clasificación de los efectos térmicos.

Entonces... surge una pregunta que enlazará la actividad escrita *¿Es el calor del carbón y la vela, similar, igual o diferente al que emite el sol?*

-Yeiner: Es igual profe, porque hay algunos planetas que no les llega la luz ni el calor, el carbón es casi igual como el sol, porque, así como el carbón cuando no se ve se siente el calor en algunas partes.

Con esta narrativa hemos logrado realizar un tránsito y en teoría mentalmente Yeiner ha realizado una artificialización del sol por medio de un carbón, a tal punto que logra establecer unas analogías

que personalmente me sorprendieron, pues explica como la radiación solar se propaga en nuestro sistema solar, explicando la razón por la cual los planetas más alejados al sol son más fríos que los más cercanos. Ahora, de Yeiner podemos especular que está en un proceso conceptual donde trata de diferenciar los conceptos de luz y calor. Pero... ¿Por qué quiero separar estas ideas? Lo considero necesario, porque ayudara a reconocer no solo la naturaleza de estos dos, si no de la radiación en general.

Luego, se desarrolla la guía donde expondremos algunas preguntas contextualizadas en situaciones diferentes. Como primera pregunta que enlaza la actividad anterior *¿Por qué si nos alejamos de una fogata sentimos frío y si nos acercamos tenemos una sensación más cálida?* Pregunta que tiene la intención de que los estudiantes organicen su experiencia reciente del carbón y la vela. Donde encontramos respuestas como la que se evidencia en la figura 26 y 27:

Figura 26. Evidencia (1) de la respuesta de Laura romero

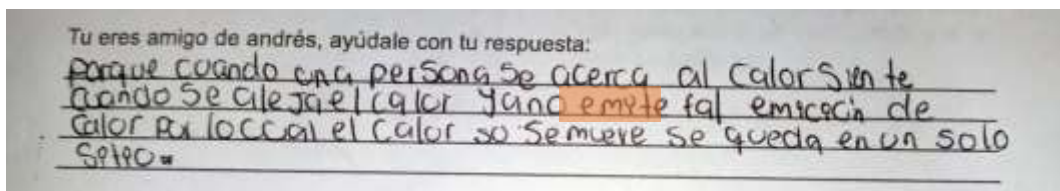
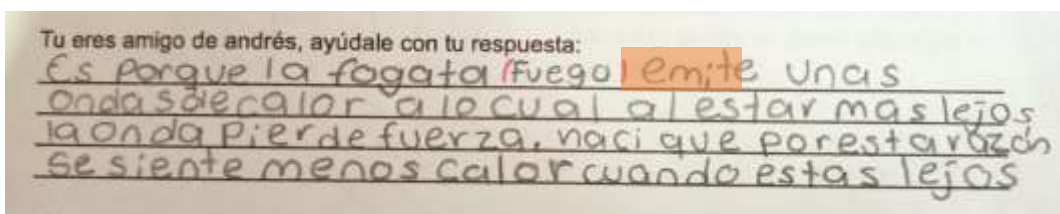


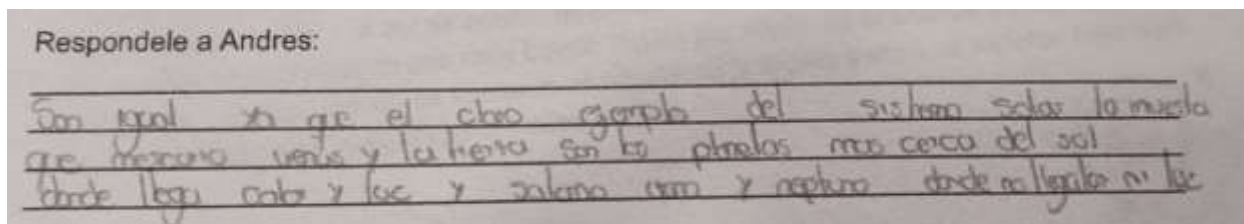
Figura 27. Evidencia de la respuesta de Valentina Parra



Donde podemos encontrar palabras que inician a articular a sus explicaciones como: *Emisión, distancia, potencia, ondas de calor, transmitir, fuerza*. Sin embargo, quiero centrar la atención en la palabra *emisión*, pues esta se articula a la idea de que el fuego emite calor, entonces el sol también emite calor. Pues esta idea contrasta con la siguiente pregunta. *¿Los rayos de sol y los rayos de la fogata son los mismos o parecidos?*

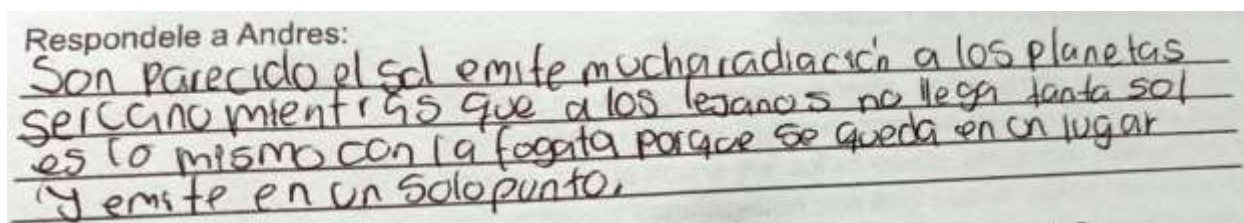
Donde, debo resaltar que una gran parte de los estudiantes encuentran que estos rayos o son los mismos o son muy parecidos, de hecho, prima la idea de que la diferencia es la “fuerza”, “cantidad” o “magnitud” de estos rayos. Pero indagemos sobre algunas respuestas en concreto, como la de David Romero (Figura 28)

Figura 28. Evidencia respuesta David Romero



Él contrasta el ejemplo del sistema solar, mencionando que los planetas más cercanos son mejor iluminados y cálidos, a diferencia de los planetas más lejanos, los menos iluminados y más fríos. Aquí David, posiblemente no solo establece una relación entre los rayos del sol y los de la fogata, sino que también vincula los rayos de luz y calor en su explicación, mencionando que ambos se propagan de la misma forma. Sin embargo, aunque se propaguen de la misma forma, él se toma el tiempo para diferenciar los rayos de luz y los rayos de calor, pues con las experiencias anteriores ya existe un criterio para diferenciarlos. Por otra parte, Laura menciona lo que referencia la figura 29:

Figura 29. Evidencia (2) de la respuesta de Laura romero



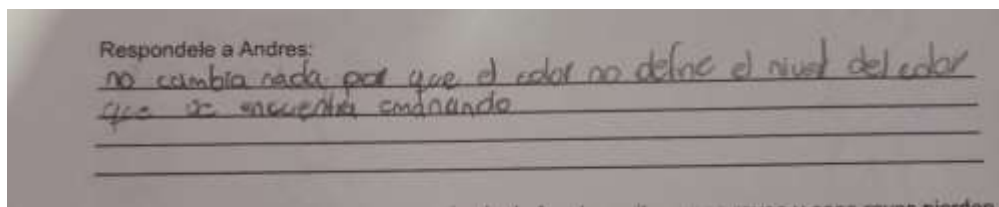
En lo que menciona Laura quiero contrastar cuando menciona que “el sol emite mucha radiación a los planetas cercanos mientras que a los lejanos no llega el sol. es lo mismo con la fogata.” Ella establecer una hipótesis y es que parece que Laura habla del calor y luz como radiación, y de hecho en el apartado final habla de que no llega el sol, contrastando posiblemente que los rayos del sol son radiación. Me parece interesante lo que menciona la estudiante pues, aunque no sea consciente

propiamente de estas relaciones se empieza a hacer evidente la movilización cognitiva de sus ideas, por medio de estos vínculos, que se irán enriqueciendo a través de esta ruta.

Finalmente, contrastaremos unas pequeñas ideas sobre el color que tienen los estudiantes que considero importantes, y es que a raíz de la similitud entre los rayos que emite el sol y los rayos que emite la fogata, es pertinente preguntarse por el color emitido por estos cuerpos, por ejemplo, de la estufa, pues su llama es azul y la del sol para mis estudiantes es de color amarillo, entonces *¿El color no los hace diferentes?* Esta pregunta tiene un trasfondo que busca reconocer, si mis estudiantes realmente atribuyen la propiedad del color a los efectos térmicos, o si esta de hecho está desvinculada.

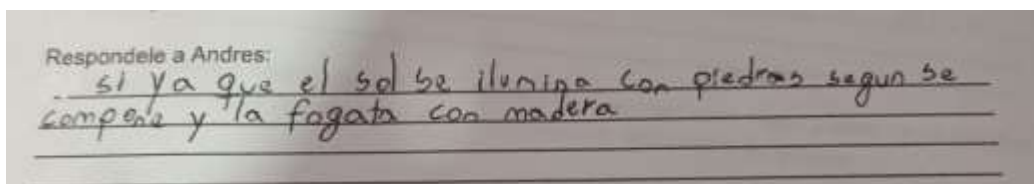
Pregunta que Saraf responde de la siguiente forma (figura 30):

Figura 30. Evidencia de la respuesta de Saraf



Y es que para la mayoría de mis estudiantes el color no tiene nada que ver con el calor emitido, de hecho, lo dejan muy claro por medio de sus propias explicaciones. Como se logra evidenciar en la imagen. Sin embargo, se generan una agrupación en términos de esta relación. Pues para algunos estudiantes, existen un cambio y para otros no. Pero este cambio no está relacionado con el “calor” o hablándolo de la forma apropiada la temperatura. Este cambio de coloración estaría asociado a la fuente que origina “el calor” como lo menciona Christopher (Figura 31):

Figura 31. Evidencia de la respuesta de Christopher



Entonces a nivel general, ningún estudiante asocia que el color puede evidenciar una temperatura. Asocian en gran parte el color a aspectos en la composición química, que claro debe tener un

trasfondo en sus clases de química. Ahora, como no existe un vínculo entre el color y la temperatura para mis estudiantes, la siguiente etapa de la fase, posibilitara que se empiecen a establecer ciertas relaciones.

Experiencia F: Absorción ¿Cómo puede un cuerpo alterar su capacidad calórica en función de su color?

Partiendo de la experiencia realizada por el docente, es importante recordar que la radiación absorbida por dos objetos será la misma, cuando se mantienen las mismas condiciones en todas las variables que pueden alterar el coeficiente de absorción. Sin embargo, buscamos replicar de una forma más visual para los estudiantes los efectos de absorción de la radiación térmica, cuando variamos las longitudes de onda absorbidas por los cuerpos. Por ejemplo, cómo en el experimento desarrollado por el docente en la profundización disciplinar, pero debemos tener en cuenta que los datos y las comparaciones se debe realizar por medio de una termocupla o un termómetro. Sin embargo, por la experiencia del carbón, he reconocido que los efectos sensibles medidos por instrumentos no resultan ser tan relevantes para mis estudiantes, es diferente y más atractivo de manera cognitiva cuando ellos pueden determinarlo a partir de efectos más “vistosos”.

Teniendo en cuenta los aspectos mencionados y el objetivo de esta experiencia enmarcado en reconocer, que los colores pueden tener diferentes temperaturas, se propuso una actividad experimental casera guiada por medio de un instructivo de laboratorio. (Figura 32) (Anexo C)

Figura 32. Evidencia guía de laboratorio (Absorción de la radiación)



Donde utilizarían dos cuerpos del mismo material (Cartón paja) pintados de dos tonos diferentes, uno color negro y otro color blanco, para observar los efectos de la absorción de la radiación en cada trozo de cartón paja ubicándolos directo a los rayos del sol por un mismo periodo de tiempo, pusieron hielos de iguales tamaños sobre cada cartón paja. A continuación, observarían cual se derretiría primero y este factor de “derretimiento” será el punto de medición para establecer sus conclusiones y relaciones. Un ejemplo del experimento se puede apreciar en la figura 33

Figura 33. *Actividad experimental de Juan*

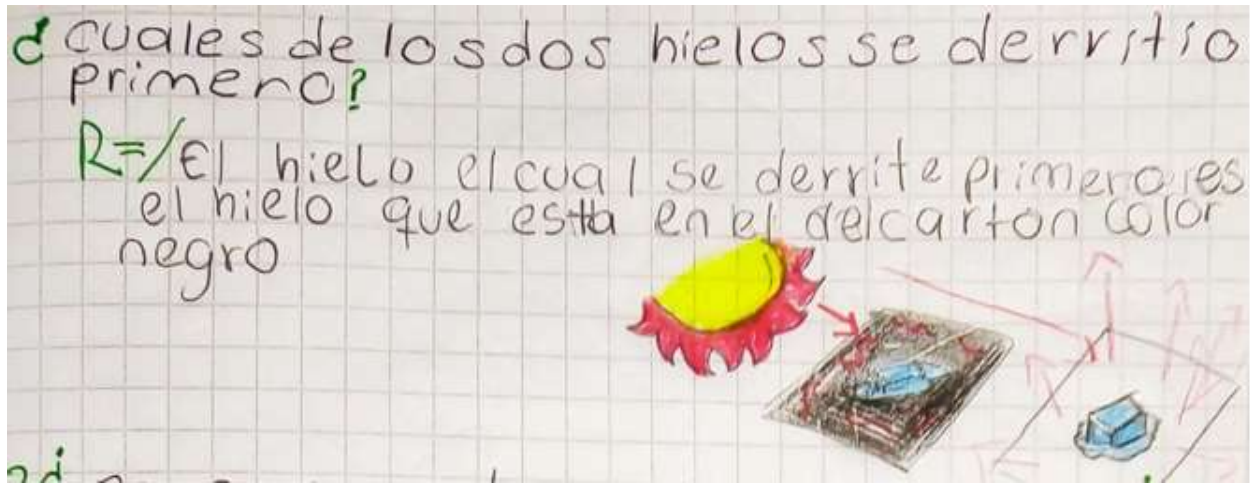


Estas relaciones se concretaron por medio de una serie de preguntas que se encontraban al final del instructivo. En este sentido mientras se desarrollaba la actividad me preguntaba ¿Cómo relacionaran los estudiantes los colores y la radiación térmica absorbida?

Para empezar, es importante mencionar que durante el experimento casero un par de estudiantes pintaron de color rojo y azul algunos cartones, con la intención de evidenciar los efectos en estos colores, lo que para mí gratamente evidencia una variación al experimento propuesto con la intención de buscar más respuestas, respuestas que pueden permitir nuevas organizaciones semánticas en este proceso.

Ahora, para exponer las principales ideas que se lograron percibir en el transcurso de esta actividad que concretaron los estudiantes sobre el color y su relación con el calor, vamos a reconocer que todos los estudiantes identificaron que el color es la causa principal para que los hielos se derritan en diferentes tiempos, de hecho, Valentina nos muestra por medio de una breve explicación (figura 34), escrita y gráfica una serie de elementos que entraremos a analizar.

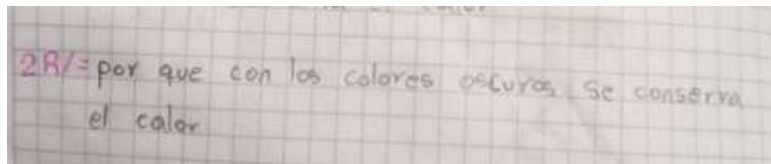
Figura 34. Valentina Parra: sobre la absorción



De forma escrita valentina establece la evidencia de lo que observo. Sin embargo, quiero que observemos la representación gráfica que ella realizo pues me resulta interesante, nótese las líneas que ha realizado para representar “algo”

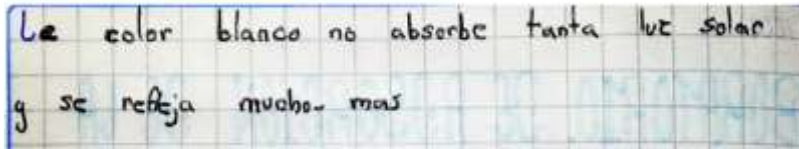
Para analizar que son estas líneas, miremos el origen, y es que estas salen del sol, entonces estas líneas pueden representan los rayos del sol que particularmente en el cartón blanco parece que salieran, entonces se muestra que llegan los rayos del sol al cartón de color blanco, pero este aparentemente los repele, sin embargo, esto mismo no sucede en la de color negro, pues estas líneas rodean el cartón, como si se quisiera mostrar que el “calor se quedara” en esta situación. Esta idea que nos muestra valentina, parece ser un común denominador en los estudiantes. Por ejemplo, Michelle responde a la razón por la cual el hielo se derrite en el cartón negro (figura 35).

Figura 35. Michelle sobre la absorción



Y Juan responde al motivo por el cual el hielo del cartón blanco demora más en derretirse (figura 36).

Figura 36. Juan sobre la absorción



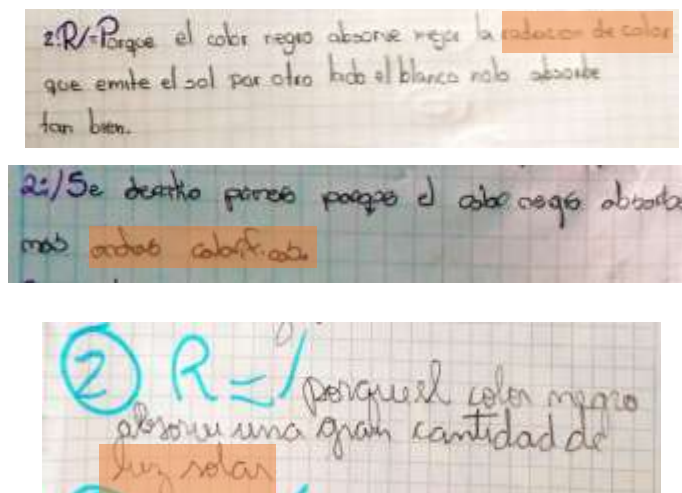
Le color blanco no absorbe tanta luz solar
y se refleja mucho mas

Donde se contrastan esas ideas expuestas en el dibujo. Entonces los estudiantes reconocen que existe algo diferente en términos de los efectos térmicos que está relacionado con el color.

Ahora, físicamente hablando el color blanco está compuesto por todas las longitudes de onda visibles, en teoría el color blanco refleja “todas” las longitudes de onda del espectro visible, sin embargo, el negro es todo lo contrario, en este sentido el color negro absorberá casi en su totalidad esas longitudes de onda que refleja el cartón de color blanco. Lo que se traduce en los efectos que logran ver los chicos.

Pero quiero ir un poco más allá, y quiero que observemos detenidamente los términos que utilizan los estudiantes para hablar de la radiación, Juan lo menciona como “Luz Solar” y Michelle como “Calor”. Que son ideas vinculadas a las sesiones anteriores, pero que ahora son sobre nombradas por sus efectos, “Luz **Solar**” reconociendo que ese solar puede estar haciendo alusión a la radiación térmica. En este sentido quiero mostrar como mis estudiantes, han llamado a eso que absorben los cartones (figura 37)

Figura 37. Explicaciones de la absorción en el experimento



2/R/ Porque el color negro absorbe mejor la radiacion de calor que emite el sol por otro lado el blanco solo absorbe tan bien.

2i/ Se desahita por eso porque el color negro absorbe mas ondas calientes.

2 R = / porque el color negro absorbe una gran cantidad de luz solar

Quiero contrastar algo y es la transición de la palabra rayos de sol a radiación de calor, ondas caloríficas o luz solar, cada estudiante ha resignificado y dotado de una serie de elementos térmicos estas palabras, que desde mi perspectiva es la radiación térmica. Entonces algunos estudiantes de hecho ya empiezan a incluir la palabra radiación en su discurso.

Para concluir con esta actividad surge una pequeña charla entre dos compañeros.

Yeiner: ¿Profe ósea que el color negro es más caliente que el color blanco?

Michelle: Si Yeiner no ve que por eso se derritió el de color negro primero.

Discusión que deja ver dos cosas particulares con las cuales quiero concluir esta actividad. La primera que para los estudiantes ahora el color puede dar cuenta de efectos térmicos diferentes y la segunda que se han empezado a generar en este punto criterios que podrían verse reflejados en la actividad de la clasificación de las estrellas desde criterios de la absorción.

Experiencia G: Emisión ¿Que ven las gafas de visión nocturna?

Esta actividad fue abordada inicialmente desde una serie de preguntas orientadas a reconocer cómo es el proceso de visión (Físico), que básicamente es un recuento de tres aspectos que han sido centrales en esta ruta, la emisión, propagación y absorción de la luz visible. Que en coherencia con la actividad del color que se desarrolló en la sesión anterior, se refuerzan esas ideas que empezaron a crecer, donde el color negro absorbe la mayoría de la “luz” y el blanco la refleja. Esto se constató en una guía (figura 38) Anexo D, las preguntas estaban acompañadas de un experimento mental para que el estudiante empezara a movilizar sus organizaciones, cuestionándose que es el color cuando no existe la presencia de un objeto emisor de radiación

Figura 38. Guía de emisión de la radiación

EMISION DE LA RADIACION:

Nombre: _____ Curso: _____

Buen día exploradores, el día de hoy pondremos a prueba las habilidades de investigador, pero antes de iniciar con la actividad quiero preguntarte

¿Que es el color para ti? de hecho ¿Cómo puedes ver y distinguir los diferentes colores?

Perfecto, ahora haremos un experimento.

Ubicote al lado del interruptor de la luz de tu habitación, debe ser de noche y no deben haber otras fuentes de luz cerca, para que el experimento sea exitoso. Ahora busca (visualmente) un objeto de color rojo, miseto fiamento, ahora apaga la luz.

¿Puedes ver el color del objeto? ¿Por qué?

¿La luz tiene algo que ver con el color? o ¿la luz es el color?



Recuerdas que el color blanco no absorbe tanto calor, pero el color negro si absorbe casi todo.

Bueno las superficies absorben y reflejan "los colores" según sus propiedades, si la superficie es verde absorbe todos los colores menos el verde, el verde se refleja y llega a nuestros ojos.

Sin embargo esto sucede con nuestros ojos o cámaras normales. ¿Será que la cámara modificada observa el mundo de la misma forma?

Tipo de cámara	Cámara Modificada	Cámara Normal
Vista	Intensidad del Brillo: Color: Forma:	Intensidad del Brillo: Color: Forma:
Carbón	Intensidad del Brillo: Color: Forma:	Intensidad del Brillo: Color: Forma:
Listerno infrarrojo	Intensidad del Brillo: Color: Forma:	Intensidad del Brillo: Color: Forma:

Una vez has llenado la tabla responde las siguientes preguntas:

¿Por qué con la cámara modificada se ve más brillante la vista?

¿Por qué con la cámara modificada en lugar de verse el carbón se ve una esleta de luz?

¿Qué es lo que puede ver la cámara modificada que no puede ver una cámara normal o nuestros ojos?

Luego de esta actividad de identificación sobre el concepto de la palabra “color”, pasamos a la actividad experimental de comparación, que consistió en 2 momentos diferentes, un primer momento donde, los estudiantes con apoyo de bolsas negras cubrieron la ventana del salón. Seguido de esto, compararon lo que sus propios ojos veían y lo que se veía desde la cámara infrarroja, que estaba proyectada con apoyo del videobeam, experiencia visual que estuvo acompañada de preguntas orientadoras, por ejemplo ¿Qué hay de diferente en esos dos “ojos”?

(Figura 39).

Figura 39. Imágenes que contrastan la diferencia entre la cámara normal y la infrarroja









Para el segundo momento, los estudiantes tenían una tabla en su guía donde tenían que registrar la información sobre unas variables particulares (*intensidad de brillo, color y forma*). Tabla que

también se encontraba en la guía, y que se registraría a partir de la comparación visual que ellos establecían con la cámara térmica y sus propios ojos sobre 3 elementos emisores, esta actividad de observación estaba acompañada de unas preguntas que tenían la intención de desencadenar reflexiones y reconstruir sus propias vivencias a través del conocimiento de cada estudiante. (Figura 38)

Se observaron 3 objetos emisores diferentes que encontraremos a continuación, donde considero que es necesario mostrar lo que vivenciaron mis estudiantes en su momento, para entender la razón del asombro y diálogos que se presentaron en el desarrollo. (Figura 40)

Figura 40. Comparaciones entre la cámara modificada y la cámara normal (objetos emisores).
(Fuente: elaboración propia)

Emisor	Cámara Modificada	Cámara Normal (Ojos propios)
Vela		
Carbón		
Linterna infrarroja		

Cuando iniciamos con las diferentes preguntas, mi intención era identificar a que asociaban “el color” propiamente los estudiantes, porque en la sesión anterior ellos relacionaron algunos efectos térmicos al color, pero no nos preguntamos en ningún momento por ¿Qué es el color? O ¿Cómo podemos distinguir los colores?

En este sentido, encontramos diferentes ideas que se concretan en el mismo argumento. (Figura 41)

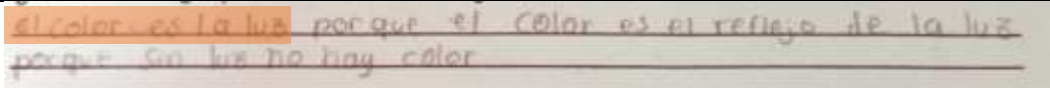
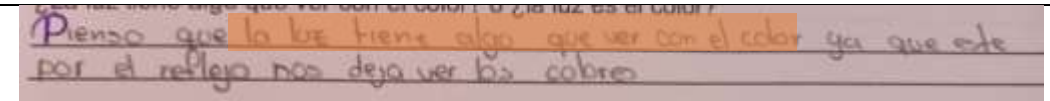
Figura 41. Ideas sobre el color

Estudiante	Idea
Juan Garavito	El color lo podemos ver porque los rayos de luz penetra al objeto y después al ojo humano, el color es a quello que tiene un objeto y le da vida.
Valentina Martin	con la luz es ejemplo: con las ondas que rebotan en las cosas así podemos verlas
Juan Camilo	Para mí el color es el rango de la luz y se pueden ver gracias al que el cerebro capta la luz dominante y se distinguen porque un color domina sobre los demás
Valentina Parra	El color para mí es algo que ay en cualquier lugar y lo podemos ver el color gracias a la luz ya que sin ella no se pudiera ver nada, y al ojo también en gracia, a los ojos y cerebro
Aliss	¿Que es el color para tí? de hecho ¿Cómo puedes ver y distinguir los diferentes colores? Son colores reflejados por los rayos del sol y creo que lo diferenciamos por nuestra mente
Yeiner	Por la luz que da el sol, refleja hacia la pared y llega a mi ojo y por eso vemos los colores

Para empezar, quiero contrastar esa relación que proponen algunos con los rayos de sol, posiblemente asociándolo a la experiencia de la absorción, pues si recordamos esta se realizó con los rayos del sol, entonces quiero hacer evidente la gran relevancia que tiene la experiencia sensible y significativa para los estudiantes. Ahora, sin empezar a profundizar en las ideas que cada uno expone, quiero centrar la atención en la idea más general. Esta idea es que el color está asociado directamente a un efecto de la luz, y de hecho a la propiedad de la reflexión de esta. Ahora, durante

el desarrollo de la actividad me preguntaba por ¿Qué tan relacionados están la luz y el color para mis estudiantes? Serán diferentes, iguales o similares. Y para responder a esta pregunta es necesario categorizar en dos ideas que predominaron en el grupo (Figura 42).

Figura 42. Categorías sobre la idea de luz-color

Luz - color (Cómo la misma entidad)	 <p style="text-align: center;">Aliss</p>
Luz - color (Como entidad derivada)	 <p style="text-align: center;">Yeiner</p>

En primer lugar, mis estudiantes asocian el color directamente con la palabra luz y utilizan esta relación para tratar de definir el color, he logrado identificar dos grandes grupos de ideas que contrastan lo mencionado, la primera cómo lo expresa Aliss, es que el color es un derivado de la luz que aparece solo en presencia de luz. La segunda como lo menciona Yeiner el color es la misma luz. Y resultan ideas que desde mi perspectiva se desligan de una experiencia cotidiana, es evidente que sus respuestas ya están permeadas por unos elementos significativos para ellos, entonces son definiciones que se presentan en un contexto diferente al cotidiano, en este caso un contexto científico de aula.

Pero, porque es importante para mí hacer evidente esta relación, desde mi profundización sobre la radiación, la palabra luz para mí abarca amplios efectos que comprenden de hecho la misma organización semántica que la radiación, entre algunos de estos efectos, los causados por la radiación visible y térmica que han mencionado los estudiantes de manera tímida. Para ejemplificar, hablaremos de una situación que se presentó cuando observábamos la ventana cubierta de bolsas de negras. Ante la pregunta ¿Qué logra ver la cámara modificada? encontramos una respuesta que quiero mostrar.

*Michelle: profe la cámara logra ver la luz que **absorbió la bolsa negra**.*

*Profesor: ¿o sea que **la luz fue la que derritió** los hielos y no el calor?*

*Michelle: si profe **esa** luz.*

Michelle toma elementos concretados en la sesión anterior, recordando que el color negro absorbe en mayor proporción la luz, en función de esta experiencia trata de explicar lo que está percibiendo a través de la cámara modificada y trata de dar explicaciones a la pregunta. Pero, con la pregunta del docente sobre la luz y los hielos, responde de una forma que me llama la atención, para ella la luz fue la que derritió los hielos. Sin embargo, ella habla de “ESA LUZ” como si estuviera refiriéndose a algún tipo de luz en concreto, ¿Qué tipo de luz será? A caso se estará refiriendo a la radiación térmica, claro esto es solo una especulación.

En este sentido, con las comparaciones entre la Cámara modificada y el ojo, empezaría a existir esa distinción de la que estábamos hablando entre estos “tipos de luz” y sus efectos sobre la materia. También, propiciaría que los estudiantes enriquecieran su experiencia principalmente sobre esta “luz invisible” y su relación con los efectos térmicos, de este modo reforzaremos la idea que ellos estuvieron construyendo.

Entonces, voy a presentar dos narrativas que nos van a dar cuenta de que mis estudiantes, si diferencian la luz y la categorizan de algún modo. Estas narrativas se presentaron, en la misma situación de la ventana y las bolsas negras.

*1. Yeiner: Yo pienso que **nuestra visión no logra captar toda la luz**, solo capta un fragmento y lo otro si lo puede captar la cámara, como por ejemplo profe **la llama del carbón que estaba invisible**.*

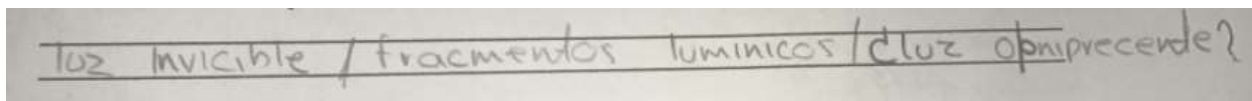
*Profe: Bien Yeiner me parece interesante, pensemos en eso. **Si yo apunto esta cámara modificada a un carbón**, ¿Cómo se debería ver?*

*Yeiner: **Brillante profe**.*

Aquí tenemos que detenernos, pues lo que menciona Yeiner demuestra no solo ese enriquecimiento y apropiación de la experiencia, si no una organización que está utilizando para

argumentar su respuesta, existen unos procesos cognitivos que al exteriorizarse se reconoce que existen, Yeiner ha realizado unos procesos cognitivos complejos, de los cuales no podemos estar seguros cuales son. Pero, con lo que exterioriza podemos concretar que, utiliza la experiencia del carbón (Donde sintió el calor que emanaba) para explicar que la cámara puede ver lo que el siente (Radiación térmica). Básicamente organiza sus experiencias anteriores, de tal modo que podríamos especular que para Yeiner la cámara modificada puede ver la radiación térmica, claro esto en mis propios términos, o como él lo ha bautizado. (Figura 43).

Figura 43. *Yeiner: nombrando lo que ve la cámara modificada*



2. Juana: *Yo pienso profe que la cámara modificada logra captar los rayos de luz menos fuertes*

Profe: A que te refieres con menos fuertes Juana

Juana: Que no logran llegar a la cámara normal o a los ojos.

En esta segunda narrativa, encontramos una llamativa forma de referirse a “esta luz”, pues de hecho se asemeja a la forma en la que expresa Herschel (1914). Sin embargo, sus construcciones son distintas, claro Juana se refiere a una Luz débil, que yo logro interpretar, considera que según la intensidad de la luz esta puede ser percibida por nuestro ojo, entre más intensa, más visible.

De hecho, yo podría ir un poco más allá, y decir que para Juana (figura 44) la luz débil posee efectos térmicos y la luz fuerte efectos visibles. Porque afirmo esto, ella atribuye como sinónimo la temperatura y la luz débil.

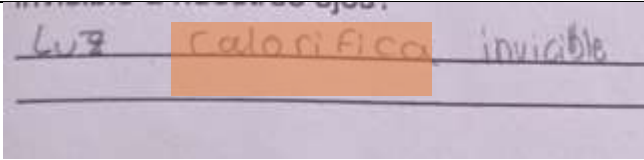
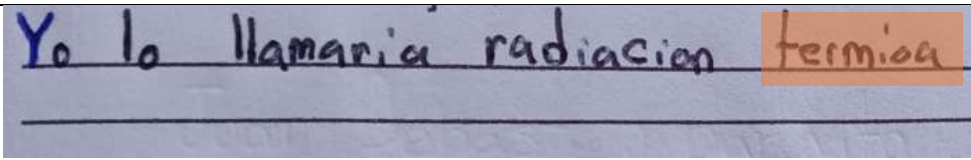
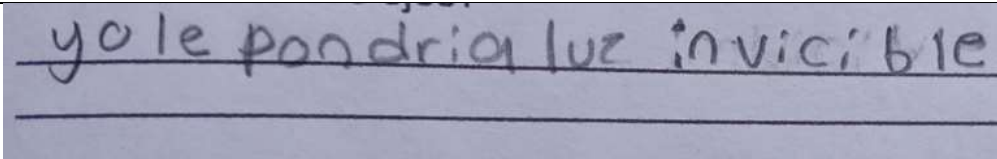
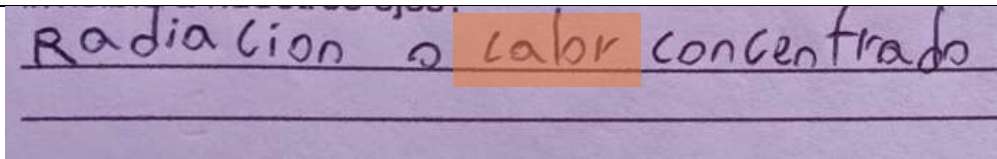
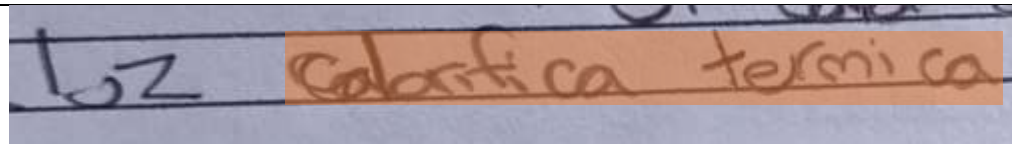
Figura 44. Imagen de la guía de Juana.

¿Qué nombre le puedes dar a eso que la cámara modificada puede ver, pero que es invisible a nuestros ojos?

Temperatura o luz débil

También quiero mostrar el nombre que le asignaron algunos otros estudiantes a aquella luz que percibe la cámara modificada (Figura 45).

Figura 45. Explicaciones de los estudiantes: ¿Qué ve la cámara modificada?

Estudiante	Nombre que le asigna a lo que ve la cámara modificada
Juan Camilo	
Juan Garavito	
Valentina	
Cristhoper	
Michelle	

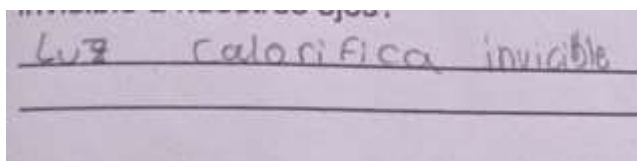
Con base en las expresiones que utilizan mis estudiantes para referirse a la radiación térmica, podemos concluir con algunas reflexiones frente a eso a lo que llamamos luz, pues comprende un amplio espectro de cosas que no imaginamos, entonces con lo que hemos venido trabajando los estudiantes de forma transversal han estado hablando de una tipificación lo que es la luz, claro tal vez aun no de forma consiente o tal vez sí. Pero si estamos seguros de que han establecido unas

relaciones alrededor de sus efectos y el cómo los perciben. Como lo podemos comprobar, con la forma en la que se refieren la mayoría, apoyando el nombre con el efecto sensible que ellos identificaron.

Pero con el anterior cuadro quiero hacer notar un aspecto que es sumamente importante, pasamos de identificar unos conceptos sobre calor y color iniciales a hablar de ambas como una luz visible e invisible. Entonces existe un tránsito en la forma de hablar de los estudiantes, y claro como lo hemos venido destacando en capítulos anteriores, esas nuevas palabras no son al azar, estas reflejan el enriquecimiento de la experiencia que hemos venido abordando a lo largo de esta ruta y esta distinción se empezó a hacer más evidente en el desarrollo de esta actividad con el experimento de la cámara modificada.

Ahora quiero contrastar la respuesta de Juan Camilo (figura 46), y quiero especular sobre ella para mostrar que la experiencia en el contexto de aula le ha permitido enriquecer sus organizaciones semánticas.

Figura 46. Juan camilo sobre el nombre que le asigna a la radiación térmica



Luz: Cuando habla de luz, posiblemente hace alusión a los efectos físicos sensibles que puede percibir con sus ojos

Calorífica: Cuando menciona este término, se evidencia la experiencia con el carbón, pues ellos reconocen esa sensación térmica y tiene tal relevancia que debe ser nombrada, pues es una cualidad muy importante para ellos en este “tipo de luz”

Invisible: Pues pienso que, como Yeiner, el reconoce que, aunque no puede ver “esa luz” pero existe y opta por llamarla invisible y es relevante significativo el hecho de que no la pueda ver.

En este sentido, esta expresión demuestra un amplio enriquecimiento de las organizaciones que yo especulo, tan solo por la superficie, claro deben existir muchas otras relaciones y muchísimo más profundas. Entonces, Fundamentado en todo lo anterior he construido un pequeño cuadro que resume las concreciones al final de esta actividad. Pues como lo he mencionado esa experiencia

contextualizada puede brindar un lenguaje no solo diferente, este lenguaje posee una red de relaciones que se han concretado alrededor de unas situaciones, de unas experiencias en unos contextos particulares, que se concretan en (Figura 47).

Figura 47. *Categorización de las construcciones de los estudiantes sobre la radiación*

Contexto	Nombre cotidiano (Mencionado por los estudiantes al iniciar la ruta)	Estudiantes en el aula (Construcciones durante la ruta)	Traducción del docente
Tipo de luz	<i>Calor</i>	<i>Luz invisible</i>	<i>Radiación infrarroja</i>
	<i>Color</i>	<i>Luz visible</i>	<i>Radiación visible</i>

Fase 3: Relaciones (Radiación y temperatura)

Para hablar de la fase 3, es importante recordar el trayecto que hemos recorrido a lo largo de la implementación de esta ruta, de esta forma será más claro entender algunas decisiones que se tomaron en la construcción e implementación de esta.

En la primera fase se identificaron los conocimientos que tenían los estudiantes antes de la implementación de esta ruta, en la fase dos enriquecimos la experiencia de los estudiantes, realizando diferentes experimentos que dieron cuenta de las características de la radiación (Absorción, emisión y propagación) de forma transversal se presentaron durante todas las fases preguntas y situaciones que siempre estaban vinculadas al sol, si recordamos partimos de la observación del sol y nuestra intención es finalizar esta ruta con una actividad que lo incluya. Téngase presente, que un objetivo que surgió durante la implementación de la fase 1, fue que los estudiantes logaran vincular la radiación de alguna forma al sol, y como ya se mencionó en apartados anteriores la razón es simple, el sol es nuestro eje y puente para construir las relaciones y enriquecer la experiencia. En este sentido, cuando pensamos en los elementos que han surgido alrededor de esta ruta y que cuando la construí en mi cabeza, no estuvieron presentes, han permitido evolucionar la ruta, mencionare los más relevantes.

- La ausencia de un vínculo entre el sol y la radiación.
- La percepción sobre la necesidad de luz visible para que exista calor.

- La distinción entre “luz visible” y “luz invisible”.

Cada uno de estos aspectos ha desencadenado unas decisiones que ya fueron relatadas. Ahora, mi intención no era que los estudiantes “tipificaran la radiación”, sin embargo, ellos lo realizaron y esto nos permite reconocer un amplio enriquecimiento de relaciones que han entablado mis estudiantes. Es ahora es en este punto, en el cual toma sentido que el sol sea nuestro eje articulador (figura 48), pues este será el puente en el cual podremos relacionar como varía la radiación en función de la temperatura. Si recordamos a Gamow (1940) la clasificación de las estrellas incluye esta relación.

Figura 48. *El sol como puente de relaciones. (Fuente: elaboración propia)*



Y es que las estrellas cuando alcanzan cierta temperatura particular emiten una específica longitud de onda de radiación visible, claro emiten todo un espectro de radiaciones entre ellas la infrarroja, pero quiero utilizar esta relación entre radiación visible y temperatura para desarrollar nuestra fase número 3. Entonces nuestro objetivo en el aula será enriquecer la relación entre la temperatura de un cuerpo y los efectos de radiación emitidos principalmente con la visible

Para esta fase final se tuvo presente el objetivo de orientar a los estudiantes a construir esa relación entre la temperatura de un cuerpo y la radiación visible que emite, en este sentido se pensó en Gamow (1940), quien habla de esta relación como un característica que nos permite clasificar las estrellas sin tener que medir la cantidad de radiación emitida por unidad de área, literalmente se menciona que “los cuerpos cuando se someten a un calor cada vez mayor emiten primero una radiación rojiza, que cambia a amarillenta, luego a blanquecina y finalmente a azulada a medida que la temperatura aumenta.” (p. 124)

Si reflexionamos alrededor de (la figura 14) podremos reconocer que tendríamos que llevar al aula un objeto que este sobre los 3000 grados Celsius de temperatura para observar los efectos de emisión de radiación visible, de hecho, necesitaríamos otros con 5000 grados Celsius o más para

comparar sus efectos. Sin embargo ¿Sería apropiado que mis estudiantes interactuaran con elementos de estas características de forma directa? Es evidente que no, y en este sentido se desarrolló la fase 3 de la siguiente forma.

Esta fase final tuvo una duración de dos sesiones, distribuidas en aproximadamente 4 horas en total, la fase 3 tuvo 3 momentos diferentes que se complementaron y distribuyeron de la siguiente forma.



Momento 1: Se realizó una actividad experimental de corte discrepante, donde se utilizó un bombillo alógeno que en este caso sería nuestro ente emisor de radiación, que se encontraba en un recipiente (cuarto oscuro) que impidió que se colara radiación proveniente del sol, de esta forma nos aseguraríamos de que solo observásemos los efectos de emisión del bombillo, en el interior agregamos un termómetro con el fin de medir la temperatura del bombillo y también se ajustaron en el interior dos cámaras, la cámara modificada y una cámara normal. Finalmente, el bombillo estaba conectado a un regulador que posibilitaba variar el voltaje, lo que permitía al docente variar la temperatura del bombillo y los efectos de emisión de la radiación. (Figura 49)

Figura 49. Montaje emisión. (Fuente: elaboración propia)



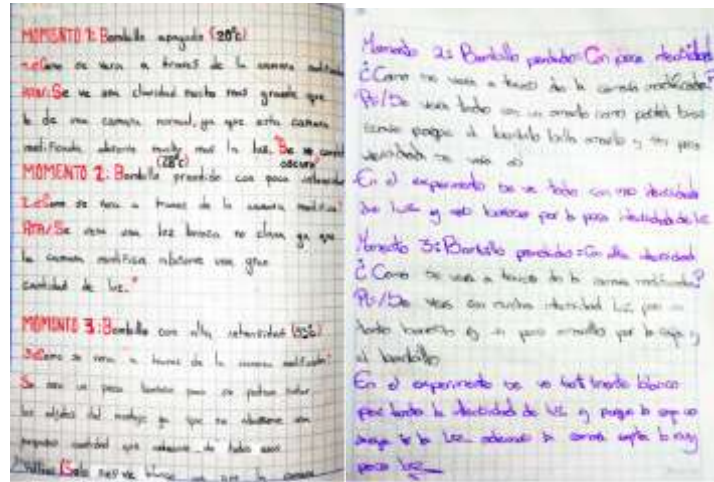
Entonces se realizó una actividad de observación, cuando el bombillo alógeno emitía radiación en baja, media y alta intensidad. (Figura 50)

Figura 50. Comparación visual sobre el voltaje (cámara modificada vs normal). (Fuente: elaboración propia)

Intensidad (Voltaje)	Cámara modificada	Cámara normal
Alto		
Medio		
Bajo		

Los estudiantes tomaron los datos y los organizaron según lo que podían observar, tal y como se logra apreciar en la figura 51




Figura 51. Evidencia, organización de datos de un estudiante



Con esta actividad de comparación la intención era que los estudiantes identificaran como variaba la intensidad de emisión en función de la temperatura, entre mayor es la temperatura, mayor es la cantidad de radiación emitida por el ente emisor. Pues, de hecho, la luminosidad también es un criterio para clasificar las estrellas.

Momento 2: Para este segundo momento, se quería enriquecer esas construcciones que han estado realizando los estudiantes, ahora de propiedades más visuales sobre la relación temperatura-color, sin embargo, como se ha venido mencionando, no es apropiado traer elementos al aula con tales temperaturas, y más por que la institución en la que se desarrolló esta investigación no contaba con un aula especial para el desarrollo de laboratorio. Entonces, a propósito del contexto, utilizamos un video que se convirtió en nuestra experiencia contextualizada, nuestro experimento virtual. A continuación, se presenta una tabla (Figura 52) que contrasta un resumen del experimento virtual

Figura 52. Imágenes organizadas del video (Relación temperatura-color). (Fuente: Video Canal Isael Muriana Temperatura del acero según su color⁷)

Temperatura (Celsius)	Imagen del hierro
700	
850	
1000	

⁷ Canal Isael Muriana (21 diciembre 2020) Temperatura del acero según su color [Archivo de Vídeo]. Youtube <https://www.youtube.com/watch?v=8BP7GeVQ3Zo&t=275s>

Y es que cuando miramos una experiencia tan cotidiana como para un herrero elevar las temperaturas de un hierro para forjar un hacha, para nosotros nos resulta una experiencia científica o experimento, cuando empezamos a observar ciertas variables particulares, en este caso la temperatura que alcanza el hierro y el color que emite, cuando abordamos estas variables en el aula con este video, enriquecemos de una u otra forma la experiencia del estudiante y ese es el sentido de este experimento.

Figura 53. Tabla de datos realizada por dos estudiantes sobre el video de relación color-temperatura.

Temperatura (°C)	Color
250	Barro de hierro azul
600	Empieza a color rojo
850	Color rojo
900	Color naranja
1000	naranja amarillento

Temperatura (°C)	Color
250	no cambia de color
600	rojo blanco
800	rojo
850	rojo naranja
900	naranja
1000	naranja amarillento

Las observaciones que cada estudiante realizo y constato en una pequeña tabla (Figura 53).

Momento 3: Finalmente, y luego de enriquecer la experiencia de mis estudiantes sobre las relaciones entre la temperatura-brillo y temperatura-color, es momento de concretar toda la experiencia que se ha venido construyendo en esta ruta por medio de 2 actividades escritas y orales, teniendo en cuenta que la organización semántica que se ha venido tejiendo, es tan compleja de reconocer, pero podemos interpretar e identificar algunos elementos y/o relaciones que en ella no existían antes.

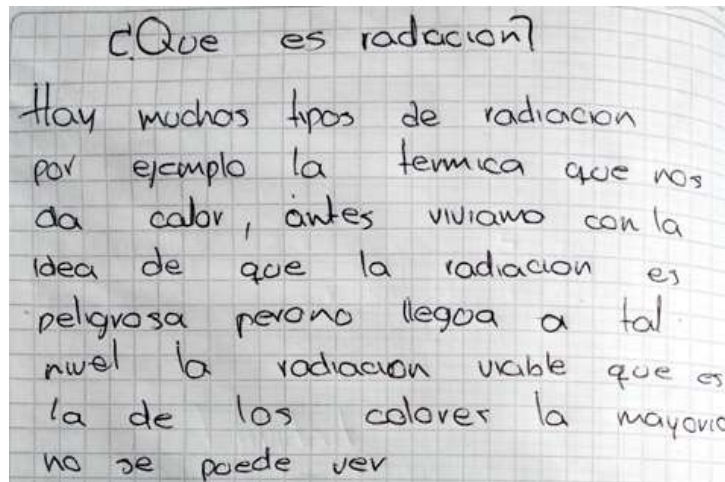
Entonces, cada estudiante ya tiene unos criterios propios que ha construido con base en su experiencia sobre la radiación y su relación con la temperatura, teniendo esto en cuenta, cada estudiante desarrollará una clasificación de estrellas, donde ilustrará cómo son las otras estrellas (figura 54).

Figura 54. Un ejemplo de clasificación estelar por parte de un estudiante



Por último, volveremos a la misma pregunta con la que partimos ¿Qué es la radiación? (figura 55) Con la intención de comparar y en ellos reconocer esas nuevas relaciones, ideas, conceptos que ha construido el estudiante.

Figura 55. ¿Qué es radiación?: Respuesta de un estudiante que ha cruzado la ruta



Mientras se desarrollaba el momento 1, cuando hacíamos el ejercicio de comparación entorno al cambio de intensidad, se presentaban algunas afirmaciones de los estudiantes, como la de Laura y Cristhoper que permiten reconocer como ellos ante una nueva experiencia buscan “articular” esa “nueva experiencia” a experiencias que han sido ya organizadas y quiero profundizar en esa idea de “articular”. Para demostrar lo que estoy mencionando vamos a analizar la narrativa.

Cuando los estudiantes visualizaron y compararon las situaciones del momento 1, lo primero que mencionaron cuando observaron el bombillo con el voltaje máximo en la cámara modificada.

Laura: Se ve así por la intensidad de la temperatura la cámara modificada puede captar cierta luz, por eso se ve blanco.

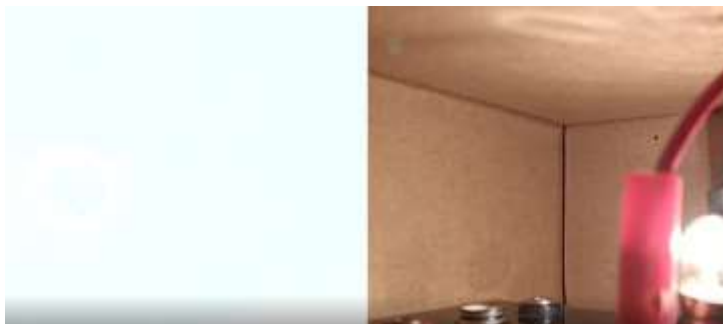
Cristhoper: Se ve más brillante luz en la cámara modificada por la cámara modificada solo detecta las energías térmicas, la otra cámara detecta la luz “luz”.

Laura y Cristhoper retoman aquellas ideas de la tipificación de la luz y de hecho ahora las utilizan de una forma que yo considero más apropiada, porque son nombradas por ejemplo como lo hace Cristhoper, cuando menciona las energías térmicas y la luz “luz”, en las dos afirmaciones se puede reconocer que ya hablamos de tipos de luz propiamente. Ahora, esto ya se venía tejiendo desde sesiones anteriores y Laura de alguna forma vincula uno de esos tipos de luz, puntualmente la que capta la cámara modificada, al incremento de la temperatura.

Entonces, resulta interesante para mi identificar la forma en la que ellos argumentan, pues intentan vincular lo que observan de forma inmediata a lo que ya tienen construido en su interpretación, en este sentido podríamos reconocer que la tipificación de la luz está siendo utilizada por los estudiantes para articular la variación de la temperatura, ese puente que realiza esa experiencia organizada y relacionada con el contexto, con toda esa concepción que ya tiene el estudiante, entonces existe una mediación entre la experiencia cotidiana y la experiencia científica, por medio del puente que el mismo estudiante ha construido, su propia interpretación de la experiencia.

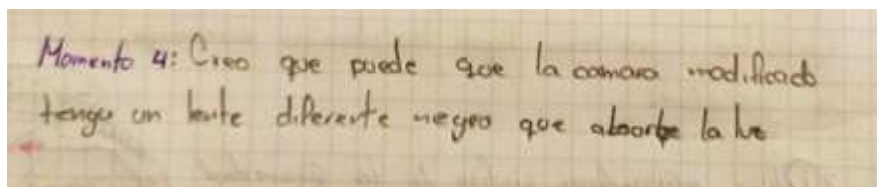
Otro ejemplo que resulta mucho más brillante y es la explicación de nos brinda Juan Camilo, para explicar la situación. En la que la cámara modificada se ve totalmente blanco y en la cámara normal se ilumina, pero no con tal intensidad.

Figura 56. *Alto voltaje (cámara modificada vs cámara normal)*



Y es que como lo vengo mencionando, se utiliza esa experiencia que ya hace parte de su organización semántica, para “articular” y explicar, en este caso retoma el argumento de la absorción, que desde mi perspectiva resulta razonable y de muestra el grado de enriquecimiento que tienen mis estudiantes sobre la radiación.

Figura 57. *Un estudiante especulando sobre el funcionamiento de la cámara (criterios de absorción)*



Yeiner establece una relación directamente proporcional, pues menciona que el incremento de temperatura está vinculado al incremento de luz, y estoy seguro de esta relación por aquel termino de causalidad que une ambas ideas “Cuando”, en este sentido aquí los estudiantes ya han empezado a realizar estas relaciones.

*Yeiner: El filamento **incremento su temperatura cuando incrementaba la luz.***

Ahora, me gustaría concluir esta sección enunciando que el momento tres, que precede a esta fase constituye parte del análisis focalizado, por tal razón esta sección será abarcada a continuación. Sin embargo, es necesario reflexionar sobre la intención de este capítulo, que fue mostrar el desarrollo de la ruta, donde existió un proceso simultáneo entre la construcción de experimentos y la del conocimiento, tanto del docente como de los estudiantes y es que con esta ruta se logra hacer visible, como una idea puede favorecer la articulación de otras y desencadena en la construcción o variación de una siguiente experiencia, constituyendo una serie de “experiencias” que tienen un sentido propio alrededor de la radiación.

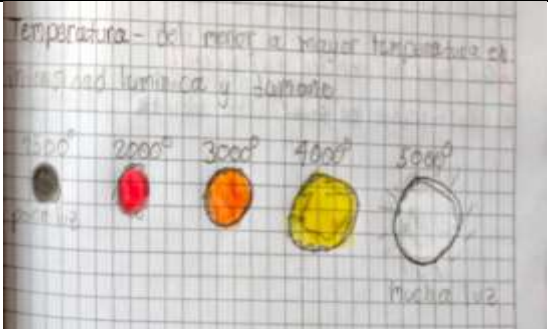
Antes de iniciar con esta parte del análisis final, es importante resaltar que, esta sección es presenta una forma de presentación diferente, con la intención de sintetizar y concretar elementos finales (figura 58), esto sucede porque es el lugar concreto donde pondrán en evidencia los estudiantes, la experiencia articulada en sus organizaciones semánticas.

La actividad de aula consistió en desarrollar una clasificación estelar, lo que nos permitió a razón de un problema observar por medio de su actividad de exteriorización (verbal y escrita) esas relaciones, movilizaciones o articulaciones a la organización semántica, pues un estudiante solo enlazará y movilizará sus explicaciones con base en sus experiencias “significativas” o con un sentido que ya ha sido vinculado a su concepción de radiación. Cabe resaltar que, con esto no quiero desmeritar el proceso desarrollado en el anterior capítulo, por el contrario, en este apartado se evidencia el proceso de construcción de dichas relaciones y articulaciones, que propiciaron lo que se presentará a continuación en el momento tres de la fase 3.

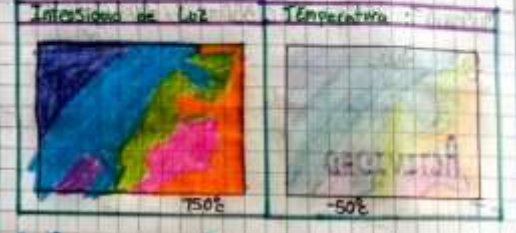
Sin más dilataciones, hablaremos del momento tres, donde se presentaron muchas situaciones e ideas asombrosas, que como docente me enorgullecería presentar. Sin embargo, exponerlas todas aquí resultaría extenso y complejo por la cantidad de estudiantes. En este sentido, solo presentaré las representaciones y definiciones que, desde mi perspectiva muestran diferentes criterios y organizaciones al momento de realizar la clasificación.


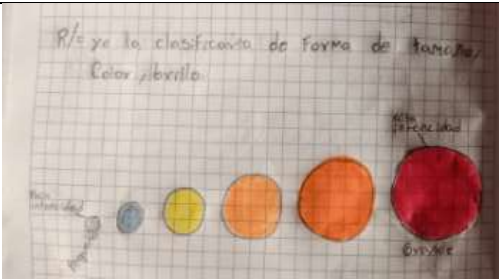
Cuando se les propuso a los estudiantes pensar en cómo lucirían las otras estrellas y cómo las clasificarían, surgieron algunos criterios particulares que cada uno construyó, se presentaron varias ideas y con base en ello organicé una tabla que sintetiza la evidencia, la narrativa del estudiante y mi interpretación de la base de la organización que ha desarrollado el estudiante.

Figura 58. Análisis de los criterios de organizaciones semánticas que articularon los estudiantes. (Fuente: elaboración propia)

Estudiante	Clasificación	Narrativa
Juan camilo		<p>4. Profesor: ¿Por qué la negra es la de menor temperatura y la blanca la de mayor?</p> <p>5. Juan camilo: <u>porque la negra no emite tanta luz y como va aumentando la intensidad de la luz hasta que brilla mucho.</u></p>

		<p>6. <i>Profesor: O sea que a medida que va incrementando la temperatura ¿Qué es lo que está sucediendo?</i></p> <p>7. <i>Juan camilo: va a aumentar su tamaño y también la intensidad.</i></p>
<p>Interpretación de los criterios</p>	<p>La clasificación de Juan Camilo me resultó interesante, pues él intento articular casi toda la experiencia vivenciada en esta ruta, pues los colores que expone y la forma en la que lo explica nos orienta a pensar esto. Ahora hagamos explícitas las experiencias que posiblemente está utilizando para clasificar.</p> <p>*Criterio de relación Brillo-Temperatura: Basándose en este criterio Juan Camilo estableció la estrella más fría como la menos brillante, y en consecuencia más oscura, por el contrario, señaló la más caliente como la más brillante, por tal razón la que más luz emite. Esta construcción que se expone en las líneas de la narrativa subrayada refleja la forma en la que el estudiante organizó la experiencia con el bombillo alógeno, y lo materializó en sus dos extremos.</p> <p>*Criterio de relación Color-Temperatura: Esta relación la utilizó el estudiante para construir esas estrellas intermedias, empleando la misma escala presentada en la experiencia del vídeo, entonces Juan camilo articuló esta segunda experiencia de forma coherente, claramente no es discrepante. Pienso yo que el hierro que se veía en el video no brillaba era oscuro, y posiblemente este pudo ser el punto para articular ambas experiencias.</p>	

<p>Juan Garavito</p>	<p>La clasificación para atravez de dos factores intensidad de luz y temperatura ya que con las experiencias realizadas se ve el cambio y el como se ve su luz y temperatura, entre sus temperatura mas intensidad de luz</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Profesor: Explícanos tu clasificación</i> • <i>Juan: Yo la hice de intensidad de luz y temperatura, a lo que yo me refiero es que entre más temperatura haya más intensidad va a haber, por eso se ve reflejado en el dibujo, entonces aquí los colores no se notan tanto porque no tiene temperatura como la otra.</i> • <i>Profesor: <u>¿O sea que el color no importa? Lo que importa es el brillo</u></i> • <i>Juan: <u>sí, profe.</u></i>
<p>Interpretación de los criterios</p>	<p>Aunque Juan no realizó propiamente una clasificación, si dejó claro algo importante y es el criterio a partir del cual clasificó las estrellas, presentado a continuación.</p> <p>*Criterio de relación Brillo-Temperatura: Al estudiante aparentemente, le resultó mucho más importante, significativa o interesante la experiencia con el bombillo alógeno. De hecho, me resultó intrigante la forma en la que no descartó el color, pero si omitió la variación de acuerdo con la temperatura. El hecho de no haber dejado de lado el color, hizo que lo articulara a su explicación, concluyendo que, la intensidad del color es la que varía conforme a la temperatura, es decir, entre mayor sea la temperatura, más intenso será el color.</p>	

Michelle		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Profesor: ¿Por qué el azul es el de menor temperatura?</i> • <i>Michelle: porque el azul me parece que es como neutro, <u>porque como se ven los hielos son azules y son fríos.</u></i>
<p>Interpretación de los criterios</p>	<p>Particularmente Michelle utilizó un criterio asociado a sus experiencias que yo asumo importantes, partiendo del hecho de que cuando alguno de mis estudiantes exterioriza una idea sobre otras es porque esta idea o es más significativa o realmente tiene una mayor relevancia para él. Por consiguiente, Michelle utilizó su experiencia cotidiana para construir esta escala.</p> <p>*Criterios de relaciones externas a esta ruta (con hielo y fuego): Este criterio tiene una gran relevancia, pues, aunque ella no utilizó la experiencia propiamente del aula, organizó su experiencia alrededor de la temperatura para realizar una clasificación de estrellas.</p>	
Valentina		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Profesor: Cuéntanos un poco de tu clasificación.</i> • <i>Valentina: Yo lo conforme por color, tamaño y brillo, por el color; el color menos intenso sería el de poca intensidad, porque no tiene casi temperatura y el de alta intensidad yo lo puse más grande y más temperatura.</i>

		<ul style="list-style-type: none"> • <u>Cuando la estudiante expresaba la razón de este orden, indicaba que cuando ella jugaba con una mechera, se dio cuenta que el sector de la llama de color azul tenía menor temperatura que el sector más rojo, esto lo detectó cuando pasaba rápidamente su dedo por los sectores de esta llama.</u>
<p>Interpretación de los criterios</p>	<p>Por otra parte, tenemos la clasificación que realizó Valentina, que resulta interesante, pues ella efectuó una organización de relaciones. Cuando ella explicó su clasificación tuvo presente que, a mayor temperatura, la estrella será más grande y tendrá mayor intensidad, (especulo que con intensidad se refiere a brillo), lo que se concreta en el siguiente criterio.</p> <p>*Criterio de relación Brillo-Temperatura: Ella configuró el color azul como el de menor temperatura y el rojo como el de mayor, en este sentido, aunque la relación de brillo y temperatura fueron organizadas de una forma similar a la que concretaron la mayoría de sus compañeros, ella articuló su experiencia propia con una mechera y dicha experiencia fundamentó el color de los objetos. Y es que aparentemente resulto más relevante ese experimento donde ella “sintió” de primera mano la variación del color en función de la temperatura que la experiencia vivenciada por medio del vídeo en clase.</p> <p>Para su clasificación, Valentina hizo empleo de un criterio de relación externo a esta ruta (colores de la llama), fundamentado en lo subrayado en el dialogo.</p>	

Con este cuadro, me gustaría resaltar que efectivamente la experiencia tiene un papel sumamente importante en la construcción del conocimiento, que es necesario que el estudiante articule las experiencias para que su organización semántica evolucione paulatinamente; esto es lo que se ha evidenciado en el capítulo anterior. Con esta estructuración quiero mostrar exactamente como algunos estudiantes movilizaron esas organizaciones semánticas articulando o desarticulando conceptos, ideas o relaciones. Frente a lo cual existieron 4 casos:

A. Los estudiantes articularon toda la experiencia para realizar la clasificación estelar, y una evidencia de ello es la clasificación que ha realizado Juan Camilo.

B. Los estudiantes seleccionaron una experiencia específica para la relación de la clasificación estelar, como por ejemplo la clasificación que estructuró Juan Garavito.

C. Los estudiantes articularon una experiencia de la ruta con una experiencia externa a la ruta para realizar la clasificación estelar, esto es evidente en la clasificación que ha desarrollado Michelle.

D. Los estudiantes utilizaron solo experiencias externas a la ruta. Por ejemplo, la clasificación construida por Valentina.

Respecto a esto, sea cual sea el caso, todos han organizado experiencias en función del contexto (radiación), las cuales les han permitido a los estudiantes organizar, articular y finalmente movilizar la organización semántica para exteriorizar clasificaciones tan particulares, lo que demuestra que con esta ruta se promovió la organización de diferentes experiencias concretadas en estas representaciones. Independientemente de la experiencia que fue organizada, esta se reorganizó para un contexto particular, lo que me permite inferir en la efectiva movilización de organizaciones semánticas, en otras palabras, la construcción del conocimiento sobre radiación.

3.3 Análisis de las organizaciones semánticas de los estudiantes sobre la radiación

Antes de realizar los análisis es necesario recordar qué es el término organización semántica y definir previamente los grados de organizaciones semánticas que lograron realizar los estudiantes, con la intención de enmarcar las ideas analizadas en la figura 59.

Ahora bien, la organización semántica es pensada en este trabajo de investigación como la columna vertebral de conceptos y relaciones entre estos, que ha construido un sujeto. Esta organización

semántica le permite establecer relaciones y organizaciones entre la información y la experiencia que llega a él. En otras palabras, es el “criterio único de organización” y es lo que delimita la concepción de un sujeto. Es importante aclarar que en este análisis sólo se busca reconocer y analizar las organizaciones semánticas asociadas al concepto de radiación.

En consecuencia, surgen unos grados de organizaciones semánticas que están en vínculo con la articulación de experiencias a sus organizaciones. Estas se logran visibilizar al comparar las expresiones y relaciones semánticas que verbaliza el estudiante cuando expresa su concepto sobre radiación. He clasificado 3 diferentes grados:

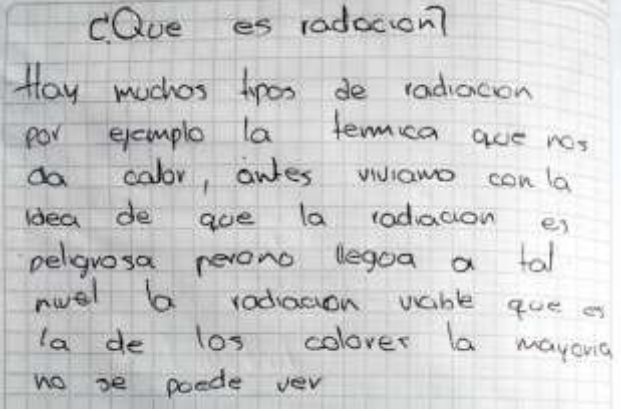
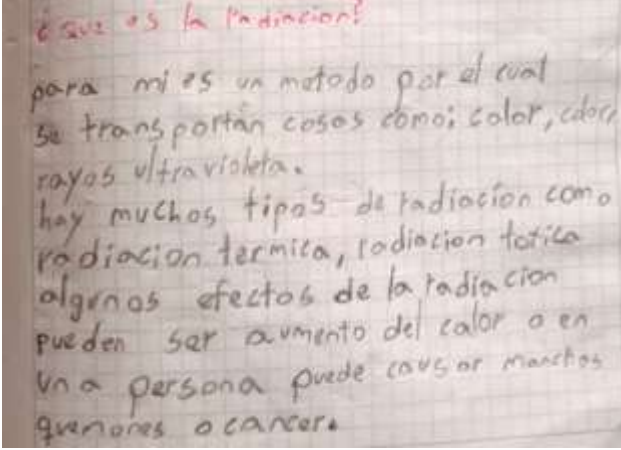
Organización de primer grado: El eje vertebral del concepto no se moviliza, solo se puede dar cuenta de una posible articulación de experiencias (Coherentes) que se vinculan al concepto en sí mismo (Consolidando esa coherencia), el criterio de organización no sufre cambios, y se refleja en la concepción del fenómeno, pues este no tiene grandes cambios.

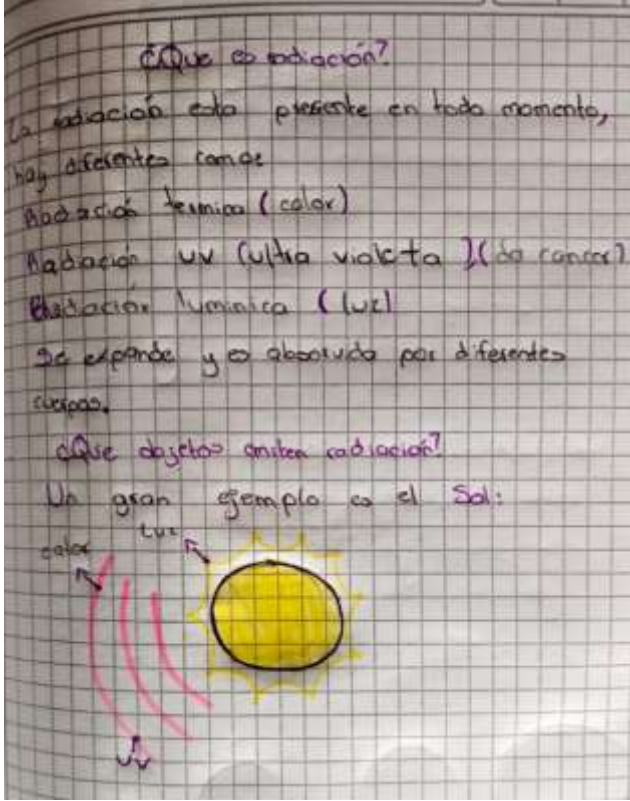
Organización de segundo Grado: El eje vertebral del concepto es movilizado, pero no se desarticula de la concepción del estudiante, las experiencias que generaron esa disonancia cognitiva se han organizado de tal forma que ahora son parte relevante de su concepción sobre el fenómeno, el criterio de organización ha cambiado y con él, el mismo fenómeno.

Organización de tercer grado: El eje vertebral evoluciona, pues se desarticulan y articulan experiencias, de tal modo que no es sencillo percibir esas ideas que predominaban en el concepto. De hecho, la concepción del fenómeno sufre grandes cambios, lo que puede dar cuenta de esa articulación de nuevas experiencias, que se han relacionado de tal forma que permiten al estudiante responder a diferentes problemáticas del fenómeno. En este sentido podemos enunciar que el fenómeno en este grado de organización evoluciona.

Finalmente, me gustaría mostrar algunas definiciones que dan cuenta de esos grados de organización semántica que alcanzaron los estudiantes, y que logra evidenciar la caracterización antes mencionada por medio del recuadro que muestra la figura 59.

Figura 59. Grados de organizaciones semánticas sobre la radiación. (Fuente: elaboración propia)

Idea sobre radiación expresada por el estudiante	Algunas organizaciones sobre la radiación
	<p>En esta definición estructurada por el estudiante se logra apreciar un importante punto de reorganización, cuando expresa literalmente “antes vivíamos con la idea” y luego recalca “pero no llega a tal nivel”. Lo que desde mi punto de vista refleja ese grado de reorganización que él ha realizado en su cerebro, pero no solo menciona esto; también contrasta esa separación de la radiación en términos de lo visible, lo que representa esa articulación de las diferentes experiencias. (Organización de primer grado)</p>
	<p>En esta representación escrita, el estudiante logra realizar una separación de la radiación tipificándola en función de sus características y notablemente sus efectos sobre la materia, lo que evidencia un amplio enriquecimiento y relación entre los efectos y el tipo de radiación. Sin embargo, llama enormemente la atención el empleo del término (tóxico) para referirse a la radiación. De donde se evidencia que este ha sido reorganizado, no como la definición general de la radiación, más bien como uno de los tipos de radiación. Lo que refleja esa</p>

	reestructuración de su organización semántica. (Organización de segundo grado)
	Finalmente, en esta última definición de la radiación encontramos un estudiante que ha generado una articulación particular entre las experiencias vivenciadas en el aula. Los indicios de aquella idea de la radiación tóxica aparentemente tomaron un sentido distinto, más técnico (posiblemente investigó por su cuenta). Sin embargo, lo interesante desde mi perspectiva es aquella representación que ha realizado del sol, pues logra demostrar cómo ha tipificado la radiación, desde sus palabras en radiación térmica (calor), radiación UV (ultravioleta) y lumínica (luz). Y ese hecho de relacionar el sol directamente con todos estos tipos de radiación revela el grado de articulación entre toda su experiencia. (Organización de tercer grado).

Como consecuencia de lo expuesto en el recuadro anterior (figura 59) a continuación describo a profundidad y fundamentado en estos ejemplos los grados de organización que, desde mi criterio, evidencian el nivel de movilización que ha tenido la organización semántica del estudiante.

- **Organización de primer grado:** El estudiante articula de una forma coherente la experiencia “nueva” con su organización semántica, les encuentra un sentido a esas experiencias bajo su propia organización, que en este caso está asociada directamente con la palabra toxico y peligroso, que bajo su contexto y perspectiva resulta ser mucho más significativo, pues estas ideas provienen de su contexto cotidiano. Sin embargo, esa experiencia antigua (radiación toxica)

coexiste con esa experiencia nueva (radiación térmica y radiación visible) y ambas hacen parte de su concepto. En otras palabras, el estudiante aun considera la radiación tóxica, aunque ya no es tan peligrosa. Y es importante contrastar esa experiencia nueva que ha articulado el estudiante, pues no menciona estas radiaciones al azar, son parte de la experiencia desarrollada en esta ruta, que han sido significativas bajo su propio criterio y que ha articulado. Sin embargo, el sentido con el que articula esas experiencias está orientado principalmente bajo la organización semántica (Radiación toxica), esta organización asociada a la peligrosidad sigue siendo importante, aquello implica que el estudiante lo mencione como un aspecto relevante en sus explicaciones. No obstante, el estudiante también desarrolla ideas en torno a la experiencia vivenciada en la ruta. Se puede concluir que la organización semántica se sigue basando en radiación tóxica.

En este primer grado solo se articulan a la organización nuevas experiencias que permiten ampliar el concepto, en este caso de radiación: La radiación es toxica, pero no llega a ser tan peligrosa, porque existen otras radiaciones

- **Organización de segundo grado:** El alumno moviliza su organización semántica de tal forma que esas “concepciones” antiguas se ven reorganizadas a tal punto que esa “experiencia antigua” pasa a estar en un segundo plano, ahora el concepto del estudiante tiene como argumento principal su “experiencia nueva”. Por ejemplo, la radiación tóxica existe, pero es solo un tipo de radiación, esto gracias a las experiencias vivenciadas en el transcurso de la ruta, el estudiante ha logrado tipificar la radiación, por ejemplo: basados en el experimento de propagación, cuando sintió la radiación térmica y luego cuando la vio a través de la cámara infrarroja, estos experimentos le han permitido diferenciar los efectos sobre la materia que ha categorizado por medio de una selectiva organización, que claramente ya no está regida bajo la idea de “toxico”, el eje vertebral ahora es la tipificación de la radiación, sin darle una trascendencia a la mención de tóxico, por tal razón la radiación no se limita a esta definición de tóxico.

Se puede concretar, que en este grado las organizaciones semánticas han articulado experiencias de tal forma que se logra reconfigurar el sentido que orienta el concepto de radiación, este ha evolucionado. Entonces la organización semántica es reconfigurada, de tal modo que ahora se orienta el sentido en los tipos de radiación como térmica, visible y le da un lugar nuevo, un nuevo significado, ya la radiación no es toxica. Para el estudiante existe un tipo de radiación que es toxica.

En el segundo grado se articulan experiencias que permiten movilizar el sentido de la organización conceptual de la radiación, por ejemplo: Hay muchos tipos de radiación, como térmica, visible y toxica.

- **Organización de tercer grado:** Finalmente encontramos la organización semántica que más se ha movilizó, pues implica una desarticulación y articulación de relaciones periféricas a esos “conceptos”, existe una transformación más amplia, que se hace muy notoria en el concepto de radiación del estudiante, esto puede ocurrir cuando las “experiencias nuevas” realmente no encajan con la organización semántica previa y es necesario una nueva reorganización de esta. En este caso, el último recuadro nos muestra que la toxicidad ha desaparecido; su eje para articular la experiencia ha sido el sol y no la toxicidad.

En este sentido, la palabra tóxico se ha desarticulado de esa organización conceptual que tenía el estudiante antes de esta ruta, y con ella otras más, la razón de esta desarticulación es la articulación de múltiples experiencias que le han permitido al estudiante dotar de un nuevo sentido el concepto de radiación, experiencias de la ruta que se evidencian en su discurso, como:

- la propagación de la radiación y la sensación térmica del carbón, cuando menciona que “se expande”, cuando habla de la radiación térmica ilustrando entre paréntesis (Calor)
- La emisión de la radiación del carbón vista con la cámara infrarroja, cuando menciona que la radiación lumínica y aclara con el paréntesis (Luz)
- La experiencia de la absorción de los hielos, cuando menciona que “la radiación es absorbida por diferentes cuerpos”.

En el tercer grado se articulan tantas nuevas experiencias que es necesario empezar a desarticular otras tantas, pues dejan de ser coherente para ese nuevo sentido, lo que genera una reestructuración de la organización semántica. En este caso la radiación es: La radiación es algo que está presente en todo momento, hay diferentes tipos de radiación como la térmica (calor), visible (luz), ultravioleta (uv), se expande y es absorbida por diferentes cuerpos.

Para esta última organización, quiero contrastar que son estudiantes de grado séptimo, leer la forma en la que se articulan estas explicaciones con tal coherencia y profundidad me permite reconocer que esta es una ruta muy pertinente para la enseñanza de la radiación, no solo para los estudiantes de grado séptimo posiblemente posea un rango de aplicación más grande.

4. CONSIDERACIONES FINALES

A modo de cierre, del ejercicio de investigación presentado en este documento se derivan las siguientes consideraciones finales en torno a: la importancia de la profundización disciplinar del docente, la enseñanza de la radiación en el aula y los procesos de aprendizaje de los estudiantes

La importancia de la profundización disciplinar del docente:

Como docentes reconocemos nuestro papel en el aula como ese orientador, organizador y constructor de caminos de enseñanza para nuestros estudiantes, que busca apoyar sus procesos de aprendizaje. Sin embargo, en ocasiones olvidamos nuestros propios procesos de formación que posibilitarían la construcción de rutas alternativas para generar nuevos procesos de enseñanza, en este sentido la profundización disciplinar, pedagogía y experimental me permitió ampliar la comprensión de la radiación, de los procesos de aprendizaje de los estudiantes y la importancia de las experiencias lo que propició la construcción de una ruta alternativa en la enseñanza de la radiación.

Por consiguiente, debo destacar que estos procesos de profundización fueron orientados por las inquietudes y necesidades que se me han presentado en el aula como docente de ciencias, lo que me llevó a estudiar referentes como Planck (1914) y Herschel (1912), quienes me permitieron ver la radiación más allá de la sola transferencia de calor, en este sentido la radiación evolucionó en mi concepción, pues pasó de estar vinculado de esas formas de transferencia, a estar caracterizado por efectos como absorción, propagación y emisión. Además, he logrado identificar que la radiación en interacción con la materia produce efectos que, según la variación de temperatura, puede tener efectos térmicos y lumínicos (Visibles). De hecho, estas relaciones nos han permitido pensar cómo lucen esas estrellas sin lograrlas ver directamente, estableciendo precisamente criterios de organización en términos de luminosidad-tamaño-temperatura-color, lo que constituye el actual diagrama Hertzsprung-Russell. Estos aprendizajes condicionaron la forma en la que se abordó este concepto en el aula, construyendo una serie de experimentos fundamentados en experiencias sensibles.

La enseñanza de la radiación en el aula:

En coherencia con lo que se venía exponiendo, es necesario mencionar que la profundización disciplinar permite romper esas brechas de la comprensión de la radiación, y posibilita pensar,

como docente, experimentos coherentes que acerquen al estudiante con el fenómeno. Ya que la complejidad de la enseñanza de la radiación debe estar vinculada con la comprensión del fenómeno por parte del docente y la escasa actividad experimental que se puede presentar en el aula.

En este sentido se configuraron en este trabajo de investigación las actividades experimentales como una alternativa en los procesos de aprendizaje, reconociendo la gran importancia que tiene la experiencia sensible en los procesos de construcción de conocimientos, de hecho, la simultaneidad que existe entre el lenguaje-experiencia-conocimiento. Pues a lo largo de esta investigación se contrastan esas expresiones que utilizan los estudiantes para representar sentidos más profundos, la forma de utilizar esta palabra va evolucionando. Por ejemplo, la transición de algo invisible a luz invisible, y de ésta a radiación térmica. Lo que nos permite reconocer que hay una evolución del fenómeno. En este punto quiero volver a mencionar que el lenguaje y el conocimiento se construyen de la mano en función de la experiencia. Por tal razón se diseñaron experimentos de tipo caseros, virtuales y demostrativos con el fin de reconocer ciertos efectos propios de la radiación, en consecuencia, considero importante resaltar la amplia participación de los estudiantes, permitiéndome identificar la apropiación de los experimentos por parte de los estudiantes, que en diferentes momentos se asombraron con lo que lograban observar.

Retomando algunos aspectos, la ruta desarrollada con base a esa profundización, se fue configurando de forma simultánea con los procesos de aprendizaje de los estudiantes. En otras palabras, la ruta de experiencias refleja parte de los procesos de las organizaciones semánticas de los estudiantes, un ejemplo de esto es la tipificación de la radiación, pues ellos mencionan la radiación térmica (calor), radiación visible (luz), radiación tóxica (uv).

Estos procesos se reflejaron en la construcción de los criterios: de relación color-temperatura, de relación brillo-temperatura y de relaciones externas a esta ruta, que fueron constituidos por los estudiantes en función del estudio de la radiación, los cuales permitieron a los alumnos de grado 7b del Colegio Ateniense, desarrollar una clasificación estelar sin ver o conocer otras estrellas (distintas al sol).

Los procesos de aprendizaje de los estudiantes

Como lo venía expresando, en esta investigación he resaltado el papel de la experiencia en los procesos de aprendizaje de los estudiantes, en este sentido la construcción del conocimiento está

sujeta al enriquecimiento de la experiencia, pues el hecho de organizarla o reorganizarla tiene un papel fundamental que recae en ello a lo que he denominado organización semántica. En consecuencia, no se debe desconocer el hecho de que articular experiencias nuevas a las explicaciones nos permite a los docentes en el aula dar cuenta de procesos de movilización sobre las organizaciones semánticas, propiciando la construcción de relaciones entre conceptos en nuestros estudiantes.

La experiencia sensible fomentó en los estudiantes de grado 7b construcciones lingüísticas que nacieron de la movilización de esas organizaciones semánticas sobre la radiación, promoviendo la construcción del conocimiento científico.

En este sentido, para los estudiantes se hizo necesario el hecho de reorganizar su experiencia comparando los diferentes efectos sobre la materia, en este caso efectos térmicos y visibles, que recordemos son propiciados por esa experiencia sensible. A través de estas organizaciones lograron establecer relaciones y hacer un acercamiento al fenómeno de la radiación vinculándolo a palabras y a efectos, dándoles significado. De hecho, la articulación de nuevas experiencias a la clase de física posibilitó al estudiante movilizar sus organizaciones semánticas, configurando los grados de organizaciones semánticas.

Para concluir, es necesario recordar que el propósito de este trabajo es reconocer y analizar las organizaciones semánticas de los estudiantes sobre la radiación, que se concretó por medio de los siguientes criterios:

- Pedagógicos: posibilitaron, reconocer cómo conoce un sujeto en función de la experiencia sensible, también permitió consolidar el papel de las organizaciones semánticas en el proceso de aprendizaje. De hecho, en los procesos de enseñanza nos permite como docentes identificar el sentido que le da un estudiante a las expresiones lingüísticas que utiliza, lo que también termina resaltando el papel del lenguaje y la experiencia en este mismo proceso de construcción de conocimiento.
- Experimentales: se consolidó la actividad experimental partiendo de la experiencia sensible porque se considera que ésta tiene un papel privilegiado en los procesos de enseñanza y aprendizaje, particularmente al abordar fenómenos poco tratados en la educación básica como la radiación, los cuales se promovieron con el desarrollo e implementación de esta ruta alternativa, particularmente con estudiantes de edades entre los 11 y 15 años (grado séptimo).

De aquí se derivaron múltiples tipos de experimentos que posibilitaron configurar la experiencia sensible como eje central de la construcción de conocimiento científico, promoviendo la actividad experimental como pilar en la construcción de conceptos.

- **Disciplinares:** los cuales se precisaron en el estudio de la radiación a través de los efectos de absorción, emisión y propagación, también la relación entre estos y los efectos sobre la materia como lumínicos y térmicos. A partir del estudio de estos fenómenos los estudiantes enriquecieron su experiencia sobre frente a la radiación y propiciaron un análisis de la articulación de experiencias a las organizaciones semánticas que de algún modo se movilizaron para modificar su concepción del fenómeno.

A continuación, se presentarán los grados y organizaciones semánticas que los estudiantes de grado séptimo b del Colegio Ateniense desarrollaron, quienes abordaron a través de actividades experimentales la ruta propuesta aquí, donde se contrastan tres diferentes niveles de organizaciones semánticas sobre la radiación:

Se debe recordar que el sentido propio que le dan los estudiantes a la palabra radiación está vinculado directamente con peligro y toxicidad.

Organizaciones semánticas de primer grado, sólo se articulan a la organización nuevas experiencias que permiten ampliar el concepto, en este caso de radiación que como ya se había mencionado sea coherente con su discurso previo. Ejemplo: “Ahora la radiación es tóxica, pero no a tales niveles”.

Organizaciones semánticas de segundo grado, se articulan experiencias que permiten movilizar el sentido de la organización conceptual de la radiación, privilegiando un nuevo sentido de organización que dota de un nuevo significado a la radiación, en este caso los tipos de radiación. Ejemplo: “Hay muchos tipos de radiación como térmica, visible y tóxica”.

Organizaciones semánticas de tercer grado, se articulan tantas nuevas experiencias que es necesario empezar a desarticular otras tantas, pues dejan de ser coherentes para ese nuevo sentido, lo que genera una reestructuración de la organización semántica sobre la radiación, relacionando las diferentes experiencias abordadas en el aula en este caso, entonces esa organización semántica privilegia no sólo los tipos de radiación, también sus características. Ejemplo: “La radiación es

algo que está presente en todo momento, hay diferentes como la térmica (calor), visible (luz), ultravioleta (UV), se expande y es absorbida por diferentes cuerpos.”

Se logró identificar que estos grados de organización están relacionados con la construcción de los criterios en la clasificación de las estrellas.

Organizaciones de Primer grado: Criterios de relaciones externas a esta ruta con hielo y fuego, pues el estudiante relaciona el fuego de alta temperatura al rojo y el hielo de baja temperatura al azul. La organización semántica del estudiante privilegia experiencias cotidianas.

Organizaciones de Segundo grado: Criterio de relación Brillo-Temperatura. El estudiante reconoce elementos de la radiación, vinculados a efectos térmicos y lumínicos, lo que le posibilita estructurar relaciones entre brillo y temperatura, fundamentados en su experiencia vivenciada en esta ruta.

Organizaciones de Tercer Grado: La organización semántica del estudiante, está sustentada por un conjunto de relaciones que posibilita al estudiante ser más profundo con los criterios que construyó para la clasificación de las estrellas. Por ejemplo, el criterio de relación Color-Temperatura y criterio de relación Brillo-Temperatura. Este último estuvo muy cerca de la clasificación de estrellas (secuencia principal del diagrama H-R).

BIBLIOGRAFIA

- Ames, J. (1901). The laws of radiation and absorption. Memoirs by Prevost, Stewart, Kirchhoff, and Kirchhoff and Bunsen. American Book Company.
<https://www.abebooks.com/9781443706742/Laws-Radiation-Absorption-Memoirs-Prevost-1443706744/plp>
- Camargo, A. y Hederich, C. (2010). La relación lenguaje y conocimiento y su aplicación al aprendizaje escolar. *Folios*, 31, 105- 122.
<https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/RF/article/view/898/927>
- Canal Isael Muriana (21 diciembre 2020) Temperatura del acero según su color [Archivo de Vídeo]. Youtube <https://www.youtube.com/watch?v=8BP7GeVQ3Zo&t=275s>
- Castiblanco Abril, O. L. ., & Vizcaíno Arévalo, D. F. . (2021). Tipologías de experimentación para la formación de profesores de física. MEMORIAS SIFORED - ENCUENTROS EDUCACIÓN UAN, (3), 10-14. Recuperado a partir de <https://revistas.uan.edu.co/index.php/sifored/article/view/1128>.
- Dreyer, J. (2014). The Scientific Papers of Sir William Herschel. (vol. 2). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139649650>
- Gamow, G. (1940). *The Birth and Death of de SUN*. Viking Press.
<https://archive.org/details/birhanddeathoft032626mbp/page/n9/mode/2up>
- Giordan, A. y De Vecchi, G. (1995). Los Orígenes del saber. Diada Editora, S.L.
- Hugues, B, & Navaroli, F., & Torres, M, & Soto, CJ (2008). La visión cromática en los animales. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, IX (11),1-6.[fecha de Consulta 2 de Marzo de 2022]. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63617112010>
- Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales. (s.f). *Radiación solar*.
<http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar>
- Malagón, J., Sandoval, Sandra. y Ayala, María. (2013). La actividad experimental: construcción de fenomenologías y procesos de formalización. *Praxis Filosófica*, 36, 119-138.

- Malagón, J. Ayala, M. y Sandoval, S. (2011). El experimento en el aula comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes. <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/299?show=full>
- Ministerio de Educación Nacional. (s.f.). *Estándares básicos de Ciencias Naturales*. https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-340021_recurso_1.pdf
- Plank, M. (1914). *The theory of heat radiation*. Dover Publications. <https://ia804508.us.archive.org/26/items/theheatradiation00planrich/theheatradiation00planrich.pdf>
- Ramírez L & Uribe J. (2007). *El contador Geiger como herramienta en la enseñanza del concepto de radiación*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/18953?show=full>
- Sandoval, S. et al (2018). Una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de las ciencias. ISBN colección impresa: 978-958-5416-80-2, 52 páginas. <http://editorial.pedagogica.edu.co/verpub.php?pubid=506&catId=48>
- Soulard, F. (Ed.). (2020). *Aprender*. https://aprender-giordan.net/wp-content/uploads/sites/42/2020/05/GIORDAN-Aprender_final-3.pdf
- Stewart, B. (1888). *Elementary treatise in heat*. Oxford: Clarendon Press.

ANEXOS A ACTIVIDAD FASE 1 (SITUACIONES A, B, C, D)



Situación A

Reconocemos que hay algo a lo que le llamamos Sol, en ese sentido.

Haga una lista de características, cualidades que cree usted puede tener el Sol:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

Situación B

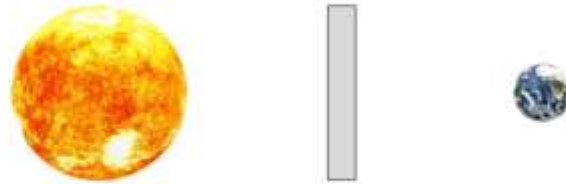
Cómo es posible que el sol, desde tan lejos nos logre transmitir ese calor, si pensamos, cuando una persona dice “Voy a tomar el sol” hace alusión a recibir los rayos del sol, para calentarse. Responda:

¿Qué son esos “rayos de sol”?

¿Cómo llegan a la tierra?

Situación C

Si ponemos un muro de espejo que evite que pasen los rayos de luz entre el sol y la tierra.



¿La tierra recibiría rayos del sol? ¿Por qué?

¿Qué le sucedería al planeta tierra?

Situación D

Responda con base a su propia experiencia y con sus palabras y representaciones gráficas (Dibujos) las siguientes preguntas:

1. ¿Qué es radiación?
2. ¿Qué es temperatura?
3. ¿Qué es el Color?

ANEXO B: FASE 2 ACTIVIDAD E

Nombre _____ Curso: _____

Con base en las experiencias visualizadas en lo anterior. Piensa en la siguiente situación y responde a las preguntas cuando se te solicite.

ANDRÉS Y EL PROBLEMA DEL CALOR.

Andrés y su grupo de compañeros, se fueron de campamento para celebrar el ingreso a la universidad. Una vez llegaron, armaron los campings y se acomodaron, después de un tiempo, cae la noche y el sol se oculta, empiezan a sentir frío, los chicos claramente estaba preparados y construyeron una muy buena fogata por medio de la fricción con dos palitos de madera, algunos chicos se sentaron alrededor de la fogata y otros se hicieron más lejos. Como se muestra en la figura, entre ellos Andrés.



Andrés, decidió sentarse con sus compañeros cerca de la fogata, a medida que se acercaba se sentía más cálido. Cuando Andrés estaba frente a la fogata se percató de algo, y realizó la pregunta a sus compañeros. -Andrés: Chicos, ¿Por qué si nos alejamos de la fogata sentimos frío, y si nos acercamos tenemos esa sensación más cálida?

Tu eres amigo de Andrés, ayúdale con tu respuesta:

¡Claro! responde Andrés, algo parecido al sol verdad, por eso Mercurio es más caliente que el planeta tierra, por que esta mucho mas cerca del Sol que la tierra.

!¡Recordemos! un poco de cómo se distribuye el sistema solar. Según los científicos.



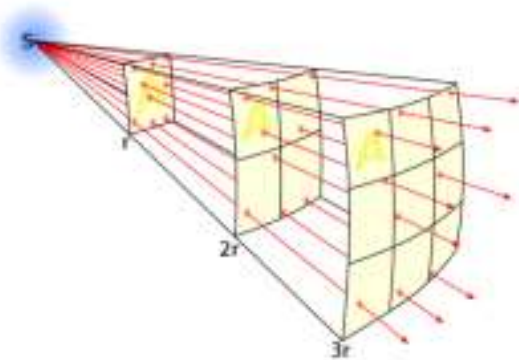
Sin embargo a Andres no le queda muy claro -Andrés: Esperame un momentito, ¿Osea los rayos de la fogata y del sol son los mismo o parecidos?

Respondele a Andres:

Pero la fogata es de color Rojo, y el sol es amarillo ¿eso no lo hace diferente?

Respondele a Andres:

-!Vale! responde Andres, osea que el sol o la fogata emiten unos rayos y esos rayos pierden intensidad por qué se deben distribuir en un espacio cada vez más grande.



Cuenta los rayos que pasan por el área A.

Ahora explicale a Andrés por que entre más cerca puede se siente cálido y si se aleja se siente frío.

Mira andres:

ANEXO C: ACTIVIDAD F



Laboratorio sobre:

Absorción de la radiación

Instructivo de la laboratorio

Introducción

Hasta el momento hemos desarrollado algunos elementos entorno a aquello a lo que los hombres de ciencia le llaman radiación térmica, ya reconoces por que la sensación térmica, cambia si te alejas o acercas de la fuente, pero si te pones una camiseta de algún color ¿esto hará cambiar en algo?

Materiales del experimento

Para responder a la pregunta anterior, necesitarás de los siguientes materiales.

Cubos de hielo.

Cartón paja

Temperas de color: Blanco y Negro

Pincel

Celular

Tijeras

Procedimiento

Corte 2 rectángulos de cartón paja con ayuda de unas tijeras, de 6 cm x 6 cm aproximadamente, luego pinte con ayuda del pincel, uno de estos rectángulos de color negro y otro de color blanco, recuerde por lo menos realizar 3 capas de color y deje secar.

Finalmente con un cronómetro (Puede ser el de su celular), ponga en 0 y ubique al rayo del sol los dos cartones, luego ponga 1 cubo de hielo sobre cada cartón y ponga a andar el cronómetro.



Según sus observaciones responda.

Preguntas

1. ¿Cual de los dos hielos se derrite primero?
2. ¿Por qué se derrite primero?
3. ¿Tiene que ver algo el color?
4. ¿Por que cree usted que el color negro absorbe mas el calor?

ANEXO D: ACTIVIDAD G

EMISIÓN DE LA RADIACIÓN:

Nombre: _____ Curso: _____

Buen día exploradores, el día de hoy pondremos a prueba tus habilidades de investigador, pero antes de iniciar con la actividad quiero preguntarte

¿Que es el color para ti? de hecho ¿Cómo puedes ver y distinguir los diferentes colores?

Perfecto, ahora haremos un experimento.

Ubícate al lado del interruptor de la luz de tu habitación, debe ser de noche y no deben haber otras fuentes de luz cerca, para que el experimento sea exitoso. Ahora busca (Visualmente) un objeto de color rojo, miralojo fijamente, ahora apaga la luz.

¿Puedes ver el color del objeto? ¿Por qué?

¿La luz tiene algo que ver con el color? o ¿la luz es el color?



Recuerdas que el color blanco no absorbe tanto calor, pero el color negro si absorbe casi todo.

Bueno las superficies absorben y reflejan "los colores" según sus propiedades, si la superficie es verde absorbe todos los colores menos el verde, el verde se refleja y llega a nuestros ojos.

Sin embargo esto sucede con nuestros ojos o cámaras normales, ¿Será que la cámara modificada observa el mundo de la misma forma?

A Continuación el docente te mostrará por medio de la cámara normal y la cámara modificada la interacción con 3 objetos un control remoto, una vela y un carbón. A medida que ves la experiencia, ve llenando los recuadros según corresponda. recuerda llenar las cualidades que observamos en cada una.

Tipo de cámara	Cámara Modificada	Cámara Normal
Vela	Intencidad del Brillo: Color: Forma:	Intencidad del Brillo: Color: Forma:
Carbón	Intencidad del Brillo: Color: Forma:	Intencidad del Brillo: Color: Forma:
Linterna infraroja	Intencidad del Brillo: Color: Forma:	Intencidad del Brillo: Color: Forma:

Una vez has llenado la tabla responde las siguientes preguntas:

¿Por qué con la cámara modificada se ve más brillante la vela?

¿Por qué con la cámara modificada en lugar de verse el carbón se ve una estela de luz?

¿Qué es lo que puede ver la cámara modificada que no puede ver una cámara normal o nuestros ojos?

¿Qué nombre le puedes dar a eso que la cámara modificada puede ver, pero que es invisible a nuestros ojos?

Si no logra ser muy clara la imagen de los experimentos desarrollados por el docente, aquí encontrarás unas imágenes previas que te apoyaran en el desarrollo de lo anterior. (Se apagó la luz de la habitación para poder ver los efectos)

	Cámara Modificada	Cámara Normal
Vela		
Carbón		

ANEXO E: ACTIVIDAD H

Relación entre temperatura y Radiación

Introducción a la actividad

Absorción, Propagación y emisión

Es importante recordar unos elementos de todo lo que hemos experimentado, y son 3 hechos.

1. Si me alejo de la fogata la sensación térmica disminuye por la forma en la que se propaga la radiación.
2. La sensación térmica que se puede experimentar si estoy cerca de una fogata, puede variar aunque esté a la misma distancia, esta puede cambiar depende al color de ropa que utilice, por que la radiación se absorbe de diferentes formas según el "color"
3. La fogata, el sol, el carbón y la vela emiten este mismo tipo de radiación que podemos ver por medio de una cámara infrarroja.

Conferencia de Intensidades

Con las anteriores reflexiones recordadas, continuaremos en la siguiente actividad.

Para lo cual utilizaremos unos elementos de laboratorio:

1. Plancha de calentamiento
2. Cámara infrarroja
3. Termocupla
4. Papel y lápiz.

Procedimiento

Conectaremos y ajustaremos, la plancha de calentamiento en tres temperaturas diferentes media, alta y muy alta, con ayuda de la cámara infrarroja, describe la situación de forma cualitativa en el siguiente recuadro.

Temperatura Alta	Brillo:	Color:	Observaciones adicionales:
Temperatura Media	Brillo:	Color:	Observaciones adicionales:
Temperatura Baja	Brillo:	Color:	Observaciones adicionales:

Preguntas

1. ¿Cuándo y porque es más intenso el brillo o espectro que se ve a través de la cámara infrarroja?
2. ¿Cuándo y porque es menos intenso el brillo o espectro que se ve a través de la cámara infrarroja?
3. ¿Cuál es la relación que usted encuentra con la temperatura y la intensidad de la radiación?

¿Que es la radiación?

