



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3

**Facultad de Educación**

**Calor y temperatura: Una propuesta de recontextualización en la enseñanza de la física a partir de los planteamientos de Robert Boyle y Robert Mayer.**

**Trabajo presentado para optar el título de Licenciado(a) en Matemáticas y Física**

**LICETH CRISTINA MARÍN CASTAÑO**

**NATALIA AGUDELO ZULUAGA**

**PAULA ANDREA ISAZA PIEDRAHITA**

**Asesores**

**YIRSEN AGUILAR MOSQUERA**

**Magíster en Enseñanza de las Ciencias**

**DANY ESTEBAN GALLEGO QUICENO**

**Magíster en Investigación en la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias Experimentales,  
Sociales y Matemáticas**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS Y LAS ARTES  
LICENCIATURA EN MATEMÁTICAS Y FÍSICA  
MEDELLÍN  
2015**

## Agradecimientos

A nuestros padres y abuelos....

Que con su apoyo incondicional nos acompañaron en todo este proceso. Por ser siempre un ejemplo de constancia, quienes desde pequeños alimentaron nuestra curiosidad y nos enseñaron a cumplir los sueños.

A nuestros asesores...

Por orientar paso a paso con paciencia y dedicación todo nuestro proceso investigativo.

## Resumen

Actualmente se evidencian en el aula de clase grandes dificultades para significar el concepto de calor y su diferenciación con la temperatura. Estos problemas se han abordado en algunas investigaciones (Alomá & Malaver, 2007; Cervantes, De la Torre & Otros, 2001) donde se afirma que una de las razones es la implementación de libros de texto escolares que muestran una sinonimia de ambos conceptos, muestran el calor como una sustancia inherente de los cuerpos, y en el caso de la temperatura, fortalecen la concepción de que esta depende de los sentidos.

Con el propósito de dar solución a las dificultades mencionadas se estudia a Robert Mayer por medio de un análisis epistemológico e histórico del texto *Fuerzas inorgánicas de la naturaleza* (1842) y a Robert Boyle desde el texto *Consideraciones y experimentos sobre el origen de las formas y cualidades* (1985). Dicho análisis permitirá realizar una resignificación de los conceptos de calor y temperatura.

La presente investigación toma una postura desde la historia y la epistemología de la ciencia, y surgen como de una necesidad de dar respuestas relacionadas con el conocimiento y sus dinámicas de producción. El maestro debe ser coherente en su concepción de ciencia y la enseñanza de la misma, es así como debe realizar una reflexión desde su campo disciplinar.

Para llevar a cabo este proceso se realiza un estudio instrumental de casos analizando los modelos explicativos sobre el calor y la temperatura; y de esta manera diseñar una propuesta didáctica que permita llevar a cabo el proceso de enseñanza.

## Tabla de Contenidos

<b>Capítulo 1. Contextualización</b> .....	6
1.1 Planteamiento del problema.....	6
1.2 Objetivos.....	10
<b>Capítulo 2: Marco conceptual</b> .....	11
2.1 El calor y la temperatura: una diferenciación necesaria en la enseñanza de la física.....	11
2.2 El uso de la historia y la epistemología en la enseñanza de la física.....	14
2.2.1 Concepción de ciencia: dos posiciones.....	14
2.2.2 La enseñanza en correspondencia con la visión fenomenológica: Resignificación y Recontextualización.....	18
2.3 Conceptualización de temperatura desde Robert Boyle.....	21
2.3.1 Concepción de la materia.....	21
2.3.2 Concepto de cualidad: una posibilidad para conceptualizar temperatura.....	22
2.3.3 La temperatura como una cualidad accidental.....	27
2.4 Conceptualización de temperatura desde Joseph Black.....	31
2.5 Conceptualización de calor a partir de los planteamientos de Robert Mayer.....	33
<b>Capítulo 3. Marco Metodológico</b> .....	38
3.1 Caracterización de la investigación.....	38
3.2 Estudio de casos.....	41
3.3 Contexto de la investigación.....	42
3.4 Recolección de la información.....	43
3.4 Análisis de la información.....	46
<b>Capítulo 4. Hallazgos</b> .....	48
4.1 La temperatura como cualidad.....	49
4.2 La temperatura como medida del calor.....	55
4.3 Los cuerpos poseen calor o el calor es producto de las interacciones.....	61
4.4 La temperatura como sinónimo de calor.....	64
<b>Capítulo 5. Implicaciones didácticas</b> .....	69
5.1 Recomendaciones para la enseñanza.....	74
5.2 Diseño de la secuencia didáctica.....	75
5.2.1 Secuencia didáctica.....	77
<b>Capítulo 6. Consideraciones finales</b> .....	99
<b>Referencias bibliográficas</b> .....	136

UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1803

## Capítulo 1. Contextualización

### 1.1 Planteamiento del problema

En los últimos años existe un amplio consenso en el reconocimiento de los cambios significativos que han ocurrido en la enseñanza de las ciencias, todo esto en el intento de responder a los retos que imponen los cambios culturales, sociales, políticos y tecnológicos, en donde surge la necesidad de preguntarse ¿para qué aprender ciencias? o ¿por qué formarse en ciencias?; desde los Lineamientos Curriculares se plantea un acercamiento a tales cuestiones en los siguientes términos:

“[...] formar en Ciencias Sociales y Naturales en la Educación Básica y Media contribuye a la consolidación de ciudadanos y ciudadanas capaces de asombrarse, observar y analizar lo que acontece a su alrededor y en su propio ser; formularse preguntas, buscar explicaciones y recoger información; detenerse en sus hallazgos, analizarlos, establecer relaciones, hacerse nuevas preguntas y aventurar nuevas comprensiones; compartir y debatir con otros sus inquietudes, sus maneras de proceder, sus nuevas visiones del mundo; buscar soluciones a problemas determinados y hacer uso ético de los conocimientos científicos, todo lo cual aplica por igual para fenómenos tanto naturales como sociales.” (MEN, 2004, p.96)

De esta manera, se hace necesario que la formación del sujeto este en concordancia con su contexto y le proporcione diferentes formas de organizar sus ideas en aras de mejorar la resolución de problemas.



En ese mismo sentido, la enseñanza de la física se vuelve relevante en la formación, puesto que ayuda a construir visiones de mundo y construye puentes entre el conocimiento común para llegar a una conformación sólida del conocimiento científico, en espacios dinámicos para la creatividad, la reflexión, el análisis y la síntesis, en pro del pensamiento crítico y reflexivo. Para ello en el contexto educativo se hace importante tener claro cada uno de los conceptos físicos, estableciendo diferenciaciones entre ellos, evitando de esta manera miradas superficiales y confusas, por parte de los estudiantes.

Consecuente con lo anterior, esta investigación se centra en los conceptos de calor y de temperatura, debido a su importancia como conceptos estructurantes en la termodinámica y porque la enseñanza de estos conceptos presenta ciertas dificultades que es necesario precisar. Distintas investigaciones como Vásquez (1987), Rodríguez & Díaz (2012), Gómez, Solbes & Furió (2007), Escobar, González & Gutiérrez (2008) muestran que el calor y la temperatura han sido enseñados y aprendidos de manera inadecuada en la medida en que los estudiantes no realizan una diferenciación entre estos conceptos; estas investigaciones señalan que en algunos casos se debe a interpretaciones desde el conocimiento cotidiano. El estudiante llega al aula de clase con unas ideas previas que asume como verdaderas y que parten de una explicación basada en el sentido común por ejemplo: el calor es una clase de sustancia, es una forma de energía que un objeto pueda tener, la materia contiene calor (Cervantes, de la Torre, Verdejo, Trejo, Córdova, & Flórez, 2001, p.561), calor es una propiedad que poseen los objetos. (Alomá & Malaver, 2007, p.483)

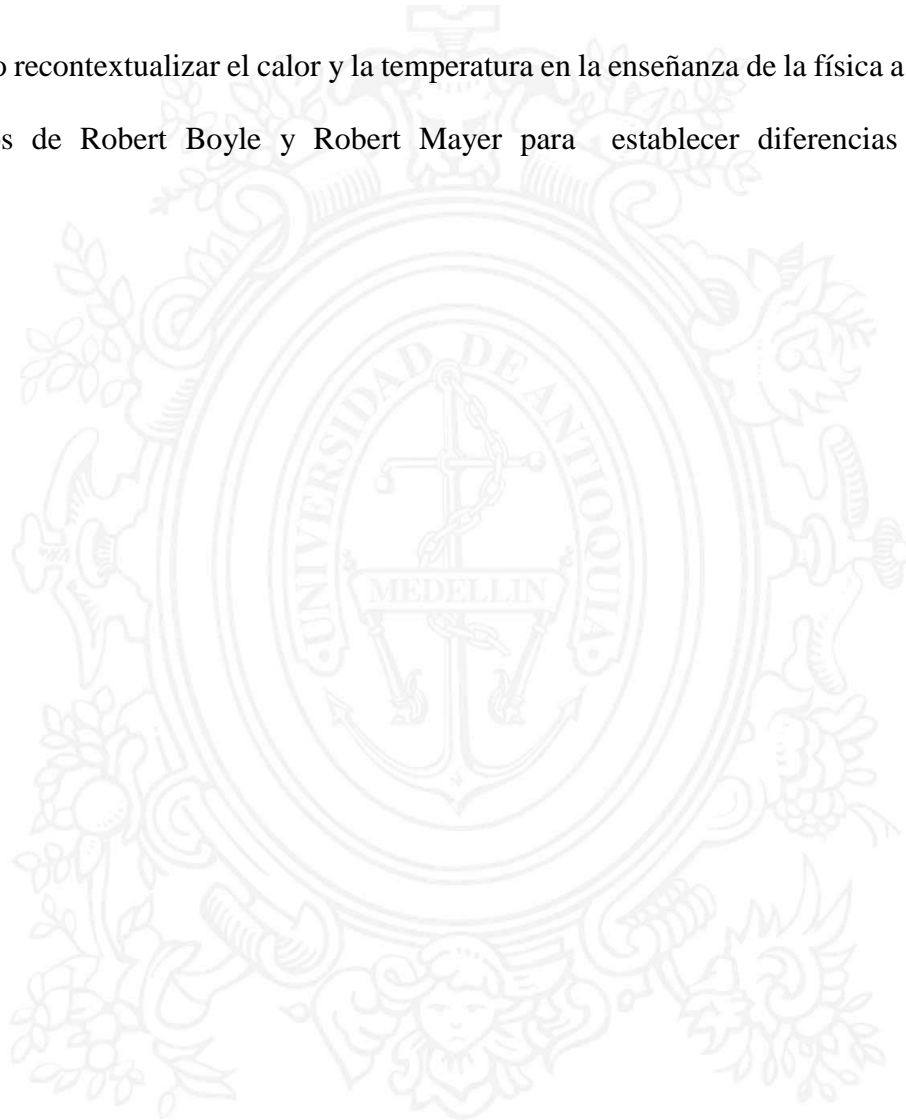
Esas ideas previas con las que llegan los estudiantes al aula de clase, influyen en su aprendizaje a la hora de hablar en términos científicos, debido a que dadas las construcciones ya adquiridas, los estudiantes pueden resultar resistentes al cambio. Al respecto Baker (citado por Campanario & Moya, 1999) señalan que, “si los alumnos no son conscientes de que mantienen concepciones erróneas sobre los contenidos científicos, es difícil que tomen alguna postura para clarificar su comprensión” (p.180).

Por otra parte, es usual que la enseñanza de calor y temperatura se realice a partir de ecuaciones, experimentos y algunas definiciones que a veces dificulta que el estudiante analice cada concepto estableciendo diferencias entre ellos. Sumado a lo anterior, el problema también se evidencia en algunos libros de textos en los que se aprecia una diversidad de modos de asumir el calor, pero que en la mayoría de los casos ayudan a perpetuar la concepción de que el calor es una propiedad inherente al cuerpo y que la temperatura es la medida del calor ; un ejemplo claro lo proporciona el libro física conceptual con la siguiente definición: “La energía transferida de un objeto a otro debida a una diferencia de temperatura entre ellas se llama calor” (Hewitt, 2007, p. 292) y el libro termodinámica clásica y aplicada de esta manera: “La temperatura mide el nivel térmico o grado de calentamiento de los cuerpos”.(Martínez, 1992, p. 574)

De esta manera, y como lo establecen los mismos lineamientos, la falta de diferenciación se constituye en un problema de gran interés en el contexto de la investigación educativa.

Las consideraciones anteriores motivan a indagar por:

¿Cómo recontextualizar el calor y la temperatura en la enseñanza de la física a partir de los planteamientos de Robert Boyle y Robert Mayer para establecer diferencias entre estos conceptos?



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



## 1.2 Objetivos

### Objetivo General

Recontextualizar calor y temperatura en la enseñanza de la física a partir de los planteamientos de Robert Boyle y Robert Mayer para establecer diferencias entre estos conceptos.

### Objetivos Específicos

- Resignificar el concepto de temperatura a partir de los planteamientos de Robert Boyle en sus obras: Física, química y filosofía mecánica: consideraciones y experimentos sobre el origen de las formas y cualidades. Parte teórica y Documentos filosóficos exclusivos de Robert Boyle: Introducción a las cualidades particulares.
- Resignificar el concepto de calor a partir de los planteamientos de Robert Mayer en su obra Fuerzas inorgánicas de la naturaleza.
- Caracterizar los modelos explicativos de un caso acerca de los conceptos de calor y de temperatura con la intención de estructurar estrategias alternativas para la enseñanza del concepto.
- Diseñar una secuencia didáctica en la que se recontextualicen los conceptos de calor y temperatura para establecer diferencias entre estos conceptos en la enseñanza de la física.

## Capítulo 2: Marco conceptual

### 2.1 El calor y la temperatura: una diferenciación necesaria en la enseñanza de la física.

En la enseñanza de las ciencias surgen varios problemas de corte conceptual por parte de los estudiantes, debido a que desde temprana edad se cuestionan por su alrededor y se construyen ideas intuitivas del mundo y de los fenómenos naturales que ocurren en él, pero estas ideas están relacionadas con el conocimiento común y no muestran concordancia con el conocimiento científico,

“[...] a estas ideas se les ha llamado preconcepciones o nociones ingenuas, puesto que se consolidan a partir de su contacto con los miembros de su comunidad inmediata, antes del proceso de enseñanza formal de las ciencias. Lo característico de estas ideas es que, por lo general, son resistentes al cambio y en consecuencia persisten hasta la edad adulta” (MEN, 2004, p. 46).

Entre estas ideas se encuentran las ideas sobre calor y temperatura, conceptos importantes para la enseñanza de la termodinámica. Al respecto, investigaciones como (Dumrauf & Cordero, 2004) muestran que muchas de las tendencias de los alumnos, es asociar el calor con factores climáticos, de la misma manera que con movimiento.

Ahora bien, el calor presenta uno de los problemas lingüísticos más serios ya que no sólo es una palabra común sino que su uso inadecuado dentro de las ciencias, refuerza las visiones científicas antiguas, así como también favorece el asumir la temperatura de manera inadecuada.

Estas ideas se ven reforzadas no sólo por los estudiantes sino también por los docentes, los cuales utilizan libros guías, o textos de apoyo, donde se evidencia poca claridad de los conceptos como calor, energía y temperatura; una muestra de ello es la investigación realizada por Alomá y Malaver, donde se analizaron siete libros de texto de termodinámica de nivel universitario, utilizados en la asignatura de termodinámica del área de ingeniería en la Educación Superior venezolana, llegaron a concluir que los textos de Jones y Dugan, Manrique y Cárdenas, Russel y Adebisi utilizan “definiciones como calor latente de vaporización, calor latente de fusión, calor sensible, calor residual, expresiones que hacen referencia al calor como una propiedad que poseen los cuerpos y no como un mecanismo de transferencia de energía.”(Alomá & Malaver, 2007, p. 8)

Además, en los textos se encuentran expresiones como: “Se agrega calor a volumen constante, adición de calor a presión constante, disipación de calor a volumen constante, rechazo de calor a volumen constante” (Alomá & Malaver, 2007, p. 9), estas expresiones refuerzan las ideas de que el calor se retiene en los cuerpos y puede liberarse. Vemos entonces en este sentido como desde las fuentes de información de la comunidad académica hay dificultades que no ayudan a una buena conceptualización de calor y temperatura.

Es así como el calor la y temperatura presentan problemas en su uso, no son diferenciados de manera apropiada, por el contrario en algunas ocasiones son usados como sinónimos, o hacen referencia a lo mismo. El concepto de calor por ejemplo se aplica erróneamente en muchos fenómenos y por lo mismo aparecen inconsistencias conceptuales y semánticas en la literatura (Cervantes, De la Torre & y Otros, 2001) citando a Hornack como: Calor es la energía que se transfiere de un cuerpo a otro como resultado de una diferencia de temperaturas.

Históricamente el calor ha tenido diferentes significados dentro del campo científico entre los que se resaltan: calor como una sustancia, una onda y una forma de energía. (Dumrauf & Cordero, 2004) y es muy común que los alumnos apunten a esas definiciones sin tener presente una concepción del calor como variable de proceso.

A pesar del trabajo de personas como Rumford, Joule, etc. para combatir la teoría intuitiva del calórico se siguen escuchando muchos de sus vestigios: “El calor sube”; “Tal objeto retiene mucho calor”, “Un sistema bien aislado no pierde mucho calor”; “La planta de vapor desperdicia mucho calor”; “Cierra la puerta para que no se salga el calor (o se meta el frío)”, etc (Cervantes, De la Torre & y Otros, 2001).

Al respecto los autores aclaran que cuando se habla de calor es importante tener en cuenta que este no es una cualidad, y no es una función termodinámica de estado, es por tanto que no utilizarla correctamente complica la comprensión de fenómenos térmicos y la Termodinámica (Cervantes, De la Torre & y Otros, 2001).

A partir de la construcción teórica anterior surge una necesidad por parte del maestro de generar espacios que le permitan reflexionar sobre su labor, remitiéndose a fuentes primarias como lo son textos originales en donde la epistemología y la historia de las ciencias juegan un papel fundamental, no como una herramienta “para enseñar” sino una herramienta de “enseñanza” y que se diferencia en el hecho en que el aporte fundamental sensibiliza al maestro en su forma de interpretar los fenómenos físicos, para luego ejecutar un plan y enseñar los diferentes conceptos.

## **2.2 El uso de la historia y la epistemología en la enseñanza de la física**

### **2.2.1 Concepción de ciencia: dos posiciones.**

La labor docente implica pensar que es posible ver con claridad los cambios de producción en la ciencia, pero para ello se hace necesario que se pregunte por ¿Cuál es el detonante que se ve en el cambio de la actividad científica? y ¿Cuál es el papel de la enseñanza en dicha actividad científica?

Es importante precisar que, en principio, la reflexión sobre el conocimiento científico no era relevante para la ciencia y que esta tiene lugar sólo hasta finales del siglo XIX; según Cassier (1979) los cimientos de la ciencia se establecen a partir de la preocupación por dicha reflexión, es decir, cuando se logra entender que el conocimiento es algo que debe ser problematizado.



En un inicio, el pensamiento aristotélico (mundo natural) se basaba en “salvar apariencias” por tanto la ciencia no se cuestionaba, más bien lo que se buscaba era explicar los fenómenos; esta visión perdura, incluso hasta el pensamiento newtoniano, y se convierte en la perspectiva positivista de la ciencia.

La perspectiva positivista considera que las cosas tienen una esencia y nosotros podemos identificarla y estudiarla, esa esencia es la que hace que una cosa sea lo que es y no otra, pero cuando alguien “mueve” el objeto a través del espacio, ese objeto no cambia en nada sus características esenciales, no deja de ser él, por tanto el movimiento es la única causa que hace que las cosas permanezcan idénticas. Conviene precisar que en esta forma particular de asumir la ciencia, la causalidad se ve de manera unidireccional, es decir, a cada causa le corresponde un único efecto.

Teniendo como precedente que la ciencia asumida desde una perspectiva positivista pretende llevar todo fenómeno físico a movimiento (principio de la ciencia newtoniana), se lleva a cabo un “absolutismo de las verdades”, la realidad era única y observable de igual manera por todos, se estudiaban los objetos en sí mismos y todo concepto debía corresponderse con un ente material o con una sustancia. Si se requería un nuevo eslabón en el engranaje teórico, se creaba pero se tenía la convicción de que estaba presente materialmente. Es importante destacar que desde los planteamientos de Cassier (1979) esta perspectiva puede ser denominada realismo de la ciencia.



Por otra parte, asumir que solo existiese una única forma de entender la naturaleza y que solo fuera por medio de la explicación mecánica no fue impedimento para entender que la “posición especial y el rango preferente de este tipo de explicación no debía apoyarse en razones empíricas solamente, sino también en fundamentos apriorísticos” (Cassier, 1979, p. 6)

Respecto a esto es importante mencionar que algunos pensadores del siglo XIX:

Aferrábanse a una ciencia empírica cimentada sobre los “hechos” y creían que el modo más seguro de llegar a ella era sustraerse a todas las reflexiones y especulaciones relacionadas con la teoría del conocimiento. Pero por mucho que se le aconsejara a los investigadores atenerse a este “ingenuo realismo”, por entender que era la mentalidad que les convenía e incluso la única saludable, no se logró encerrarlos jamás dentro de esta órbita. Lejos de ello, cada nuevo avance hacia una nueva zona de hechos iba acompañado de problemas que al parecer, solo podían encontrar su solución por el camino de análisis epistemológico. (Cassier, 1979, p. 1)

Con lo anterior es importante resaltar que los cambios no son espontáneos, hay una gran tensión en los problemas de la ciencia que se relacionan directamente con los problemas del conocimiento. Es de esta manera que el carácter epistemológico de la ciencia surge como respuesta a una necesidad de dar respuestas relacionadas con el conocimiento y las dinámicas de producción. Como consecuencia de lo anterior, el realismo de la ciencia física es ahora desplazado por el fenomenismo, las preguntas que ahora se formulaban en el contexto de la ciencia, solo tenían sentido en esta nueva mirada, en la que se iniciaba a reconocer los límites que la ciencia misma tenía; de esta manera los mundos “imposibles” que se trataban de explicar desde la mecánica se ven

en la necesidad de ser ahora explicados desde otro marco teórico, en el que es necesario resignificar la causalidad como una función.

Centrándonos un poco en lo que es el fenomenismo, una de las características que lo define es la forma como se establecen relaciones, es decir, lo que en el mecanicismo se establecía como principio de causalidad, en el fenomenismo es la interdependencia entre fenómenos; lo que indica que la causalidad se concibe, en esta cosmovisión, como una función que posibilita explicar un fenómeno en término de otros fenómenos. Al respecto Mach citado por Cassier (1979) plantea que en un análisis, el objetivo es “permanecer dentro de la órbita de los fenómenos mismos y describirlos tal y como son, en su pura realidad dada, sin ponernos a buscar para ellos cualesquiera fundamentos de explicación no dados. Lo único que la física trata de conocer la interdependencia de los fenómenos, la cual puede comprobarse directamente, sin acudir a ningún tipo de rodeo a través de ninguna clase de sustratos hipotéticos” (p. 10).

Ahora bien, desde la nueva perspectiva no se limita a intentar explicar, sino más bien, se resignifica y cuestiona para así entablar reflexiones sobre el conocimiento; es en este sentido que se le da un carácter epistemológico a la ciencia de tal forma que la pregunta por el conocimiento es legítima de la ciencia y no solo de la filosofía. Estas reflexiones sobre el conocimiento también tienen implicaciones en la enseñanza de las ciencias, al establecer que a cada modo de ver el mundo subyace una manera de significar la ciencia y en consecuencia de enseñarla.

## 2.2.2 La enseñanza en correspondencia con la visión fenomenológica: Resignificación y

### Recontextualización

Las implicaciones que tiene esta concepción de ciencia, que hasta el momento se ha querido resaltar, incluye a los maestros y es por esta razón que debe plantearse la necesidad de la correspondencia entre la concepción de ciencia y la enseñanza de la misma.

En este sentido, el problema del conocimiento, visto desde una perspectiva epistemológica, debe ser el punto de partida de la reflexión que realiza el maestro frente a su disciplina. Por esta razón las preocupaciones del docente se deben enfocar a su saber disciplinar y en consecuencia en la reflexión de la historia. De aquí surge la pregunta ¿Cómo concebir la historia y epistemología en la enseñanza de las ciencias?

Cuando se concibe la historia como “la construcción del hombre a partir de sus interpretaciones” (Aguilar 2006, p. 2) se problematiza el saber disciplinar, se cuestiona la enseñanza de la física, en particular sus problemáticas, es decir “esos problemas que se presentan en la enseñanza de la física deben abordarse desde la reflexión disciplinar en aras de una reorganización conceptual” (Aguilar 2006, p. 5) ; realizar una resignificación es importante en la medida en que según como se entiendan los diferentes conceptos, así mismo se diseñan propuestas de enseñanza y que además permita al maestro reflexionar acerca de ¿para qué enseñar, por qué enseñar y cómo enseñar?

Es por lo anterior que se puede afirmar que un uso adecuado de la historia y la epistemología permite resignificar la física; sobre todo si se asume que cuando el docente es consciente de su

proceso de enseñanza, se preocupa por realizar una reflexión constante de su disciplina y su quehacer en el aula, puede plantear otras maneras coherentes de significar los conceptos físicos.

Ante las problemáticas que se presentan en la enseñanza de la física, Mathews citado por Aguilar, (2006) plantea la necesidad de una enseñanza contextualizada de la ciencia, que destaque los aportes de la historia y la epistemología en el mejoramiento de la enseñanza. Y no solo es contextualizarla, también se debe recontextualizar, es decir, empieza por situarse en un contexto particular, teniendo presente que la intención que tenga cada docente permite ver, de diferentes maneras, las condiciones del contexto, luego se analiza y se reconstruye el contexto, seleccionando aquello que le interesa al docente, para resignificar e interpretar llevándolo a un nuevo contexto de enseñanza.

Es por esto que durante el proceso de investigación se estudia a los teóricos Boyle y Mayer, resignificando a partir de allí los conceptos de calor y temperatura para darle un nuevo sentido en la enseñanza.

En esta misma medida, según como el maestro asuma la ciencia, determina el qué y cómo enseñarla, por lo tanto la historia y la epistemología pueden constituirse en una herramienta para motivar, despertar el interés, proporcionar una mejor comprensión de los conceptos científicos, permitiendo así comprender la manera en cómo estos se generan y establecer relaciones entre los contenidos científicos y los intereses a nivel social y político de los contextos en donde se produjeron dichos conceptos.

Una de las razones por las cuales la historia y la epistemología se vuelven necesarias para la formación, es porque el alumno adquiere más conciencia de su aprendizaje, en la medida en que interioriza que la ciencia no es algo acabado y que, tal como está sucediendo en su proceso, en la ciencia también se generaron diferentes interpretaciones y se buscaron diferentes formas de llegar a un resultado, tomando en cuenta que toda acción corresponde a un contexto específico, es decir, la ciencia y sus dinámicas de producción en ningún momento se desligan de lo cultural.

De cierta forma, la apuesta por este tipo de enseñanza, es la de educar sujetos con un sentido crítico de la ciencia y no un sujeto que replique los modelos ya establecidos. Como lo menciona Campanario & Moya, 1999 “No cabe duda de que el enseñar a los alumnos a observar con ojos críticos es quizás una de las aportaciones más dignas de consideración de una teoría del aprendizaje y la enseñanza que hoy día es casi unánimemente combatida por los especialistas en enseñanza de las ciencias”.(p.182)

Es indispensable que el docente asuma una postura reflexiva y crítica en torno a la ciencia, pero más allá de ello, es también necesario que esas reflexiones se lleven al aula de clase para que el alumno analice y se forme con ese sentido crítico ya mencionado; de esta manera el uso de la historia y la epistemología de la física puede constituirse en una posibilidad para tales propósitos. Al respecto, en esta investigación también es oportuno precisar que en la perspectiva de historia que se quiere adoptar en este contexto, la interpretación es parte fundamental, de esta manera debe ser el maestro quien la realiza, saliéndose de los textos tradicionales para la enseñanza de la física



y teniendo un acercamiento a los clásicos históricos u otros textos, ensayos o tratados que profundicen y evidencien más el proceso de construcción del concepto físico.

### **2.3 Conceptualización de temperatura desde Robert Boyle**

A partir del planteamiento del problema de la investigación y teniendo en cuenta la concepción de enseñanza de las ciencias que se adopta; se realiza la lectura de diferentes teóricos cuyo desarrollo permitieron reflexionar acerca del problema de establecer una diferencia entre los conceptos de calor y temperatura. Es de esta manera que se elige a Robert Boyle para el desarrollo conceptual de temperatura desde la conceptualización de la “cualidad” y las “cualidades accidentales”; de la siguiente manera.

#### **2.3.1 Concepción de la materia**

Uno de los grandes problemas que enfrentaban los pensadores del siglo XVII era la construcción de un marco teórico que diera cuenta de la materia y la naturaleza de los fenómenos, de aquí que resulte relevante lo que, para la época, se denominaba formas y cualidades, partiendo de la teoría corpuscular

El problema de la materia ya se encontraba resuelto, y es el mismo Boyle quien lo constata en los siguientes términos “[por materia] entiendo una substancia extensa, divisible e impenetrable” (Boyle, 1985, p. 194)<sup>1</sup>, es así como las explicaciones de los fenómenos de la naturaleza parten de concebir la materia desde estos tres principios.

---

<sup>1</sup> Traducción realizada por Solis a Boyle (1985)



El autor parte de la consideración de una materia católica entendida como “universal”, esto implica que para estudiarla se debe realizar en toda su “diversidad”, es decir más allá de la composición de la misma, por tanto para “diversificar la materia católica en una variedad de cuerpos naturales, habrá que poseer movimiento en algunas o en todas sus partes designables (Boyle, 1985, p. 194). Esto implica que el movimiento es la causa general de los cambios de la materia.

### **2.3.2 Concepto de cualidad: una posibilidad para conceptualizar temperatura**

En el lenguaje cotidiano cuando se habla de cualidades, muchas veces se está refiriendo a características que son propias de los cuerpos como por ejemplo reconocer algunos por su aroma o forma; al respecto es oportuno resaltar que esta manera de referirse a los cuerpos también es aplicable en el contexto de la física, podemos hacer referencia de los fenómenos en términos de las cualidades; es justamente a partir de las cualidades que podemos organizar los fenómenos en marcos teóricos particulares.

Al considerar que esta manera de significar la cualidad, planteada por Boyle en su obra Física, química y filosofía mecánica: consideraciones y experimentos sobre el origen de las formas y cualidades, allana el camino para resignificar el calor como variable de proceso, la conceptualización de calor que aquí se plantea, se inicia con una reflexión sobre lo que se entenderá por cualidad en esta investigación.

Desde los planteamientos de Boyle se puede interpretar cualidad como “el estar del cuerpo”; es decir las cualidades son las características que permiten hablar de un cuerpo, por ejemplo de su

color, forma, tamaño y demás; las cualidades son etiquetas que se le dan a los cuerpos para poder hablar de ellos.

Boyle establece que las cualidades inherentes no son las únicas que darán cuenta de una construcción del mundo físico, por tanto se requiere la ocurrencia de otras cualidades o causas para hablar de él. Este teórico lo justifica afirmando que un cuerpo no se debe considerar “aisladamente”, tal y como es en sí mismo, por el contrario, ha de pensarse como parte del universo situándose entre otros cuerpos con los que puede interactuar (Boyle, 1985). Es entonces como se hace la distinción entre cualidad inherente y cualidad accidental.

Referente a esta última el autor plantea:

Por aquí se considera que, además de esa modificación peculiar y esencial que constituye un cuerpo y lo distingue de todos los demás que no son de la misma especie, puede haber ciertos otros atributos que llamamos extra-esenciales, que pueden ser comunes a ese cuerpo con muchos otros, y sobre el cual puede depender aquellas afecciones más externas de la materia que pueden ser suficientes para darle esta o esa relación con otros cuerpos, diversos de los que las relaciones nosotros bautizamos cualidades. (Boyle, 1991, p.112)

De acuerdo con lo anterior, las cualidades accidentales son resultado de las relaciones con otros cuerpos. En este sentido se puede decir, que hablar de cualidades es posible en el establecimiento de relaciones, en estos términos la cualidad es una etiqueta o nombre que se da a una relación entre cuerpos.

Consecuente con lo anterior se puede afirmar que las cualidades no tienen existencia en los cuerpos sino que son producidas. Al respecto Boyle (1985) plantea el movimiento local como el principal agente de las causas segundas, en las que resalta: la forma, tamaño y textura; concurridas en los fenómenos de la naturaleza; no obstante, es necesario precisar que si bien estas cualidades tienen su ocurrencia en la comparación o relaciones con otros objetos, en lo que pueden aparecer, en muchos casos como efectos, también puede suceder que resulten en otros casos como requisitos o causas; es decir, en unos casos una cualidad puede ser asumida como efecto y en otros casos como causa.

Para ejemplificar mejor Boyle propone la siguiente situación

Aunque la redondez no sea más que accidental para el bronce, con todo es esencial para una esfera de bronce, pues aunque el bronce estuviese privado de redondez (como ocurriera si fuera cúbico) seguiría siendo una sustancia corpórea, pero sin dicha redondez no podría ser una esfera (Boyle, 1985, p.224)

En efecto vemos que la forma es una cualidad necesaria para darle la característica de esfera de bronce, haciéndola comparable incluso con otros cuerpos hechos de la misma sustancia o materia.

Otro ejemplo cotidiano es pensar en dos cuerpos, uno de hierro y otro de madera; cualquier sujeto podría pensar que estos cuerpos no tienen relación alguna, el uno con el otro, sólo puede pensarse que uno actúe sobre el otro, es decir, en palabras de Boyle “el movimiento puede poner en

movimiento las partes de otro cuerpo, produciendo de este modo en ellas un cambio de situación y textura o de alguna otra de sus afecciones mecánicas” (Boyle, 1985, p.220). Según lo anterior para que se presenten este segundo tipo de cualidades llamadas accidentales los cuerpos deben estar en una interacción con otros cuerpos.

Ahora bien, es importante mencionar que según Boyle (1991), las cualidades proceden de la grandeza, la forma y contextura de la materia, de esta manera si dos cuerpos poseen una misma cualidad y a su vez a la estructura de la que dicha cualidad depende, entonces estos cuerpos pueden coincidir en otras cualidades; para ejemplificar la situación plantea que:

Si un cuerpo es tan enmarcado y estirado como para ser debidamente movido por otro cuerpo para poner el aire en un movimiento ondulante lo suficientemente rápido para ser escuchado por nosotros, lo llamamos sonoro ya sea de una campana metálica, cuerdas.... No si diferentes cuerpos parecidos causan movimientos ondulantes en el aire, estos cuerpos no sólo en general dan un sonido, sino que producirán ese grado particular de sonido denominado la misma nota (Boyle, 1991, p.112)

Este ejemplo indica que a pesar de tener diferentes objetos con diferentes cualidades, tal como sucede en el caso anterior, estos en sus cualidades tienen una en común y es la de producir sonido, pero dependiendo de la estructura de ese sonido pueden tener, a su vez, otra cualidad derivada de esa otra, la cual denomina “la misma nota”.

Vemos con la situación anterior, como la ocurrencia de una cualidad dada por un movimiento en el aire, genera como efecto particular en estos objetos tener la misma nota, esto se justifica desde lo que se interpreta por causalidad para Robert Boyle, quien asume la causalidad desde una perspectiva fenomenológica; por tal motivo cuando se habla de movimiento como causa se habla también de movimiento como efecto. Esto es importante indicarlo puesto que será un punto de partida para interpretar la temperatura.

Por otro lado, dentro de las cualidades accidentales se encuentran las cualidades sensibles, que están relacionadas con los órganos de los sentidos; para Boyle lo sensible es un aspecto importante para hablar de cualidad, puesto que estas dependen de quien las perciba, es decir, se necesita un sujeto dotado de órganos sensoriales que le permita ser afectados por el estado de los cuerpos. Si no existiese dicho supuesto, el autor defiende que los cuerpos estarían dotados de cualidades sensoriales “dispositivamente” como un modo de ser diferenciable del modo como las cualidades de tamaño, forma ... estarían presentes en los cuerpos (Saverghini, 2007) para que esto ocurra, se considera necesario la interacción entre cuerpos, objetos o sistemas (Boyle, 2007). En ese sentido, Boyle precisa que aquello que llamamos “sensaciones” está dado por una interacción.

Por otra parte, también es importante precisar que para Boyle, cualidad sensible y sensación, son diferentes. Al respecto expresa:

El conocimiento que tenemos de los cuerpos externos a nosotros, siendo en la mayoría de ocasiones producido por las informaciones que la mente recibe mediante los sentidos, hace



que apenas conozcamos otra cosa de los cuerpos que no sea lo que ellos pueden operar sobre nuestros sentidos salvo sus cualidades. (Boyle, 2007, p.70)

De acuerdo con lo anterior se entiende que las cualidades sensibles hacen que no se perciban todas las cualidades de un cuerpo, por ejemplo hay cambios que se producen al interior del mismo y que no son posibles sentir, además en muchas situaciones pueden dar una información que no es del cuerpo sino que es asignada por el sujeto quien las percibe.

### **2.3.3 La temperatura como una cualidad accidental**

Para iniciar, conviene resaltar que los análisis realizados señalan que la manera usual de significar temperatura, en algunos casos presenta serias dificultades en la enseñanza de la termodinámica. Estas dificultades han motivado un proceso de indagación en el que se considera que, una ruta posible para conceptualizar temperatura que ayude a superar las dificultades, planteadas en esta investigación, es conceptualizar la temperatura a partir de las cualidades accidentales, consideradas por Boyle (1985).

La temperatura se asume como una cualidad accidental, dado que se hace necesario establecer relaciones entre cuerpos para poder declarar su existencia, en este sentido se puede pensar en temperatura como un “estar del cuerpo”.

Al respecto Boyle plantea la siguiente situación:



Así, cuando una barra de hierro se ha martillado con violencia, aunque sigue siendo de hierro, y no se altera visiblemente en su textura, las partes insensibles, sin embargo, pueden haber sido puestas dentro de una agitación tan vehemente que puede calentar demasiado la barra como para sostenerla con nuestras propias manos. Si usted martilla una larga y delgada pieza de plata, aunque el cambio de textura no será visible, esta adquirirá una elasticidad que no tenía antes; y si deja esta pieza de plata martillada un rato sobre las brasas encendidas, y después de dejar que se enfríe, aunque su ojo percibirá posiblemente un poco que el fuego ha alterado su textura, en relación de como estaba antes de que el martillo la golpeará, también encontrará la elasticidad destruida. (Boyle, 1991, p.112)

Si se estudia detalladamente este ejemplo se puede encontrar que el autor parte del movimiento que, tal y como se ha mencionado anteriormente, es el origen de las cualidades accidentales. Nótese que en situaciones como frotarse las manos, golpear un cuerpo o como se muestra en el ejemplo “martillar un trozo de hierro”, pueden producirse algunos cambios en la textura del cuerpo que no necesariamente son visibles, más fácil desde el lenguaje común pueden resultar expresiones como “el cuerpo está caliente”; pero de acuerdo a la postura que se quiere tomar desde Boyle al martillar la pieza el causante del calentamiento interno de las partículas del hierro es el movimiento, es decir el cuerpo adquiere una nueva cualidad sin necesidad de que esta sea visible pero que son generados por la interacción con otros objetos.

Boyle es preciso en afirmar que los sentidos son engañosos, por esta razón parte de los principios de la teoría corpuscular para aclarar que cuando un cuerpo, como el trozo de hierro,

presente cambios internos como la agitación de sus partículas no va a dejar de ser hierro, es decir, su esencia no está determinada por la textura, esto implica que hay otras cualidades estructurantes que lo hacen ser hierro porque si la naturaleza de este estuviera determinado por la textura al martillar entonces dejaría de ser lo que es y perdería su esencia.

Es así como se afirma que lo que se produjo al martillar el hierro fue una nueva cualidad accidental llamada temperatura, pues fue generada a partir de un movimiento en donde se dio una interacción entre cuerpos (la pieza de hierro y el martillo). La pieza luego de ser martillada adquiere una nueva condición la cual en términos cotidianos se dice que “se calienta”. Lo sucedido en términos de lo que propone Boyle se puede explicar en el sentido en que el hierro adquiere una nueva cualidad (temperatura), pero luego de un determinado tiempo se enfría y pierde la condición.

Otro ejemplo que se puede traer a colación es cuando el agua es congelada o evaporada. La estructura molecular del agua cambia y se puede alterar la condición de “ser” agua, cuando esta es evaporada es porque sus partes han sufrido alteraciones, se ha dado una agitación en sus partículas y por consiguiente ha adquirido una nueva cualidad accidental la cual va a permitir que se puedan comparar y establecer relaciones entre los diferentes estados y de esta manera atribuirles una característica como de agua líquida, sólida, o vapor de agua; hoy particularmente, esta cualidad permite determinar el punto de fusión y ebullición del agua.

Es así como a partir de los invisibles cambios hechos en el interior de un cuerpo es suficiente para producir nuevas cualidades en su textura y diferenciarse de otros cuerpos de la misma clase.

Por otro lado Boyle afirma que el sol posee la facultad de cambiar ciertas propiedades del cuerpo (endurecer el barro, poner la piel morena...) sin embargo debe entenderse que dichas virtudes no son propiamente del sol sino “tan sólo de productos de su calor (que no es a su vez sino el movimiento local vivo y confuso de las diminutas partes de un cuerpo)” (Boyle, 1985, p.208).

Es evidente que el autor se refiere a temperatura como algo no inherente al cuerpo, por tal razón se piensa en cualidad accidental, donde el movimiento de los corpúsculos da cuenta a lo que él se refiere como una causa.

En esa misma línea no sólo se permite realizar comparaciones entre diferentes cuerpos que adquieren una determinada temperatura, sino que también éstos pueden interactuar entre sí hasta alcanzar la misma temperatura; es decir, considerando el ejemplo anterior si se mezclara agua con hielo, físicamente se puede afirmar que cada uno tiene un estado diferente pero luego de ponerlos en contacto se observa un cambio de estado en ambos; esto se puede justificar por la interacción entre ambos cuerpos, logrando una transferencia de energía que más adelante se desarrollara para conceptualizar lo que es calor.

## 2.4 Conceptualización de temperatura desde Joseph Black

Lo que hasta ahora se ha tratado de construir como resignificación de la temperatura difiere de algunas interpretaciones que actualmente se tienen, las cuales suelen asemejarse a la postura de Joseph Black, pues con relación al ejemplo anterior el calentamiento que se produce al martillar la pieza es medido y ese valor cuantitativo es denominado temperatura. Se hace necesario mostrar entonces una postura diferente desde otro teórico para evidenciar un poco el desarrollo que ha tenido la definición de este concepto, pues en contraposición a la temperatura como cualidad accidental, Joseph Black la concibe como una medida del calor.

La temperatura mide el nivel térmico o grado de calentamiento de los cuerpos. Ya el hombre primitivo debió darse cuenta de que la temperatura era un atributo de los cuerpos, que impresionaba los sentidos de una manera particular, independientemente del estado es decir en reposo, en movimiento, arriba, abajo, fragmentado. Por ejemplo piensa en la siguiente situación: dos piedras iguales ofrecerían a tus sentidos sensaciones diferentes si una de ellas había sido calentada por el sol. La clasificación de los diferentes estados térmicos fue muy simplista: caliente, tibio (como el cuerpo humano), templado (con el ambiente) y frío, enriqueciéndose con modos comparativos como 'frío como el hielo', frío como el invierno, caliente como el verano, caliente como el agua hirviendo, caliente como el fuego. (Martínez, 1992, p.574)

De acuerdo con lo anterior si el calor puede ser medido entonces para hallar “la medida del calor” de un cuerpo debe establecerse una relación con otro para cuantificar la condición o “estado” en la que se encuentra; en otros términos podría afirmarse que el calor es una cualidad del cuerpo. Es en este sentido que se hace necesario hacer una resignificación a este concepto para poder establecer una diferencia con respecto a la temperatura.

### **Las fuentes de calor:**

Generalmente surgen preguntas como ¿de qué manera surge el calor o cómo aparece el frío? , Black (1803) considera que el calor tiene una fuente o causa en el sol y en los incendios; siendo el sol la principal fuente de calor puesto que cuando brilla se observa que todo lo que se encuentra alrededor se calienta; en esta línea se establece una relación entre el calor y el sol, porque cuando el sol brilla se escuchan expresiones como “está haciendo mucho calor” pero cuando el sol desaparece “el calor rebaja”.

Es importante aclarar que no interesa la naturaleza del fenómeno, el autor hace referencia a ello cuando afirma que “[...] se debe empezar por dejar a un lado todos los prejuicios y suposiciones sobre la naturaleza del calor y el frío” (Black, 1803, p.25) y es de esta manera que el interés por las fuentes de calor se fundamenta en la importancia de considerar que un cuerpo puede poseer calor; lo anterior debido a que sí es considerado el sol como una fuente principal quiere decir que este aporta o transmite algo a otros cuerpos, en este caso calor; es así como aporta una condición diferente a cada cuerpo, una condición de calor, permitiendo que esta sea comunicada entre diferentes organismos afectándose unos con otros.



En consecuencia, de acuerdo con Black, la fuente puede poseer calor y puede transferirlo a otros cuerpos. Este autor considera dos fuentes de calor, el sol y el fuego de allí surge una pregunta ¿después de los cuerpos ser provistos de calor, pueden también ellos ser fuentes del mismo? De acuerdo a la cita anterior puede interpretarse esta pregunta como verdadera, pues afirma que los organismos a los que se les ha comunicado el calor pueden afectar a otros, esto quiere decir que tras una transferencia de calor adoptada por una fuente principal, los cuerpos poseen calor y puede ser transmitido a otros.

Lo anterior relacionado con el calor pero ¿existen fuentes de frío? frente a esta pregunta el autor plantea que no existen fuentes de frío, simplemente se considera el frío como ausencia de calor, al respecto Black (1803) plantea “no veo ninguna razón para considerar frío como cualquier cosa, sino una disminución del calor”; sin embargo a partir de los sentidos muchas personas pueden expresar que algunos objetos tienen la cualidad de frialdad por ejemplo al tocar gran cantidad de hielo, así como el hierro caliente puede tener una cualidad de calor.

## **2.5 Conceptualización de calor a partir de los planteamientos de Robert Mayer**

Son muchos los teóricos que han aportado en la construcción de los conceptos de calor y temperatura entre ellos Joseph Black (temperatura), James Prescott Joule y Julius Robert Mayer, en los análisis realizados se logra evidenciar como la resignificación del calor planteada por Mayer (1842) obedece a unas condiciones propias del siglo XIX. En este sentido Kuhn (1996) señala que la conservación de la energía se convierte en el primer eslabón en la configuración de un nuevo

enfoque metodológico en el que la interdependencia de los fenómenos se constituye en una nueva forma de explicación. Es en este contexto donde Mayer (1842) reformula el calor en relación con el trabajo y la conservación de la energía.

Mayer, en sus viajes como médico a extremo oriente, observó una particularidad en la coloración en la sangre, esto lo lleva a reflexionar y pensar que en las altas temperaturas de los trópicos el ser humano necesita menos energía y, por tanto, consume menos oxígeno. “De esto concluyó que el calor era un tipo de energía, y que la energía se conservaba” (Greiner, Neise ,& Stöcker, s.f, p.2)

Entre las observaciones encontradas se resalta la relación entre el movimiento muscular con la energía de la comida, encontrando que calor, energía mecánica y energía química son intercambiables y “convertibles”, de esta manera pudo calcular el calor equivalente a la cantidad de energía mecánica dada. (Acosta, 2010)

Ahora bien, de acuerdo a lo anterior la interpretación mecánica del calor, se realiza a partir de la teoría cinético-corpúscular, es decir en ese continuo movimiento de partículas pequeñas y que forman la materia y que se da de manera diferente en sólido, líquido y gaseoso. Estando la temperatura relacionada con la energía cinética media de sus partículas.

No obstante a mediados del siglo XIX, Mayer más allá de realizar la relación calor-energía consolida la ley general de la conservación de la energía y realiza grandes aportes a la termodinámica. Contrario a los planteamientos habituales sobre el calor, Mayer expresa: “escribió que el calor era una fuerza que puede ser transformada en fuerza mecánica. El calor producido por un cuerpo debe encontrarse en una relación numérica invariable, con el trabajo necesario para producirlo”.

Un teórico contemporáneo a Mayer fue James Prescott Joule, quien “realizó numerosos experimentos que verificaron las ideas de Mayer y de Rumford y abrió paso al establecimiento definitivo de las relaciones entre los conceptos de energía, calor y trabajo”. Tanto Mayer como Joule dieron un gran avance dentro de la física en precisar la naturaleza del calor “Aunque siguieron caminos distintos, llegaron a la misma conclusión: utilizando su mismo lenguaje, calor y energía mecánica son intercambiables; es decir, una cantidad dada de trabajo siempre se transforma en una misma cantidad de calor y viceversa”

Mayer (1842) en su obra: *Fuerzas inórganicas de la naturaleza* explica varios fenómenos desde la conceptualización de la energía. En esta incluye la formulación del concepto de calor mediante algunos ejemplos en relación con la energía. Al respecto considera: “Sabemos que el calor hace su aparición cuando las partículas separadas de un cuerpo se aproximan más cerca unas a otras: la condensación produce calor” (Mayer, 1842, p.375); esto permite pensar que en esta situación se presenta una interacción de las partículas entre sí, bien sea a una distancia corta o considerable. Según Mayer (1842) es en este tipo de interacciones donde se presenta la convertibilidad de los

fenómenos y en consecuencia en este proceso se puede establecer la relación entre lo que se entiende por calor y energía.

Para ilustrar esta situación, Mayer (1842) parte de la fuerza de caída y su relación con el movimiento y por consiguiente con el calor, plantea que la fuerza de caída antes de que pueda convertirse en calor debe dejar de existir como movimiento. En tal sentido Mayer afirma:

Si la fuerza de caída y el movimiento son equivalentes al calor, el calor debe también, naturalmente, ser equivalente al movimiento y a la fuerza de caída. Como el calor aparece como un efecto de la disminución de la masa y del cese de movimiento, entonces también el calor desaparece como una causa cuando sus efectos son producidos en la forma de movimiento, expansión o elevación de peso. (1842, p.375)

Tal como se observa, estos postulados se pueden situar en la nueva manera de significar la causalidad como una función en la que el análisis se centra en la interdependencia de fenómenos y no en las causas únicas, es decir, ahora un fenómeno es explicado en términos de otros fenómenos. Del mismo modo este teórico estructura la conservación de la energía desde la indestructibilidad de las causas, expresa que una fuerza que ya existe no se puede aniquilar, simplemente puede cambiar su forma, convertirse en otra causa o efecto. Al respecto señala:

[...] si se rozan dos placas de metal, vemos que desaparece el movimiento, y por otro lado hace su aparición, el calor, y tenemos ahora sólo para preguntar si el movimiento es la causa

del calor. El movimiento no tiene algún otro efecto que la producción de calor y el calor alguna otra causa que el movimiento. (Mayer, 1842, p.375)

En esta medida una posible causa de que exista el calor es el movimiento pero a su vez el calor puede producir movimiento de acuerdo con la convertibilidad los fenómenos.

De acuerdo con lo anterior se evidencia, como en este tipo de procesos: convertibilidad e indestructibilidad se puede establecer lo que se entiende por calor, desde la interacción entre cuerpos en movimiento.

Después de realizar un pequeño esbozo por la forma como Mayer estudió y concluyó parte de la teoría de calor es importante mencionar que para la investigación se hace fundamental el estudio de este teórico en el sentido en que sus aportes dejan en manifiesto el calor como una interacción, aclarando que en sus investigaciones se habla en términos de “fuerza” haciendo referencia a la energía o a todo aquello que produce movimiento.

La resignificación de los dos conceptos anteriores ha permitido establecer una diferencia entre los conceptos de calor y temperatura, la primera como la interacción del sistema (proceso) y la segunda como el estar del sistema (estado).



## Capítulo 3. Marco Metodológico

### 3.1 Caracterización de la investigación

Esta investigación está enmarcada en el enfoque cualitativo. Este enfoque permitió una recontextualización de los conceptos de calor y temperatura, mediante la participación activa de las investigadoras, los impactos del contexto, y los planteamientos de los teóricos Robert Boyle y Robert Mayer.

La investigación se propone acorde a los planteamientos de Hernández quien establece que en el enfoque cualitativo existe una variedad de concepciones o marcos de interpretación, pero en todos ellos hay un común denominador que podríamos situar en el concepto de patrón cultural (2006). Consecuente con esto, en el trabajo investigativo se tendrá presente el análisis de cómo los estudiantes comprenden los conceptos de calor y la temperatura desde su entorno, es decir, desde el manejo de su propio lenguaje.

Esta investigación se realiza con un estudio instrumental de casos, el cual posibilita evidenciar las significaciones de calor y temperatura que dan cuatro casos; de acuerdo con Stake (1998) un estudio de casos es el estudio de la particularidad y de la complejidad de un caso singular, para llegar a comprender su actividad en circunstancias concretas.

Es por lo anterior que el contexto en el cual se desarrollará la investigación cobrará un valor significativo debido a que los temas y dificultades presentados en él serán tomados como punto base en la investigación.

Se realiza una observación no participativa, siendo importante la intervención y la relación de los investigadores con el caso, puesto que este se tendrá presente en su particularidad buscando de esta manera estudiarlo en toda su complejidad para llegar a comprenderlo dentro de su contexto, esto hace que sea de carácter naturalista y fenomenológico.

Como lo plantea Stake, “un caso puede ser un grupo de personas, un niño, en sí es algo específico y complejo en su funcionamiento” (Stake 1998, p.16) y en ese mismo sentido, teniendo en cuenta el carácter instrumental del estudio, “Cada estudio de casos es un instrumento para aprender sobre los efectos de las normas de calificación, pero deberá existir una buena coordinación entre cada uno de los estudios individuales.” (Stake 1998, p.17) Por ello se hace una elección de un caso, con cuatro informantes escogidos con ciertos criterios para recoger la información pertinente, y así cumplir el objetivo de esta investigación.

Como lo menciona (Díaz De Salas, Mendoza, & Porras, 2011) el estudio debe tener:

- Una planeación
- Un desarrollo metodológico
- Un sistema de comunicación de resultados

- Un sistema de evaluación

En ese sentido, la investigación debe tener definidos unos antecedentes como punto de partida para realizar la planeación y de acuerdo a esta diseñar la ruta o plan de trabajo.

Una de las preocupaciones en todo tipo de investigación es la validez del estudio, por esta razón el investigador debe estudiar los métodos de recolección y el análisis de la información, para que ésta sea consecuente y válida para los resultados finales. Es importante aclarar que en el estudio de caso, dentro de la investigación cualitativa, los resultados se enfocan a un contexto particular por esta razón se hablan de problemas de investigación y no de hipótesis.

De acuerdo a lo anterior mediante el estudio de casos se puede construir la siguiente ruta que puede orientar al investigador en sus tareas de forma sistemática:

- A. Contextualizar el problema y describir claramente la Unidad de Análisis
- B. Someterlo a un protocolo de investigación.
- C. Determinar el método de análisis (validar las técnicas e instrumentos que se van a utilizar –desarrollo metodológico).
- D. Organizar los datos obtenidos y presentarlos de manera que se observen claramente los elementos y relaciones entre ellos y la unidad de análisis (sincronía).
- E. Establecer alternativas o cursos de acción, de acuerdo a lo encontrado.

Debe entenderse que la naturaleza de la investigación cualitativa permite observar la ruta no de manera unidireccional, sino por el contrario, de forma cíclica, de manera que el investigador a medida que se incluye en el contexto y las observaciones puede pasar de un paso A al C y a su vez puede devolverse . Esto puede suceder por ejemplo cuando se establece el problema pero a medida en que se determina el método de análisis se observan ciertas irregularidades u otros posibles problemas que influyan en la investigación haciendo que el investigador se devuelva al planteamiento y precisarlas.

### **3.2 Estudio de casos**

Para los intereses de la investigación fueron seleccionados cuatro casos del grado decimo de la Institución Educativa Comercial de Envigado, casos con edades entre 15 y 16 años, que estuvieran viendo en física los conceptos de calor y temperatura, para su selección se tuvo en cuenta los siguiente criterios: disponibilidad horaria de los estudiantes, debido a que se requería implementar algunos instrumentos fuera de la jornada escolar, el compromiso y la responsabilidad ya que de esta manera se podía garantizar la continuidad evitando así retrasos en el proceso de investigación, también se tuvo en cuenta aspectos como el buen rendimiento académico, pues se considera que este tipo de estudiantes poseen la facilidad de explicitar con mayor claridad sus niveles de comprensión sobre calor y temperatura.

Los criterios que se tuvieron en cuenta parten de la selección de muestras no probabilísticas las cuales Hernández (2010) denomina muestras dirigidas, pues la elección de casos depende de los criterios del investigador.

### 3.3 Contexto de la investigación

La investigación se realiza en la Institución Educativa Comercial de Envigado, ubicada en el sector de la Mina, zona 6 de Envigado Antioquia. Este municipio se ha caracterizado por sus logros no solo a nivel cultural, sino también en su calidad educativa debido a que cuenta con las instalaciones educativas más modernas y mejor dotadas del departamento de Antioquia. La Mina cuenta con más de 10000 habitantes de estratos socioeconómicos 1, 2 y 3; sobresaliendo más el estrato 2.

La institución Educativa Comercial de Envigado conocida por todos los habitantes como Liceo Comercial debido a que anteriormente implementaba la media técnica en dicho énfasis, cuenta con buen material de apoyo para las clases ( material didáctico ) uno de estos es el aula de matemáticas, está bien dotada de equipos tecnológicos en cada una de las aulas, laboratorios ,sala de sistemas y aulas especializadas, cuenta además con varios semilleros como el semillero de matemáticas y el de astronomía que complementan y profundizan en temas poco desarrollados durante su jornada de estudio.

La Institución Educativa se acoge al calendario escolar estipulado por el MEN y la secretaría de educación de Envigado, además ofrece a la comunidad una formación integral en los niveles de preescolar, básica secundaria y media, mediante el desarrollo del proceso de enseñanza que responda a los retos y necesidades de la sociedad actual, preocupándose de esta manera por el entorno en la que se encuentra ubicada y teniendo en cuenta sus estudiantes y sus condiciones no



solo a nivel económico y psicológico, sino también físicas debido a que la institución tiene una estructura en el que las personas con discapacidad o movilidad reducida tengan la posibilidad de desplazarse por los 5 pisos que tiene la Institución sin ninguna dificultad, sea por medio de rampas o por ascensor.

Para la Institución es importante fomentar en los estudiantes una visión crítica y reflexiva del mundo, curiosidad y asombro ante lo que se les presenta, que sean autónomos en la búsqueda de conocimiento, también busca que los estudiantes se reconozcan a sí mismos y al otro de forma respetuosa y con una visión clara de la sociedad teniendo en cuenta todos los conflictos sociales que se presentan en la misma y de los cuales son vulnerables la población más joven.

### **3.4 Recolección de la información**

Los instrumentos empleados para la recolección de datos se construyeron en la medida en que se hacía la resignificación de los teóricos Robert Boyle y Robert Mayer, entre ellos se empleó el cuestionario, la oposición dialógica y la actividad experimental.

La construcción de cada uno de los instrumentos tuvo como objetivo identificar la noción que tienen los estudiantes frente a lo que es cualidad, temperatura y calor. Las preguntas abiertas surgieron a partir de la reflexión construida a partir de los textos Física, química y filosofía mecánica: consideraciones y experimentos sobre el origen de las formas y cualidades Parte teórica; Documentos filosóficos exclusivos de Robert Boyle : Introducción a las cualidades particulares y Fuerzas orgánicas de la naturaleza; así como también la modificación de algunas situaciones

planteadas en los textos para hacer comprensible el discurso para el caso y que permitieron conceptualizar temperatura como cualidad accidental.

El diario de campo fue desde un inicio fundamental en la construcción del proyecto de investigación, puesto que permitió realizar cada uno de los registros importantes dentro del proceso investigativo, por ejemplo a partir de este se lograron determinar los criterios de selección de los casos y plantar cada una de las problemáticas observadas durante el aula de clase.

*El cuestionario* es un conjunto de preguntas preparado de forma sistemática y cuidadosa, que “obedece a diferentes necesidades y a un problema de investigación, lo cual origina que en cada estudio el tipo de preguntas sea distinto”(Hernández, 2010, p.221), para este caso se emplearon preguntas abiertas ya que proporcionan una información más amplia de los casos seleccionados, estas preguntas son apoyadas con situaciones que permiten profundizar más en las opiniones y en la forma en que comprenden los diferentes casos.

Para la construcción del cuestionario nos basamos en los pasos planteados por Sierra Bravo (1989):

1. Formulación de objetivos
2. Determinación de categorías

3. Planificación del contenido: construcción del contenido, especificación de las preguntas más adecuadas y las categorías más convenientes.
4. Elaboración formal, redacción formal de las preguntas con sus criterios.
5. Juicio crítico
6. Reformulación
7. Cuestionario definitivo.

*La oposición dialógica* es un instrumento en el que se emplearon fragmentos de los teóricos Robert Boyle y Joseph Black frente al concepto de temperatura y para el concepto de calor se eligieron los teóricos Robert Mayer y Joseph Black, el objetivo fue reconocer las diferentes interpretaciones que construyen los casos a partir de un contexto histórico; lo que se hizo fue tomar un apartado textual de cada teórico realizando una interpretación de cada uno para que fuera comprensible su lectura.

*Actividad experimental* es un instrumento que propende la manipulación de algunos materiales con el objetivo de construir un termómetro. Este instrumento se construye a partir de la resignificación de temperatura de Joseph Black y se busca que el caso reflexione y analice porqué se habla de la “medida” de la temperatura, e interpretar la longitud que describe el artefacto.

### 3.4 Análisis de la información

Lo que se busca en un estudio cualitativo es obtener datos (que se convertirán en información) de personas, seres vivos, comunidades, contextos o situaciones en profundidad; en las propias “formas de expresión” de cada uno de ellos (Hernández, 2010) en este sentido y siguiendo con los objetivos de la investigación, pretendemos identificar mediante los datos esas concepciones, representaciones y esquemas de los estudiantes sobre temperatura y calor.

“Una de las características de la investigación cualitativa es la paradoja de que aunque muchas veces se estudia a pocas personas, la cantidad de información obtenida es muy amplia” (Fernández, 2006, p.1), debido a la multiplicidad y variedad de técnicas para la recolección de datos cualitativos, entre ellas entrevistas, cuestionarios, etnografías, encuestas, documentos, videos, entre otras; utilizados acordes a la finalidad de la investigación.

El análisis de datos es un proceso en continuo progreso en la investigación cualitativa. La recolección y el análisis de datos van de la mano, por tanto no sigue un esquema rígido y se conoce con el nombre de "espiral de comprensión", "análisis cíclico" o "análisis en progreso". Cada investigador deberá desarrollar un proceso de análisis adecuado, puesto que el análisis de datos cualitativos tiene que ver más con la habilidad creativa del investigador que con una habilidad meramente técnica. (Rodríguez & Valldeoriola, 2009)

Para el caso particular del trabajo de investigación, el marco teórico juega un papel fundamental, por tanto la recolección y análisis de la información se vinculan con los teóricos Robert Boyle y Robert Mayer; puesto que la resignificación realizada a partir de sus obras aportaron a la construcción de los instrumentos, además se convierten en el punto de partida para comprender las problemáticas de tipo conceptual que tienen los estudiantes, de igual forma durante el análisis se llevará una relación constante entre el caso, los teóricos y las investigadoras.

Para llevar a cabo el análisis de la información, se establecen una serie de categorías. Cabe resaltar que “las categorías son conceptos, experiencias, ideas, hechos relevantes y con significado” (Hernandez, 2010, p.494). Estas surgen inicialmente de la indagación sobre el o los fenómenos a investigar, en nuestro caso como comprenden los integrantes del caso, los conceptos de calor y temperatura. Al realizarlas permiten un mejor análisis de los datos.

Por otro lado, en el análisis de datos cualitativos en su mayoría se hacen transcripciones, se interpretan textos escritos o esquemas arrojados por los informantes, donde se evidencian lo que piensan y comprenden. Una forma de sistematizar la información es el uso de matrices, en ellas se incluye la codificación que es el proceso de analizar y clasificar la información de manera que pueda ser vinculada con la teoría, también se relacionan las categorías ya que estas últimas le dan un sentido a los datos y permiten reducir la información.



La forma en que se analizaron los datos fue a partir de palabras y líneas, lo primero que se hizo fue establecer las categorías, para hacer luego una triangulación entre lo que postula cada uno de los autores analizados, la forma en que comprenden los casos y cada una de las interpretaciones por parte de las investigadoras; en el siguiente capítulo se ampliara con detalle la forma de proceder en este análisis.

#### **Capítulo 4. Hallazgos**

De acuerdo con las intenciones de la investigación se recolecta la información a partir de los instrumentos aplicados, para establecer categorías referentes a los conceptos de calor y temperatura, desde las diferentes interpretaciones y perspectivas arrojadas por los casos, estas categorías permiten organizar la información de una manera coherente y organizada, cabe resaltar que estas surgieron de los instrumentos en el momento en que eran definidos los conceptos de calor y temperatura, en una correspondencia con las categorías apriorísticas presentadas en el planteamiento del problema y en los aportes dados desde los diferentes planteamientos de teóricos analizados.

Luego de realizar un análisis de cada instrumento por palabras y por líneas de la información obtenida por cada caso, se realizará en este apartado un análisis de las siguientes categorías evidenciadas concurridamente en los diferentes instrumentos:

En primera instancia se analiza *la temperatura como cualidad*, donde se muestra la tendencia a considerar la temperatura como una cualidad inherente al cuerpo o la necesidad de determinarla por medio de los sentidos. Posteriormente se encuentra la categoría de *la temperatura como medida del calor*, cuyo análisis permite comprender la temperatura en términos de calor, la cual se asocia a los planteamientos de Joseph Black al considerar la temperatura como un grado de calentamiento, donde la temperatura adquiere un valor cuantificable.

Por otro lado se encuentra la categoría *los cuerpos poseen calor o el calor es producto de las interacciones* donde se muestra la dualidad del discurso y la correspondencia con el lenguaje común de los casos considerando el sol como una fuente principal de calor. Y por último *la temperatura como sinónimo de calor*; esta última se convierte clave para el desarrollo del planteamiento del problema puesto que lo que se busca es establecer una diferenciación entre estos conceptos.

La finalidad es analizar de qué manera comprenden los casos y luego mostrar de manera puntual cómo serán asumidos los conceptos de calor y temperatura en la investigación.

#### **4.1 La temperatura como cualidad**

En esta investigación el proceso de conceptualización de la temperatura fue abordado a partir del concepto de cualidad, por esta razón, para su análisis se hizo necesario examinar ¿qué se entiende por cualidad? Es importante mencionar que la resignificación de este concepto se hizo desde los planteamientos de Boyle (1985) y las interpretaciones que se hacen de los modelos explicativos de los casos seleccionados.

Para Boyle (1985) la cualidad puede ser asumida como el “estar de un cuerpo”, es decir, la cualidad nos permite hablar de un cuerpo en relación con otros: un cuerpo puede estar más caliente que otro, un cuerpo puede ser más grande que otro, un cuerpo puede ser más duro que otro o un fluido puede ser más denso que otro.

Atendiendo a estas consideraciones resulta inadecuado analizar estas propiedades del cuerpo en sí mismo; por el contrario, hablar de estas propiedades tiene sentido en la relación entre cuerpos; en palabras de Boyle (1985) los cuerpos deben ser pensados como parte del universo, los cuales interactúan entre ellos. Un ejemplo de estas cualidades es la forma, esta permite hablar de que un objeto es cuadrado, redondo, ovalado, triangular, etc.

Al respecto los casos también consideraron la necesidad de apelar a las cualidades para hablar de un cuerpo. Cuando se indagó sobre esto, C4 expresa: “[la cualidad] Sí [es necesaria], porque es una forma de nosotros nombrar y distinguir una figura.” (C4) De la afirmación puede interpretarse que para reconocer una figura es necesario que cumpla ciertas características que hacen que el objeto sea ese objeto y no otro, por tanto debe ser nombrado según su cualidad.

Sobre este particular Boyle expresa:

[...] aunque la redondez no sea más que accidental para el bronce, con todo es esencial para una esfera de bronce, pues aunque el bronce estuviese privado de redondez (como ocurriera

si fuera cúbico) seguiría siendo una substancia corpórea, pero sin dicha redondez no podría ser una esfera. (1985, p.224)

De acuerdo con lo anterior la cualidad de redondez no dice mucho para el bronce pero si para una esfera de bronce, pues una esfera tiene la particularidad o característica de redondez en comparación con otros cuerpos con forma cúbica, triangular...

En esta misma línea los casos consideran la forma como cualidad del cuerpo necesaria para definirlo o hacer referencia a él, expresiones como: “si uno dice ¡ay mira ese cubo redondo! eso no tendría lógica, entonces por eso siempre decimos ¡mira esa esfera está muy redonda!...” (C3), En particular para este caso tiene mayor importancia la comparación entre cuerpos para evaluar la misma cualidad, en el caso de la redondez, tiene sentido hablar de más redondo que, menos redondo que.

Ahora bien, es interesante observar si para los casos es necesario establecer relaciones o comparaciones para hablar de un cuerpo, por ejemplo la forma, es necesario compararlas con otros objetos como lo afirma el teórico; para esto se analiza lo que el caso 4 argumenta cuando se pregunta por la necesidad de las características como la redondez, triangular...

A estas cualidades atribuidas a las relaciones que se hacen entre uno o varios cuerpos son las denominadas por Boyle (1985) como “accidentales” y son aquellas que no tienen existencia en los cuerpos sino que son producidas, o atribuidas por el sujeto, en las que resalta: la forma, tamaño y

textura; concurridas en los fenómenos de la naturaleza; en ocasiones como causa y otras como efecto.

En situaciones como frotarse las manos, golpear un cuerpo o martillar un trozo de hierro; pueden producirse algunos cambios en el cuerpo que no necesariamente son visibles; no obstante desde el lenguaje común pueden resultar expresiones como “el cuerpo se calentó”y de acuerdo con los planteamientos de Boyle (1985) al martillar la pieza, el causante del calentamiento interno de las partículas del hierro es el movimiento, lo cual implica que el cuerpo adquiere una nueva cualidad sin necesidad de que esta sea visible pero que son generados por la interacción con otros objetos. En este caso el movimiento es la causa del calentamiento.

En el caso particular de la temperatura, algunos casos consideran que esta es una cualidad propia de los cuerpos (no es una cualidad accidental),y en tal sentido para hablar de ella no es necesaria la comparación ni la relación entre cuerpos, expresiones tales como: “ [...] una temperatura no siempre debe surgir por medio de dos cuerpos... tener un elemento y depender del otro me parece que no porque un cuerpo puede crear una temperatura” (C2), “ [...] la temperatura no siempre surge de otros cuerpos porque si hace mucho calor la temperatura aumenta” ( C1) confirman la concepción de ver un cuerpo en sí mismo, determinando la temperatura como propiedad o cualidad inherente al cuerpo.



Sin embargo los casos en ocasiones si utilizan ejemplos, haciendo énfasis a interacciones entre un cuerpo y otro, para definir el calor o la temperatura, pero en sus expresiones se sigue manifestando la concepción del calor como propio de los cuerpos, algunas de ellas son: “El calor se da cuando juntamos muchos cuerpos y lo podemos considerar verdad (...) por ejemplo cuando nos montamos en un bus muy lleno sentimos el calor debido a la cantidad de personas” (C2) El caso 4 hace una referencia similar cuando afirma que “(...) un ejemplo es el tacto, cuando una persona queda cogido con otra, las partículas de una se juntan con la otra y es donde empieza la persona a sudar (...) también hay casos en los que no tienes que ser una persona con otra porque también se puede dar cuando hay roces entre una parte del cuerpo con otra” (C4). De esta manera a pesar de que tratan de hacer la relación de interacción entre cuerpos u objetos, permanece la idea de fuentes de calor y la transferencia de calor que un cuerpo le puede brindar a otro o una fuente le puede brindar a un cuerpo dando por hecho de que el calor o una alta temperatura aparece por una transferencia entre cuerpos.

Por otro lado, algunos de los casos asocian los conceptos de calor y temperatura con las cualidades sensoriales, viendo la necesidad de establecer valores de temperatura alta al calor y baja al frío, establecidos por lo percibido con sus sentidos, por ejemplo el caso dos considera determinante los sentidos para percibir la temperatura de un cuerpo expresando lo siguiente: “Necesitamos los sentidos para poder definir las características” (C1)

En relación con lo anterior Boyle (1985) realiza una distinción entre las cualidades accidentales y las cualidades sensoriales; estas últimas hacen referencia a aquellas que solo pueden

ser definidas con los sentidos, adicional a ello menciona que este tipo de cualidades se reducen al color, olor, sabor, textura, haciendo referencia a los sentidos como engañosos para los órganos sensoriales a la hora de definir cierto fenómeno. En particular, la temperatura ha sido uno de los conceptos asociados a las cualidades sensoriales, por ejemplo el caso 2 afirma: “al tener la puerta cerrada no hay por donde entrar aire y al respirar se va acabando el oxígeno y se siente una alta temperatura” por su parte el caso 3 también realiza una interpretación similar (...) en el caso de la temperatura, cuando sentimos un nivel alto en nuestro cuerpo, como un sofoco o un sitio caluroso” (C3) “Cuando una persona está en tierra caliente su expresión es que tiene alta temperatura porque eso es lo que siente” (C4), de acuerdo con estas expresiones, se puede inferir que los casos asocian temperatura con el clima, sitios calurosos con falta del frío, asignando así al calor una alta temperatura. Mostrando así que aquello que perciben o sienten, es a partir de unas condiciones del entorno que ellos consideran como temperatura, y en este sentido es como tiene una relación con los sentidos y cualidades sensoriales, en la medida en que los sentidos son el medio para llegar a dichas expresiones.

Es de esta manera como se evidencia que los informantes no están conceptualizando temperatura desde cualidad accidental anteriormente descrita, por el contrario creen que es inherente al cuerpo o que está determinada por los sentidos, es decir, podría entenderse como una cualidad sensorial.

Para finalizar realizado un análisis desde diferentes ejemplos de cualidad se hace necesario interpretar a la temperatura como una de ellas. La temperatura clasifica entre este tipo de

calidades, esencialmente cuando se hace necesario establecer relaciones con otros cuerpos comparando cual tiene una temperatura baja, alta o media, en pocas palabras y como se ha mencionado en otras categorías, es el estar de un cuerpo según Boyle más no una propiedad inherente de los mismos.

#### **4.2 La temperatura como medida del calor**

Durante las actividades experimentales y cuestionarios realizados en el proceso de investigación se halló que los casos cuando hablan de temperatura y calor relacionan la temperatura como la medida del calor, encontrando expresiones alusivas a ello tales como:

“La temperatura mide el grado de calentamiento de los cuerpos y es así como por ejemplo cuando alguien tiene fiebre” (C3); por su parte, C2 expresa: “la temperatura es la medida del calor, porque es lo que se puede medir de un cuerpo,...así podemos decir cuánto calor hace o a que temperatura se halla ese cuerpo” (C2).

De acuerdo con las expresiones anteriores, es posible establecer una correspondencia entre los planteamientos de los casos y los de Black (1803), quien afirma que la temperatura mide el nivel térmico o grado de calentamiento de los cuerpos. De esta misma manera lo menciona el caso 4 cuando afirma: “la temperatura es la medida del calor pero también puede ser la medida del frío”; mientras que el caso 2 trata de referirse al aumento de la temperatura: “La temperatura es cómo aumenta ese calor” (C2), de estas afirmaciones puede inferirse que si algo aumenta o disminuye es medible y pareciera ser que lo medible es el calor.

Siguiendo con la misma línea, en el texto Física conceptual de Paul Hewitt se observan definiciones como:

La cantidad que indica lo caliente o frío que está un objeto con respecto a una norma se llama temperatura [...] La temperatura de la materia se expresa con un número que corresponde a lo caliente o frío que estás. (Hewitt, 2007, p.209)

Es así como se establece una correspondencia entre lo que se expresa en este libro, usado por muchos docentes en la enseñanza de la termodinámica y lo que exponen los casos. En este texto se asume la temperatura como una cantidad numérica de algo que posee un objeto. Al respecto los casos concuerdan con esta idea al decir que: la temperatura es la forma de medir el calor en un cuerpo (C1)

En relación con lo anterior y de acuerdo con algunas investigaciones como la realizada por Aloma y Malaver, sobre los libros de texto escolares se encuentran expresiones como: se agrega calor a volumen constante, adición de calor a volumen constante, disipación de calor a volumen constante, rechazo de calor a volumen constante (2007, p.483) entre otras que refuerzan la idea de que el calor se puede agregar o medir; los autores hablan de acuerdo con dichas expresiones que es posible medir experimentalmente el contenido de calor que posee un cuerpo.

Es así como se establece una coincidencia entre lo que dicen los libros de texto, algunas investigaciones y los aportes realizados por los casos; pero más allá de las afirmaciones realizadas por los casos, respecto a la temperatura como una medida, es importante analizar a mayor profundidad cómo se concibe dicha medida y cuáles son las razones por las que los casos la asocian con el calor.

Cuando los casos se refieren a una medida, en particular la del calor, surge la idea de cuál instrumento podría ser útil para obtenerla. Con respecto a esto, se construye con los casos un termómetro del cual se pudo inferir que tienen conocimiento sobre el manejo del mismo a través de lo que han oído mencionar en su vida cotidiana sobre su funcionamiento y en consecuencia afirman que existe una medida llamada temperatura. Sin embargo, en el momento en que se calibró el termómetro utilizando agua caliente para encontrar el punto máximo y agua fría para el punto mínimo se plantearon algunas preguntas durante la práctica, y los casos expresaron lo siguiente:

I2: Y pueden decirme para ustedes que es hervir.

C2: que se encuentra a una gran temperatura de calor.

C3: Pues que eso ya tiene calor.

C4: Porque está sometida a un calor.

C1: Además se encuentra como en el calor máximo



De acuerdo con las expresiones anteriores se hace evidente que los casos no establecen una diferencia entre los conceptos de calor y temperatura, además de pensar en el calor como una alta temperatura, se toma el frío como la más baja de ellas, al respecto afirman: se mide la temperatura diferente en el frío que en el calor. (C2) con el frío baja y con el calor sube. (C3)

De esta manera puede concluirse que la forma de significar temperatura en el aula se encuentra influenciada en gran medida por el lenguaje cotidiano con los que han sido formados los estudiantes. En el caso particular del concepto de calor, se trata siempre de llevarlo en función de la temperatura la cual se está viendo como una medida y no como el estar de un cuerpo. Por ejemplo durante la actividad experimental a la hora de calibrar el termómetro, los casos hablan de que el calor sube o que los objetos aumentan su calor porque una fuente de calor los está afectando.

Por otra parte, en relación con el termómetro y la medida, se indagó a los casos qué significado tenía la medida del termómetro, o cómo interpretaban dicha medida, y expresaron lo siguiente:

I: ¿Y entonces qué significa esa medición? ¿A qué corresponde esa medida?

C2: Ese calor

I: ¿al calor de qué?

C2: Del sol, porque usted lo está poniendo ahí (señala la ventana)

C3: Pero es que la temperatura del sol es la que me calienta el termómetro.

C1: sí, yo también digo que es así.

Según lo anterior el sol puede calentar algunos objetos, este tipo de afirmaciones y otras relacionadas con el espacio en donde encuentran, muestran una relación del calor y la temperatura con aspectos climáticos, pues afirman que la temperatura da cuenta de un determinado estado, indica que tan caliente o frío es el lugar. Esto se ilustra con expresiones como “la temperatura es el clima, cuando decimos la temperatura del día en algún país referido a frío o calor” (C2).

Es importante también aclarar que los casos no sólo hablan de temperatura para referirse a fenómenos climáticos, sino que también lo expresan en los siguientes términos: “Cuando una persona está en tierra caliente su expresión es que tiene mucho calor (...) En la costa está haciendo mucho calor” (C3) “En la costa está haciendo mucho calor pero no saben cuánta es su temperatura en este caso la temperatura debe estar entre los 30 grados y los 50 grados (C3) “el calor es lo que siente el cuerpo de acuerdo a la temperatura que se le está ejecutando” (C4 ).

En ese tipo de expresiones se evidencia una sinonimia entre el calor y la temperatura; en este mismo sentido Cervantes (2001) afirma la recurrencia a expresiones que muestran el calor y la temperatura como dos términos sinónimos, incluso en esta investigación surgen expresiones como “la temperatura mide el nivel térmico o grado de calentamiento de los cuerpos y es así como por ejemplo cuando alguien tiene fiebre...” (C3) en esta afirmación se puede interpretar la temperatura como un “grado de calentamiento” dejando en evidencia al calor como una función de la temperatura.

Incluso haciendo lectura de libros de texto como el de física conceptual de Paul Hewitt resultan definiciones como:

La cantidad que indica lo caliente o frío que está un objeto con respecto a una norma se llama temperatura (...) La temperatura de la materia se expresa con un número que corresponde a lo caliente o frío que está algo, según determinada escala. (Hewitt, 2007, p.290)

De esta manera existe una correspondencia entre lo que expresan los casos y lo que se menciona en este tipo de bibliografía que muchos docentes toman como base para la enseñanza de la termodinámica y que se presenta como problema en la medida en que no deja en evidencia la diferenciación. Por ejemplo en la forma de conceptualizar de Hewitt, se muestra la temperatura como un número o una cantidad en la que se encuentra un objeto. Al respecto los casos hacen referencia a la temperatura de la siguiente manera “La temperatura es la forma de medir el calor en un cuerpo” (C1).

Finalmente tanto los casos como algunas investigaciones sobre los libros de textos, usados comúnmente en el enseñanza de los conceptos de calor y temperatura, plantean la idea de que la temperatura sea la medida del calor, asignándole valores altos a objetos o climas “calientes” y bajos a objetos o climas fríos, determinado que la temperatura sea que tan caliente o frío se encuentra un cuerpo.

### 4.3 Los cuerpos poseen calor o el calor es producto de las interacciones

Usualmente cuando se hace referencia a los fenómenos térmicos se emplean expresiones como el Sol o el Fuego calientan, este tipo de expresiones fueron las utilizadas por los casos cuando intentaban argumentar sobre situaciones físicas que fueron planteadas “Desde mi concepto, el calor se produce por los rayos del sol, y esto genera que nos sintamos calientes o que sudemos, esto también puede generar que algo se derrita o grandes incendios” (C1) o “cuando ponemos una hoja en candela, está inmediatamente se deshace con mayor rapidez” (C1) , “Cuando caminamos mucho y el sol está en un punto alto nos referimos a que tengo mucho calor”(C2). En estas expresiones se puede interpretar el calor como algo proveniente de una fuente o bien que es generado a partir de un cuerpo, esto permite suponer la existencia de fuentes que pueden transferir calor a otros cuerpos. Estos planteamientos concuerdan con Black (1802) cuando expresa:

...el calor tiene una fuente de manifiesto, o causa, en el sol y en los incendios. El sol es evidentemente el principal, y quizás finalmente, la única fuente de calor difundido en nuestro planeta. Cuando el sol brilla, sentimos que nos calienta, y no podemos dejar de observar que todo lo demás se calienta alrededor de nosotros. (27)

En lo anterior se puede interpretar que para Black el sol y el fuego son fuentes que producen calor y en consecuencia estas fuentes transmiten calor, lo que permite afirmar que este puede ser transmitido de un cuerpo a otros.

Igualmente, en estos planteamientos de Black (1802) puede pensarse que cuando un cuerpo es calentado por una fuente, este adquiere calor que podrá ser transmitido a otros cuerpos, de modo que el calor empieza a producirse como una cadena entre cuerpos.

Cuando en este planteamiento se refiere a fuentes de calor, la forma de exponerlo deja en evidencia que la fuente posee el calor puesto que puede transferirlo a otros cuerpos, de acuerdo con esto C1 expresa: “Yo opino que si el sol calienta mucho uno dice tengo mucho calor”. Por su parte C2, expresa: pienso que un objeto así se encuentre quieto, por medio de otra materia puede adquirir calor (C2)

A partir de lo anterior se evidencia una correspondencia entre lo que expresan los casos C1 y C2 y los planteamientos de Black (1802), puesto que coinciden en afirmar que el calor proviene de una fuente.

Por otra parte, desde los planteamientos de Mayer (1842) el calor puede ser considerado como el producto de las interacciones. Al respecto plantea: “sabemos que el calor hace su aparición cuando las partículas separadas de un cuerpo se aproximan más cerca unas a otras: la condensación produce calor” (Mayer, 1842, p.375). En este sentido se interpreta la dicha producción como una interacción entre cuerpos, es decir cuando hay un acercamiento entre ellos el calor es producido y no es generado por un cuerpo o una fuente como fue analizado anteriormente. Estos planteamientos los ilustra en los siguientes términos:

... si se rozan dos placas de metal, vemos que desaparece el movimiento, y por otro hace su aparición, el calor, y tenemos ahora sólo para preguntar si el movimiento es la causa del



calor. El movimiento no tiene algún otro efecto que la producción de calor y el calor alguna otra causa que el movimiento (Mayer, 1842, p.375).

Con este ejemplo se evidencia que el calor no es algo que poseen las placas y mucho menos es transferido de un cuerpo a otro, sino que es resultado de una interacción entre estas.

De las interpretaciones de los casos acerca del calor, pueden inferirse dos consecuencias, la primera se relaciona con la naturaleza del calor en términos de sustancia, por ejemplo se encuentran expresiones como: “para mí el calor es una sustancia que se da a sentir cuando estamos apeñuscados junto a los demás” (C2).

En la segunda se puede interpretar el calor como una propiedad inherente al cuerpo, es decir, más allá de pensar en la transferencia, puede pensarse que el calor hace parte del cuerpo sin necesidad de pensar en las relaciones con otros; estos planteamientos se enmarcan en la perspectiva de Robert Boyle. Para este, la materia cuenta con tres propiedades inherentes: la extensibilidad, divisibilidad e impenetrabilidad, son justamente estas propiedades las que permiten definir la materia (Boyle, 1985). Consecuente con esto, cuando se expresa que el calor es del cuerpo, una vía de interpretación es que este sea una propiedad inherente al cuerpo. Estas consideraciones se reafirman con expresiones como las siguientes:

C2: Podemos decir por ejemplo que el sol está ahí quieto ¿entonces que lo está produciendo?

(...) Lo que digo es que al sol nadie le está ayudando, posee un calor solito.

Para concluir es importante puntualizar que cuando se conciben las fuentes de calor como el Sol, es posible interpretar que este es propio de los cuerpos y en consecuencia se habla de una transferencia de calor entre cuerpos; al respecto es evidente que para los casos el calor es una cualidad que poseen los cuerpos pues además de asumir las fuentes de calor, en su forma de argumentar se observa una forma de comprender el calor sin tener en cuenta las interacciones entre los cuerpos, sin embargo para la investigación el calor es resignificado como un proceso que surge a partir de las interacciones entre cuerpos. Esta última permite construir un marco teórico donde los fenómenos tienen existencia a partir de las relaciones entre cuerpos.

#### **4.4 La temperatura como sinónimo de calor**

Cuando se habla de palabras sinónimas se hace referencia a la misma forma de hablar sobre dos conceptos diferentes. En el caso particular de los conceptos de calor y de temperatura, pese a sus diferencias, no se hace distinción alguna, cuando se abordan estos dos conceptos físicos. En esta investigación esto se hizo evidente cuando los casos intentaron hacer referencia a estos conceptos en situaciones físicas que fueron planteadas.

En los análisis se pudo establecer que, en algunas situaciones, la temperatura es asumida como la medida del calor; en otras el calor es asumido como producto de interacciones.

Algunas expresiones que ejemplifican lo anterior son: “El calor para mi es cuando la temperatura de un cuerpo se altera y pasa de estar de un estado frío o estable a un estado caliente”(C4), o “la temperatura es calor” (C2), puede decirse que el caso 4 no argumenta con claridad qué significado tiene cada concepto definiendo uno en términos del otro y el caso 2 si afirma puntualmente que existe una sinonimia entre los conceptos de calor y temperatura, la asume como lo mismo.

Lo anterior deja ver como no se hace distinción entre estos dos conceptos, hasta tal punto que son abordados como sinónimos. En este mismo sentido lo señala Cervantes y Otros (2001) cuando afirman es recurrente abordar el calor y la temperatura como dos términos sinónimos. Complementario a lo anterior, algunos casos asocian la temperatura con lo caliente o con aspectos climáticos: “Cuando una persona tiene fiebre su temperatura es caliente pero esa persona puede estar sintiendo frío” (C4), “la temperatura es el clima cuando decimos la temperatura del día en algún país referido a frío o calor” (C2).

Es importante anotar que para este caso, cuando se habla de temperatura se hace alusión a dos términos: caliente o frío, siendo el primero de ellos calor; en este sentido no sólo se puede hablar de la temperatura como calor sino también como frío.

Una de las formas de comprender este tipo de afirmaciones, por parte de los casos, concuerda con lo que mencionan investigaciones como Vásquez (1987) Rodríguez & Díaz

(2012), Gómez, Solbes & Furió (2007), Escobar, González & Gutiérrez (2008), estos señalan la existencia de un conocimiento de los conceptos de calor y temperatura fundamentado desde un conocimiento previo y que es adquirido mediante expresiones cotidianas que no corresponden con la construcción teórica de la ciencia. Es así como la expresión caliente se asocia directamente al concepto de calor, al respecto el caso 1 expresa: “ Yo opino que si el sol calienta mucho uno dice tengo mucho calor” (C1) “[...]así podemos decir cuánto calor hace o a qué temperatura se halla ese cuerpo.”(C2), se hace evidente que al hablar de calor también se puede usar la palabra temperatura, pues hace referencia a lo mismo, a qué tan caliente o frío se encuentra un determinado objeto. En estos términos se puede decir que “la temperatura es alta” es asociada a que el objeto está muy caliente o que en el lugar está haciendo mucho calor “la temperatura nos informa como está el clima en nuestro alrededor sea caliente, frío, o cálido etc” (C3) .

En este contexto, puede inferirse que caliente y calor hacen referencia a lo mismo; en consecuencia caliente y temperatura son equivalentes a calor y temperatura, respectivamente.

Al respecto Black (1802) expone:

De esta manera, por consiguiente, y en todas las ocasiones sin excepción, el calor comunicado de los cuerpos más calientes a los más fríos, cuando ellos están en contacto, o en su vecindad; y la comunicación sigue hasta que los cuerpos estén reducidos a una temperatura igual, indicando un equilibrio de calor entre sí. (p.25)

De acuerdo con lo anterior puede interpretarse que el calor puede ser transferido, es decir que puede ser comunicado cuando los cuerpos se aproximan unos a otros en especial de los cuerpos calientes a cuerpos fríos, totalmente diferente a hablar de temperatura.

En esta medida hay que tener en cuenta que al hablar de calor como sinónimo de temperatura no debe despreciarse la existencia del frío, para Black (1802) puede entenderse como la ausencia de calor; al respecto, en el instrumento aplicado relacionado con la construcción de un termómetro, en el momento de calibrarlo, los casos dieron las siguientes explicaciones “La temperatura es frío y calor, ¿por qué? porque la temperatura puede medir ambos, es decir, cuando pusimos el termómetro en el hielo, el aceite se volvió más líquido por estar a una temperatura bajo cero y cuando lo pusimos en agua hirviendo el aceite subió, entonces la temperatura de calor subió” (C1) De manera similar como lo hizo el caso dos en el apartado anterior, en el caso uno se evidencia un intento de hablar de la temperatura como la medida del calor.

Respecto al lenguaje empleado en la vida cotidiana, el caso dos aporta lo siguiente: “Para mí un termómetro puede medir el calor y la temperatura porque al medir la temperatura puede ser del calor o del frío, es decir, el calor es una temperatura”. (C2) a partir de la expresión anterior se hace evidente una confusión la hora de hablar del calor y la temperatura, inicialmente el caso habla de la medida del calor o del frío pero aclara que el calor es una temperatura, esta forma de expresarlo confirma la sinonimia entre los dos términos, al no diferenciarlos intenta inicialmente establecer una diferenciación pero concluye con una sinonimia entre ambos conceptos.



Por su parte, en esta situación, el caso 2 expresa “Se le está bajando la temperatura de ese calor”, se interpreta que cuando había calor la temperatura estaba alta, además no hay claridad en el modo de significar estos conceptos y por tanto se presentan confusiones a la hora de hablar de calor en términos de temperatura y viceversa. Sin embargo para la investigación el calor es resignificado como el proceso que se da a partir del producto de interacciones entre cuerpos y la temperatura como el estado del cuerpo.



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

## Capítulo 5. Implicaciones didácticas

Durante la investigación se buscó conceptualizar los conceptos de calor y temperatura, con la intención de alcanzar los objetivos, a partir de la pregunta inicialmente planteada; para ello fue indispensable la Historia y la Epistemología en el sentido, en que fueron analizados los diferentes planteamientos de teóricos como Black, Mayer y Boyle; a continuación se mostrará un recorrido de las implicaciones que tuvo para la investigación esta línea durante el proceso de indagación, construcción y análisis de la misma.

Inicialmente para hacer una distinción entre calor y temperatura fue necesario realizar un estudio detallado de los diferentes modos de significar estos dos conceptos, para ello se recurrió a los textos originales de Black, Mayer y Boyle, realizando una interpretación en la lectura de varios textos, obteniendo de esta forma una visión más amplia del modo de significar estos conceptos; esto aportó significativamente al grupo de investigación puesto que aparte de abrir un debate constante ante el surgimiento de estos conceptos involucrando y relacionando otros como, cualidad, energía, materia etc; se logró desarrollar la parte analítica y crítica frente a las lecturas, interpretando una y otra vez ejemplos y aportes dados por cada uno de los autores antes mencionados; lo cual ayudó a nuestro crecimiento cognitivo y disciplinar referente a estos dos conceptos.

En segunda instancia una vez resignificados estos conceptos y teniendo en cuenta varios factores, como el lenguaje común de los casos seleccionados, la lectura realizada a algunos

teóricos y el análisis realizado a los diferentes libros escolares; se realizó la siguiente pregunta ¿cómo llevar estos conceptos al aula de clase para establecer una clara diferenciación entre ellos? para el anterior interrogante fue indispensable la recontextualización de calor y temperatura. Entendiendo recontextualización en función de dar sentido a los conceptos de calor y temperatura desde un marco de referencia basado en una construcción teórica, tales como las interpretaciones que se les da a las propuestas por Mayer y Boyle válidas en el contexto actual.

De acuerdo con lo anterior la pregunta por lo disciplinar fue fundamental para construir un planteamiento frente a una problemática a nivel de la física. Es así como el planteamiento del problema no solo surge desde la perspectiva de enseñanza, sino también desde el propio campo disciplinar lo cual será clave para que el docente tenga una herramienta y una ruta por donde dar comienzo a su proceso de enseñanza. De esta manera no se parte de considerar los problemas desde la metodología o la didáctica de las ciencias, pues el problema puede analizarse de forma más profunda si se reflexiona desde el mismo fenómeno, tal y como lo evidencia la investigación, se presentan serios problemas incluso desde los libros de texto que usan los docentes para su enseñanza. He aquí la necesidad de hacer lectura desde los teóricos y asumir una postura crítica y argumentada desde la historia y epistemología de las ciencias.

Es importante considerar que un aporte fundamental para la enseñanza, es la coherencia entre los problemas que presenta el concepto en la escuela con los problemas generados en la construcción histórica del mismo, por esta razón fue importante en el proceso investigativo tomar

una postura coherente entre la enseñanza, historia y epistemología de las ciencias, llegando a la conclusión que ambas deben asumirse como una construcción del sujeto.

En esta misma línea el maestro debe ser un investigador de su disciplina y sus metodologías de enseñanza, un lector que cuestiona su saber constantemente, buscando respuestas a dichos cuestionamientos de diferentes formas para convertirlos en un objeto de enseñanza.

En un principio parecía ser difícil comprender en qué sentido podría ayudar la lectura de textos clásicos a la enseñanza, sin embargo, en la marcha se logró ver el aporte que deja, no para el estudiante, sino para el maestro. Es aquí donde podemos afirmar que no es el texto histórico el que va a tomar como base el maestro para preparar su clase, sino la resignificación que hace del mismo. Roth en su texto el buen arte de preparación de una clase (1970) afirma que el objeto disciplinar transforma al sujeto, genera sentimientos, angustias e incluso hasta placeres. En la resignificación se pueden asociar dichas palabras de Roth, pues es el punto en el que el maestro toma su propia postura y concibe una interpretación acorde a lo que necesita para solucionar los problemas que surgen en el aula.

Puede, en cierta medida, ser angustiante la elección de un buen texto que ayude a solucionar el problema, pero es claro que en este proceso también se aprende, todo texto aporta, puesto que todo texto se interpreta, critica y cuestiona, ya depende de la subjetividad del investigador determinar si no ayuda a resolver el problema, pero puede tomarse como base para

contrastar modelos explicativos en el marco metodológico como lo fue para esta investigación el teórico Joseph Black.

Realizar una conceptualización no es suficiente, la investigación muestra que en el momento de llevarlo al aula se deben considerar varios factores como el contexto de los estudiantes y otros que intervienen en el proceso de enseñanza, por esta razón se habla de una recontextualización del concepto, considerando así aquellas necesidades que demanda el estudiante con su entorno.

Hasta este punto el papel investigativo del docente debe ser constante y con esto no solo se hace referencia a la actualización y al enriquecimiento del nivel conceptual que se logra con la lectura de determinado teórico, también debe apuntar a la formación de estudiantes con un pensamiento crítico, que tengan la capacidad de cuestionar y comprender que todo fenómeno tiene una multiplicidad de interpretaciones y perspectivas para ser abordados. De esta manera podría afirmarse que uno de los ejes fundamentales de la enseñanza en el campo de la física es formar y formarse cambiando de cosmovisión y reflexionar de una forma más crítica.

Por otro lado, se hace necesario mencionar que una de las implicaciones didácticas resultado de este proceso investigativo es la oportunidad del maestro en ser propiamente uno de los protagonistas de todo el trabajo, quién hace la interpretación de los datos e información, el análisis y la reflexión de las problemáticas, todo ello para la búsqueda de sus propios objetivos.



Esta oportunidad es valiosa en el sentido en que el diseño de actividades y preparación de sus clases se verán permeados por el proceso investigativo y por la transformación del mismo maestro.

Una de las mejores formas de evidenciar lo mencionado anteriormente y que en cierta forma es una ventaja para aquellos maestros que adoptan la línea de historia y epistemología de las ciencias, es la oportunidad de realizar contrastes entre teóricos, estudiantes y literatura acerca del tema. Es una forma de comunicar los componentes de la investigación (planteamiento del problema, marco teórico y metodológico) por medio del objeto de estudio (calor y temperatura).

Finalmente para recontextualizar calor y temperatura se realizó un ciclo didáctico con la intención de llevar al aula estos conceptos para lograr establecer una diferenciación entre estos, este ciclo está conformado por una secuencia de actividades, que fueron transformadas a partir de los instrumentos aplicados. La construcción de estas actividades no fue fácil, pues siempre debía pensarse en un proceso, una actividad inicial o previa que diera cuenta de los conocimientos que tienen los diferentes casos para luego pensar cómo organizar esas ideas y estructurarlas; es decir las actividades fueron repensadas para lograr unos objetivos planteados, que atendieran a las ideas previas y al lenguaje común de los estudiantes, construyendo paso a paso un camino hacia la resignificación de los conceptos de calor y temperatura.

## 5.1 Recomendaciones para la enseñanza

Atendiendo a las interpretaciones y al proceso de reflexión que se hace durante el proceso investigativo, las siguientes indicaciones son claves para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura:

- El aporte de las ideas previas que tienen los estudiantes como punto de partida para iniciar el proceso de enseñanza, teniendo en cuenta su lenguaje común y lo que experimentan en su cotidianidad.
- Realizar un estudio teórico frente a los conceptos, para luego hacer una recontextualización atendiendo al contexto.
- El cuestionamiento por las situaciones problema que comúnmente se relacionan con calor y temperatura.
- Ejecutar las actividades y discusiones de clase de manera que los conceptos no se vean por separado, por el contrario, la reflexión de determinado fenómeno conceptualizando tanto calor como temperatura hace que se pueda discutir sobre la relación y diferencia de la misma.
- Realizar una actividad experimental permite generar nuevos interrogantes en torno al calor y la temperatura, en donde se ponen en práctica algunos conocimientos adquiridos en las explicaciones y actividades de clase.
- Mostrar las diferentes posiciones frente a cada uno de los conceptos desde la perspectiva de varios autores.
- Ejemplificar con situaciones que sean cotidianas para los estudiantes, para lograr establecer una diferenciación entre estos conceptos.

## 5.2 Diseño de la secuencia didáctica

De acuerdo con León de San Martín (2003) todo ciclo didáctico debe permitir la indagación de ideas alternativas en el estudiante trascendiendo lo conceptual, es decir, propende por la búsqueda de modelos explicativos; mediante unas fases de constante evaluación y autorregulación las cuales no necesariamente tienen un orden cronológico, prima más el tiempo, la construcción de conceptos y cambio de paradigmas. En particular para esta investigación los conceptos de calor y temperatura.

Inicialmente se piensa una primera fase de indagación como punto de partida para determinar qué comprenden los estudiantes por calor y temperatura previos a las actividades de conceptualización. Se pretende en esta fase que el estudiante aporte el nivel conceptual que posee de calor y temperatura, para establecer de esta manera un tipo de evaluación que sea consecuente con lo que se va aprendiendo.

Teniendo presente que hasta el momento solo se ha llevado una fase de indagación, la cual aporta una ruta para la organización de nuevas actividades para el aprendizaje de los conceptos; se continúa con la fase de búsqueda de nuevos modelos explicativos, procedimientos y actitudes, en la cual se pretende organizar las ideas previas que surgieron de dicha indagación e incorporar unas nuevas. De esta manera en esta fase se buscan las acciones de pensar, hablar y tomar decisiones, para así llegar a la estructuración del modelo explicativo. (Martín, 2003)

Continuando esta línea de estructuración en constante cambio de modelos se hace necesaria la construcción concreta y precisa de los conceptos de calor y temperatura. Es en esta fase denominada “fase de estructuración” nacen las primeras aplicaciones a pequeños problemas para luego trascender a problemas de mayor complejidad. Las actividades de esta fase se consideran como actividades de síntesis, pues reúnen en gran medida los conocimientos adquiridos en la fase de búsqueda con la intencionalidad de llevarlos a un análisis profundo.

Si bien en la fase de estructuración puede mostrarse una claridad en la conceptualización y diferenciación de los conceptos de calor y temperatura, es necesario culminar el ciclo por medio de una nueva fase de aplicación de los conceptos. Se debe aclarar que en la fase anterior el estudiante se encuentra en la capacidad de identificar situaciones o problemas cotidianos, sin embargo es en esta nueva fase en donde tendrá la capacidad de aplicarlos a otras situaciones todavía más complejas y como lo menciona León de San Matín promoviendo la toma de decisiones y la participación en comunidad (2003)

Debido a que el ciclo didáctico resulta de un proceso investigativo amplio cuya perspectiva es histórica y epistemológica, es preciso señalar que éste se constituye como una recontextualización de los conceptos de calor y temperatura en el aula. Esto implica que las actividades tienen una intencionalidad desde una construcción teórica realizada por el docente y cuyo objetivo es llevar dicha construcción a un espacio de enseñanza.

Por otro lado, la investigación aportó significativamente al diseño de las actividades, las cuales hacen parte de la modificación de algunos de los instrumentos que sirvieron de análisis para indagar los problemas que presentan el calor y la temperatura en el aula.

### 5.2.1 Secuencia didáctica

#### SECUENCIA DIDÁCTICA: CALOR Y TEMPERATURA

##### Objetivo:

Diseñar un instrumento de enseñanza, coherente con la recontextualización de los conceptos de calor y temperatura, desde una construcción teórica y práctica que posibilite la diferenciación entre ambos conceptos.

##### Pregunta central:

*Analiza la siguiente situación:*

Juan y Carolina están montando bicicleta, en medio del camino a Juan se le cae la cadena e inmediatamente frena su bicicleta para arreglarla. Carolina que venía atrás también se detiene, ambos inician una conversación:

*Juan:* El rin de mi bicicleta está muy caliente.

*Carolina:* ¿Cómo así?



*Juan:* Ese es el tema que estamos viendo en física en el colegio. El rin tiene una alta temperatura. ¿No ves que veníamos a una gran velocidad? eso hizo que se calentara.

*Carolina:* ¿Y eso que tiene que ver? se puede calentar si se deja quieta la bici en el sol, la temperatura también sube. Además no entiendo la diferencia entre calor y temperatura.

*Juan:* Bueno, no sé eso de calor y temperatura debe ser la misma cosa, mejor ayúdame a poner la cadena.

Teniendo en cuenta la conversación entre Juan y Carolina surge la siguiente pregunta.

¿Cuál es la relación y diferencia que tienen los conceptos de calor y temperatura?

### **Actividades de exploración**

Por medio de estas actividades se pretende analizar aquellas ideas o modelos explicativos frente a los conceptos de calor y temperatura y que servirán como punto de partida para posteriores actividades.

### **Actividades propuestas:**

- KPSI (Knowledge and Prior Study Inventory) Inventario de Conocimientos Antes de Estudiar.
- Elaboración de mapa conceptual.

Para llevar a cabo esta fase se parte del trabajo de KPSI con una duración de 15 minutos de forma individual, cada estudiante debe responder a cada uno de los ítems tal y como lo muestran las

indicaciones. Posterior a ello el maestro realizará una corta socialización en donde cada estudiante podrá expresar puntualmente qué es para ellos calor y temperatura teniendo como referencia el test aplicado.

Después de la socialización se lleva a cabo la actividad 2, con una duración aproximada de 40 minutos y trabajo por parejas. La elaboración del mapa mental busca relacionar diferentes conceptos relacionados con calor y temperatura. La clase finaliza con una corta exposición de los mapas conceptuales y la diferencia que tiene cada grupo de trabajo respecto al de los demás.

### Actividad 1: KPSI

#### Indicaciones:

Esta evaluación inicial tiene como propósito indagar sobre ideas previas o aspectos generales sobre el calor y la temperatura y servirá como actividad introductoria a nuevas actividades que ayudarán al aprendizaje de dichos conceptos.

**Duración:** 15 minutos.

*Utilizando las categorías, marca con una X en el recuadro que lo represente.*

#### Categorías:

<p><b>1. Lo sé y cómo lo sé lo podría explicar a alguien.</b></p>	<p><b>2. No estoy seguro de saber, no podría explicárselo a alguien.</b></p>	<p><b>3. No lo entiendo</b></p>	<p><b>4. No lo sé</b></p>
---	--	---------------------------------	---------------------------

### 1. Nivel conceptual

Planteamientos	1	2	3	4
Cómo se produce el calor				
La temperatura				
La diferencia entre calor y temperatura				
La relación entre calor y temperatura				
La relación entre calor y energía				
La interacción de dos cuerpos a diferente temperatura				

### 2. Nivel procedimental

Planteamientos	1	2	3	4
Explicar la medida que muestra un termómetro				
Identificar el tipo de variable que da cuenta del calor				
Identificar el tipo de variable que da cuenta de la temperatura				
Ejemplificar situaciones donde pueda explicar el calor				
Ejemplificar situaciones donde pueda explicar la temperatura				

Presentar argumentos en los que se muestra una clara relación o diferencia entre los conceptos de calor y de temperatura.				
---	--	--	--	--

**3. Nivel actitudinal**

Planteamientos	1	2	3	4
Respetar opiniones de mis compañeros.				
Escuchar a mis compañeros.				
Valorar la importancia de la física				
Participar en las actividades experimentales propuestas.				

Comentarios:

.....

.....

.....

**Actividad 2: mapa conceptual**

**Indicaciones:**

En esta actividad se pretende indagar por los conceptos que son asociados a la hora de hablar de calor y temperatura, con qué otros aspectos son relacionados y la capacidad que tienen para diferenciarlos.

**Duración:**40 minutos

*Elabora un mapa conceptual en donde tenga en cuenta como conceptos principales el calor y la temperatura, para ello se da a continuación algunas palabras claves para llevar a cabo su realización:*

*Calor- Temperatura- Termómetro- Interacción entre cuerpos- Medida- Estado- Calidad- Grados- Proceso- Frío- Unidades -Clima- Los sentidos-Transferencia de calor- Escala de medida- Magnitud – Movimiento- Característica.*

Si requiere puede utilizar otras palabras.

### **Actividades de búsqueda de nuevos modelos explicativos**

Por medio de esta fase se busca tener un acercamiento inicial a calor y temperatura desde una perspectiva conceptual. Es así como las actividades propuestas tienen la característica de aportar herramientas teóricas que pueda poner en contraste con sus ideas iniciales y generar a un mayor nivel de interpretación.



Actividades propuestas:

- Lectura y análisis de posiciones teóricas
- Actividad de simulación.

La fase inicia con un conversatorio de una hora, orientado por el docente donde se hagan discusiones alrededor de situaciones que permitan hablar de calor y temperatura. Durante este espacio, el docente puede hacer uso de galería de imágenes y videos para ilustrar algunas situaciones como rozamiento de placas de aluminio, el hierro puesto al rojo vivo, un termómetro midiendo el clima, dos recipientes uno con agua en su punto ebullición y otro con agua ambiente, entre otros. Posteriormente se va a hacer uso de tablero para explicar conceptos claves que deje en evidencia el calor como una variable de proceso y su relación (a grosso modo) con la energía; de igual manera la temperatura como una variable de estado y su conceptualización de la interpretación de cualidad accidental.

Posterior al conversatorio, de manera individual se realizará la lectura comprensiva de documentos escritos con algunas preguntas de análisis de texto y que serán socializadas cuando culmine la clase. La duración de esta actividad es de una hora.

Por último se destina una clase de una hora y media o dos horas para la actividad de simulación, la cual consiste en poner en contraste las discusiones en el conversatorio y la actividad de lectura con situaciones cotidianas. Para la ejecución de esta actividad es necesario el trabajo con medios

tecnológicos, por lo que se recomienda el trabajo en la sala de informática. El trabajo debe ejecutarse en equipos de dos o tres personas.

### Actividad 3: lectura de documentos escritos

#### Indicaciones:

Por medio de esta actividad se pretende realizar una lectura analítica frente a la forma de conceptualizar calor y temperatura desde los planteamientos de Boyle y Mayer.

**Duración:** 1 hora

**Lea comprensivamente ambos textos y resuelva las actividades planteadas.**

#### ROBERT BOYLE:

La temperatura es asumida como una cualidad accidental del cuerpo, es decir como una característica que me permite hablar del mismo.



Entendiéndose no como algo propio del cuerpo sino como algo que surge a partir de relaciones con otros cuerpos, la temperatura como un “estar del cuerpo”.

Por ejemplo: pensemos en el punto de fusión, y ebullición del agua, solo se puede hablar de estos, si el agua adquiriera cierta “cualidad denominada temperatura de fusión o ebullición”, el agua se convierte en hielo a través de ciertos

movimientos y propiedades, para adquirir esa nueva nueva textura determinada por cierta temperatura, (cambia de estado líquido a sólido), igualmente sucede para su cambio de líquido a gaseoso caracterizado por otra temperatura. En este sentido vemos que la temperatura es accidental para los cambios de estado de la materia, debido a que pueden ser comparables entre un estado y otro.

Actividades:

- Resalte las palabras que cree que son más relevantes en la construcción teórica que realiza el autor del concepto de temperatura.
- Exprese con sus propias palabras cómo entiende el concepto de temperatura de acuerdo con lo que menciona este autor.

.....

.....

.....

.....

.....

**JULIUS ROBERT MAYER:**



Uno de los principales exponentes sobre el estudio del calor es Robert Mayer, el estudio medicina y más tarde se interesó por la física.

Mayer en su obra: Fuerzas inorgánicas de la naturaleza explica varios fenómenos, entre ellos el calor, desde la energía. Al respecto considera que el calor aparece cuando las partículas de un cuerpo se acercan unas a otras, ¿cómo podemos interpretar esto?, lo que pretende Mayer con el ejemplo es indicarnos que independientemente si las partículas están cerca o lejos, cuando se acercan se está presentando una **interacción**, un ejemplo simple es cuando aumentamos la temperatura del agua, allí ocurre que las partículas (debido al cambio de la temperatura) van a moverse con más rapidez y de esta manera empezarán a aproximarse unas a otras y a este proceso de interacción es al que Mayer llama calor.

### Actividades:

- Resalte las palabras que cree que son más relevantes en la construcción teórica que realiza el autor del concepto de calor.
- Exprese con sus propias palabras cómo entiende el concepto de calor de acuerdo con lo que menciona este autor

- De acuerdo con lo anterior ¿cuál sería la diferencia entre el concepto de calor y temperatura?

- Situación: ¿Qué sucede al mezclar agua a temperatura ambiente y agua en ebullición?

Explique.

Comentarios:



.....  
.....  
.....

#### Actividad 4: observación y análisis de simulación

**Indicaciones:**

En la siguiente actividad se realiza una exploración del concepto de calor a partir del principio de conservación de energía, también se realiza un análisis de la relación entre movimiento, calor y temperatura.

**Duración:** 1 hora y 30 minutos.

*Pasos a seguir:*

- Ingresa al applet llamado “cambios y formas de energía” (Link de descarga <https://phet.colorado.edu/es/simulation/energy-forms-and-changes>)

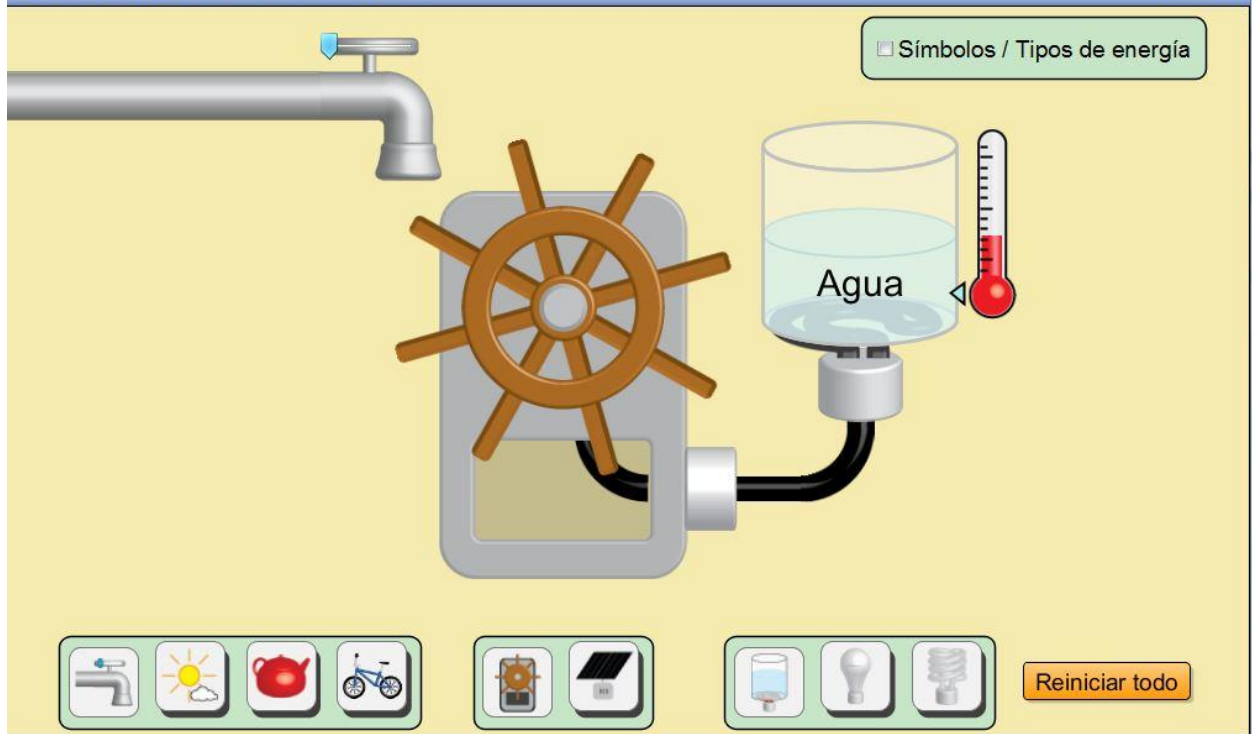
UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



Introducción    **Sistemas de energía**    PhET

Símbolos / Tipos de energía



1 8 0 3

- Ingresa a la pestaña “sistemas de energía”
- Inicialmente interactúa con el applet para tener un conocimiento de su funcionalidad, botones y conceptos físicos que se relacionan con él.
- Use la aplicación primero con el chorro de agua y posteriormente la bicicleta teniendo fijos el molino y el balde de agua y responde:
- Según lo explicado en el conversatorio y en las lecturas. ¿Cómo puede explicarse el calor en esta actividad de simulación?

.....

.....

.....

.....

.....

- Teniendo en cuenta el mismo planteamiento anterior, ¿Cómo puede explicarse la temperatura?

.....

.....

.....

.....

.....

- ¿Qué relación tiene el movimiento del molino con el calor?

- El applet muestra un termómetro al lado del agua, ¿Qué está midiendo dicho termómetro?  
Explique.

- ¿Qué puede decir de los conceptos “variable de estado” y “variable de proceso” con esta actividad de simulación?

- ¿Por qué el termómetro llega hasta cierto punto y no sigue subiendo la línea roja?

.....

.....

.....

.....

.....

- Use el botón Símbolos/tipo de energía y establezca si la siguiente afirmación es verdadera o falta:

La energía cinética con la que se encuentra el agua hace que el molino se mueva, el calor hace su aparición siendo el producto de un cambio en la energía debido a la interacción entre cuerpos (molino-agua) VERDADERA \_\_\_\_\_ FALSA \_\_\_\_\_ Explique

.....

.....

.....

.....

.....

- Después del movimiento del molino el agua comienza a adquirir una nueva cualidad ¿es posible afirmar que el agua ha “aumentado su temperatura” sin antes compararla con su estado inicial? Explique





Inicialmente en la fase se realizará un mapa conceptual en donde hagan uso de los diferentes planteamientos leídos y discutidos de los teóricos. El diseño de mapas conceptuales muestra una capacidad para relacionar los conceptos interiorizados por medio de actividades previas y el acercamiento a una interpretación profunda que da cuenta de una formalización del fenómeno físico.

Para la elaboración debe tener en cuenta los términos utilizados en la primera fase y los subrayados en los textos de Mayer y Boyle en la segunda fase. Se busca que el mapa reorganice las ideas de manera más profunda y con la estructuración que ha venido construyendo con todas las actividades. Esta actividad debe realizarse de manera individual durante 40 minutos. Posteriormente se realiza una socialización y discusión de los mapas por medio de una mesa redonda, donde cada uno argumenta su esquema y la forma de ubicar cada uno de los términos. El docente acompaña la actividad dando aportes conceptuales, elaboración de preguntas orientadoras y corrección de mapas.

Posterior a esta actividad se propone la elaboración de la V heurística, también conocida como la V de Gowing. Mediante esta actividad se pretende que el estudiante, por medio de un esquema, sintetice y compare lo que se ha aprendido estableciendo una intencionalidad. El esquema muestra tres perspectivas principales: el pensar, el hacer y el ¿qué quiero saber? El tiempo para esta actividad es de 40 minutos y se trabaja por equipos de trabajo de tres personas. Finalizando esta actividad el docente recoge el material separando las V heurísticas similares y formando nuevos grupos de trabajo con los cuales se desarrollará un corto debate de 30 minutos justificando la estructuración de los esquemas.

### Actividad 5: mapa conceptual

**Indicaciones:**

Por medio de esta actividad se pretende hacer uso de los conceptos aprendidos y construidos en actividades anteriores, formalizando y relacionando cada uno para llegar a un mayor nivel de conceptualización.

*Haga uso del esquema de referentes teóricos realizado en la primera parte y las palabras señaladas en los textos de Mayer y Boyle en la segunda parte para elaborar un mapa conceptual sobre los conceptos de calor y temperatura.*

**Duración:**40 minutos

Comentarios:

.....

.....

.....

### Actividad 2: V heurística

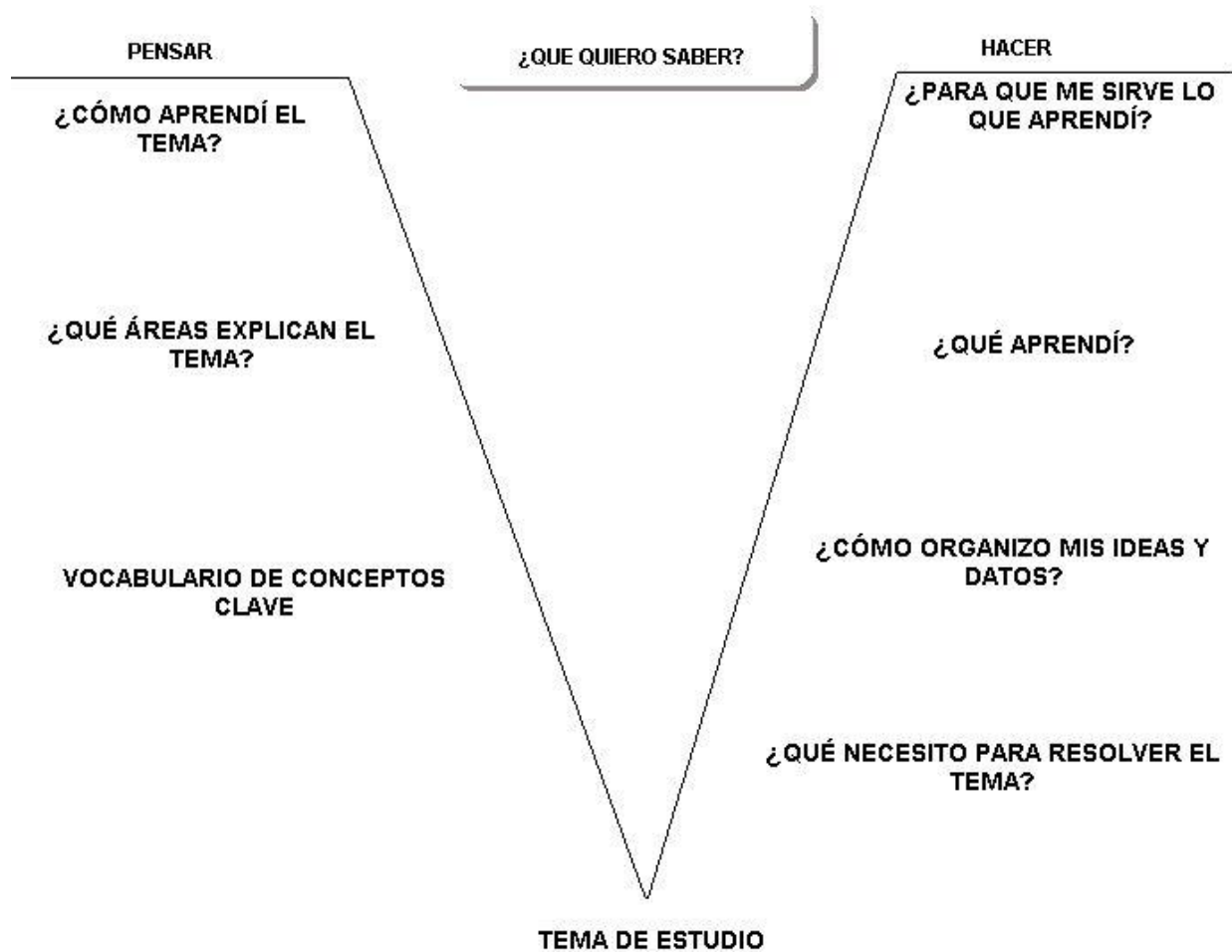
**Indicaciones:**

Mediante esta actividad se busca indagar calor y temperatura desde el pensar y el hacer. De esta forma se llega a preguntar por el ¿qué quiero saber?

**Duración:** 30 minutos.

*Responda las preguntas que se muestran en el siguiente esquema teniendo presente las actividades y conversatorios que se han realizado en las sesiones de clase. Posteriormente discuta con el equipo de trabajo la pregunta central y anoten las reflexiones principales en el espacio que se indica.*

DIAGRAMA V DE GOWIN DOSIFICADO



Comentarios:

1 8 0 3

---

---

### Actividades de aplicación a nuevas situaciones

En esta fase se busca la construcción y aplicación de los conceptos de calor y temperatura, que de acuerdo con las actividades de las otras fases, se debe tener un buen nivel de comprensión e interpretación de los fenómenos relacionados con ambos conceptos.

#### Actividades propuestas:

- Calibración de un termómetro

Para el desarrollo de esta fase se hace necesaria la sensibilización acerca del manejo o uso de materiales de laboratorio que se van a usar, de igual manera de la explicación del proceso de calibración de un termómetro. Para esto, se inicia con un breve conversatorio de 20 minutos sobre el conocimiento de los termómetros a nivel cotidiano y la posible relación con el concepto de temperatura.

#### Indicaciones:

Por medio de esta actividad se logrará la aplicación del concepto de temperatura.

**Duración:** 1:30 minutos

**Materiales:** Tubo de vidrio, Hielo, Olla, Agua, Mechero, Alcohol, Sellador, Botella y Colorante.

#### Procedimiento

Por equipos de 3 personas, coloca dentro del tubo de vidrio el alcohol con el colorante para identificar la dilatación del alcohol mientras cambia la temperatura. Posterior a ello



para calibrar el termómetro es necesario tener hielo y agua en su punto de ebullición, para poder definir el punto mínimo y el punto máximo en el termómetro y como consecuente a ello definir una escala. Dentro de un recipiente cerrado colocar el agua en su punto de ebullición inmediatamente a ello introduce el tubo de vidrio y determina la temperatura máxima; de igual forma hacerlo con agua en hielo.

**Preguntas para responder:**

¿Crees que el termómetro así como la regla y los diferentes instrumentos de medida, tiene un error?

¿Que mide el termómetro?

¿Plantea otra forma que consideres que podría medir la temperatura?

¿Para qué sirve una escala de medida?

¿Investiga otros tipos de medida de la temperatura que no sean grados Celsius y como se determinan?

## Capítulo 6. Consideraciones finales

El aporte que realizó la línea de historia y epistemología de las ciencias al proceso investigativo fue significativo en el sentido en que nos permitió alcanzar el objetivo propuesto de cómo recontextualizar los conceptos de calor y temperatura en la enseñanza de la física a partir de los planteamientos de Robert Mayer y Boyle,

En el proceso de recontextualización de saberes se pone a consideración la importancia de la epistemología e historia de las ciencias como bases fundamentales en el desarrollo de un diseño metodológico en la enseñanza.

El proceso de traducción de algunos de los textos fue fundamental para la resignificación de los conceptos; es de esta manera como se logra evidenciar el proceso de construcción del discurso a partir de las interpretaciones.

Mediante el proceso de lectura de Robert Mayer (1862) se asume como postura el desarrollo conceptual de la producción del calor a partir de la interacción de un cuerpo, de esta manera en la enseñanza de la termodinámica es relevante poner énfasis en la reflexión por fenómenos donde se evidencie el calor como una variable de proceso. Esta postura, resultado del proceso de reflexión como investigadoras y como maestras, rechaza la idea de algunos libros de texto en clasificar tipos de calor, como el calor latente o calor específico. Está también diverge con lo expresado por los casos, ellos consideran el calor como propio de los cuerpos, proveniente de algunas fuentes de calor , y el cual puede ser transferible de un cuerpo a otro.

De igual manera la lectura de Boyle (1985) fue fundamental para establecer una clara diferenciación de calor y temperatura, pues el aporte principal del texto es el concepto de cualidad accidental, de esta manera toma relevancia el estado del cuerpo para compararlo con otros y establecer que ambos se diferencian en un tipo de característica llamada temperatura. La enseñanza del concepto de temperatura establece una distinción significativa al no verse como una simple medida o una magnitud de la física, por el contrario, la reflexión del concepto logra cuestionar al estudiante mediante situaciones en las que debe realizar comparación entre diferentes cuerpos o la interacción de los mismos para llegar a sus propias conclusiones sobre la temperatura.

Desde esta perspectiva donde la temperatura se determina por la comparación del estado de un cuerpo a otro, debe tomarse alguno como referencia, esto se relaciona con el primer principio de la termodinámica, donde se habla de la concepción de sistemas y equilibrio térmico necesario para determinar la temperatura de un cuerpo con relación a un sistema. De la misma manera la temperatura se encuentra directamente relacionada con el movimiento interno de partículas de un cuerpo.

Lo interesante de haber resignificado los conceptos desde la construcción de dos teóricos diferentes, ofrece la oportunidad de relacionar sus discursos y establecer el objetivo principal de esta investigación, el cual busca la diferenciación de ambos conceptos.

Ahora bien, desde un punto de vista metodológico es importante considerar los modelos explicativos de los casos, mostrando la interpretación que hacen de los conceptos desde la perspectiva de Joseph Black (año), que apunta y es aceptada por los casos, así que sus ideas de fuentes de calor y la temperatura como medida de calor es desarrollada en el marco conceptual de la investigación como una idea que difiere de los teóricos estudiados pero que corresponde con la línea que siguen los diferentes casos.

### **Recomendaciones para futuras investigaciones**

Cuando se habla de que el calor es sinónimo de temperatura, se encontró que los casos también hablan del frío para referirse a la temperatura, sería interesante profundizar en el tema, a

pesar de que Black no habla de fuentes de frío sino que define el frío como ausencia de calor, es decir en el modo de significar el frío.

A partir de que otro instrumento podría determinarse la temperatura, realizar un estudio de los diferentes instrumentos para calcular esta, podría investigarse qué variables influyen a la hora de utilizar un termómetro, y de qué forma hacer uso de esto para realizar en el aula clases prácticas que ayuden a la resignificación del concepto de temperatura, para cambiar la concepción de temperatura como medida del calor.

Teniendo en cuenta la categoría los cuerpos poseen calor, surge la siguiente pregunta ¿qué hace que ese calor sea transferido? o ¿qué situaciones hacen que el calor sea reflejado?

El ciclo didáctico fue realizado de acuerdo con los instrumentos construidos, podría estudiarse y aplicarse este ciclo realizando mejoras al mismo según los resultados obtenidos y teniendo en cuenta los modos en que fueron significados los conceptos de calor y temperatura.

## **Anexos**

### **Anexo 1**



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

### **Calor y temperatura: Una propuesta de recontextualización en la enseñanza de la física a partir de los planteamientos de Robert Mayer**

**Investigadoras: Paula Andrea Isaza Piedrahita, Natalia Agudelo Zuluaga y Liceth Cristina Marín Castaño.**

Señor (a) \_\_\_\_\_ en el marco de la investigación que arriba se nombra, quisiera contar con la participación de \_\_\_\_\_ para trabajar con él (ella) aspectos relacionados con la información requerida para el propósito planteado.

Se precisa que la participación del estudiante no compromete en nada los asuntos académicos y personales. Asumo en este proceso el compromiso ético de hacer uso adecuado y discrecional de la información recolectada en el marco de este trabajo; el manejo y tratamiento de la información será exclusivamente académico en relación con el tema de investigación.

La participación de \_\_\_\_\_ será autorizada con la firma de este protocolo.

**FIRMA DEL PADRE:** \_\_\_\_\_

**FIRMA DEL PARTICIPANTE:** \_\_\_\_\_

### **Anexo 2**

#### **Instrumento 1. Cuestionario**

#### **EXPLORACIÓN DE IDEAS**

A continuación encontrarás una serie de preguntas que nos ayudaran a nosotras como investigadoras tener una visión de lo que ustedes como estudiantes interpretan o conciben sobre los términos de calor y temperatura, además entendemos que posiblemente no se haya tenido un acercamiento conceptual profundo por ello trate de responder desde lo que conoce y desde sus

experiencias. Pues ambos temas son estructurantes en la termodinámica necesarios para nuestra investigación.

Sus aportes acerca de lo que justifican en las siguientes preguntas es indispensable, por este motivo esperamos que las respuestas sean suficientemente amplias y se encuentren en la libertad de anotar todo aquello que piense; tengan en cuenta que no existirán respuestas equivocadas o malas. No confundan el cuestionario con un examen.

Por último queremos agradecerles por su participación y compromiso frente a este proceso de investigación.

*Responda las siguientes preguntas:*

1. Habitualmente escuchamos las siguientes frases: “el sol es amarillo”, “la pared es blanca”... “el agua es transparente”, entre otras expresiones. Consideras que estas propiedades (color) son propias de esos cuerpos (en nuestro caso de el sol, pared...) o son atribuidas a ellos. Justifica tu respuesta

2. Cuando se habla de figuras geométricas como el cubo, la esfera, la pirámide y el cono:

Se habla de algunas características respecto a su forma, por ejemplo redonda, triangular, o cuadrada, crees necesaria esta característica para hablar del cono, pirámide, esfera, cubo. Si o No ¿porque?

¿Qué otras características permiten hablar de las figuras anteriores?

3. Hay características que son percibidas por nuestros sentidos como el sabor de algunas sustancias o el olor de algunos aromas. ¿Sería posible pensar en características que no sean percibidas por nuestros sentidos? Argumenta y ejemplifica.

4. Comúnmente se escuchan expresiones como “ tengo mucho calor” o en otras circunstancias “ usted tiene una alta temperatura”. ¿Esta de acuerdo con estas expresiones? ¿Qué opina usted frente a ellas? si es necesario describa algunos ejemplos
5. En algún momento posiblemente has escuchado hablar de agua en hielo, vapor de agua y agua líquida, ¿porque crees que se dan estos nombres de “hielo, vapor y líquida” al agua y no simplemente llamarla agua?
6. Considere la siguiente situación: Usted tiene un martillo y está golpeando fuertemente un trozo de hierro, después de un rato se puede observar que el trozo de hierro ha manifestado otros cambios. ¿Puede explicar lo que sucede si se compara el objeto golpeado y el objeto antes de golpear?
7. Plantea una situación en la que pongas en evidencia lo que entiendes por temperatura.
8. Piensa en la siguiente situación: Tenemos una pieza de hierro y una lima. Se lima rápidamente el hierro hasta que se va observando un cambio en las partes del mismo justo en donde se se ha producido el rozamiento, esto es posible gracias a que la multitud de golpes y empujes en las rugosidades del hierro generan un movimiento “confuso” en las partes del cuerpo surgiendo la condición “calor”. ¿Está usted de acuerdo con este enunciado? Justifica tu respuesta.
9. En una tarde lluviosa, Sofía le dice a su hija: “Abre la puerta del balcón para que salga el calor” Analiza la situación y anota tu interpretación.
10. ¿Por qué piensas que cuando el aire acondicionado se prende en un carro o en lugar, se deben tener las ventanas y puertas cerradas?



### Solución

- 1) Son atribuidas a ellas por que la pared no siempre va a hacer blanca y se puede pintar de otro color y el sol si puede ser propia de su cuerpo ya que siempre es amarillo y solo cambia de color si se alinea con la tierra y la luna.
- 2) a. Si, ya que, si uno dice hay mira ese cubo redondo eso no tendria logica, entonces por esos siempre si decimos Mira esa esfera esta muy redonda hay si tuviera logica y si nos creerian.  
b. Pueden ser objetos de nuestro alrededor, o cosas parecidas a ellas como, una caja, un balon, una cima en punta, etc.
- 3) Pues si, como en el caso de la muerte uno se pone a pensar las características que habrian en el otro mundo, sabiendo que no las hemos visto, no hemos escuchado nada sobre eso y no hemos sentido nada. y tambien en el caso de un examen que no sabemos que nos van a preguntar y no sabemos de que tipo puede ser.
- 5) No hay diferencia ya que, uno dice esta haciendo mucho calor pero uno en verdad no sabe las temperaturas y la temperatura es la que nos informa cuanto calor esta haciendo y. es como lo mismo.  
Si hay diferencia ya que, la temperatura se puede referir a varias cosas como la fiebre, el estado, etc.
- 4) Por ejemplo en las propiedades de una muñeca en los catalogos las personas que las hacen tienen que explicar cada una de sus propiedades y de sus partes para poder tener una buena venta

## Análisis

En este instrumento se plantean preguntas abiertas con la intencionalidad de indagar las preconcepciones de los casos sobre cualidad, referentes a las de un objeto o personas; además de lo que entienden por calor y temperatura.

Para el análisis de la información se realiza una tabla que relaciona las categorías con las respuestas de los casos.

CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS	CASOS
El calor es una propiedad inherente al cuerpo	C3
La temperatura es la medida del calor	C1, C2, C3 y C4
<input type="checkbox"/> La temperatura está asociada con aspectos climáticos. <input type="checkbox"/> La temperatura está determinada por los sentidos.	C3 C1, C2 y C4
La temperatura es calor	C2
La temperatura es atribuida a los cuerpos	C1 y C2

De acuerdo con las categorías en las que se sitúan los casos, se realiza el siguiente análisis:

Los cuatro informantes coinciden en afirmar que para hablar de un cuerpo o fenómeno es necesario establecer relaciones entre ellos. Frente a esto se plantea la siguiente pregunta “Cuando



nos referimos a figuras geométricas como el cubo, la esfera, la pirámide y el cono. Se habla de algunas características respecto a su forma, por ejemplo redonda, triangular o cuadrada, ¿crees necesaria esta característica para hablar de cono, pirámide, esfera o el cubo? Sí, no ¿por qué?” los casos responden:

C1: “No, porque se sabe que el cubo es cuadrado, la esfera redonda, etc. es lógico”

C 2: “Si, creo necesaria esta característica, porque nos han enseñado a identificarlas con esos nombres de lo contrario nos confundiríamos”

C 3: “Si, ya que si uno dice ay mira ese cubo redondo eso no tendría lógica, entonces por eso siempre decimos mira esa esfera está muy redonda...”

C 4: “Si, porque es una forma de nosotros nombrar y distinguir una figura.”

De acuerdo con lo anterior se puede afirmar que para los cuatro casos la forma es una característica fundamental para identificar y comparar objetos, en sus palabras llaman lógico a que cierta figura sea reconocida por cierta forma, ello implica establecer relaciones entre otros objetos que cumplan esta misma forma o una diferente.

En este sentido se encontraron algunas respuestas a preguntas referentes a la clasificación y tipo de cualidades, por ejemplo la forma es una cualidad visible o detectable a los sentidos y se considera lo siguiente ¿ si sería posible pensar en características que no sean percibidas por nuestros sentidos? Algunas de las respuestas presentadas por los casos fueron:

C 1: “No, necesitamos los sentidos para poder percibir las características”.

C 2: “Necesitamos los sentidos para identificar que olemos, degustamos, tocamos.... pienso que nuestros sentidos influyen mucho en esa identificación.”

De las anteriores afirmaciones y las otras dadas por los demás casos, se indica que las únicas cualidades que tiene un cuerpo son las que pueden ser percibidas por los sentidos, pues conciben necesarios los sentidos para determinar una cualidad y poder comparar un objeto de acuerdo con la forma, el olor, sabor y demás.

Ahora bien, en esta misma línea de las cualidades determinadas por los sentidos, algunos de los casos determinaron que el calor y la temperatura están determinadas por estos al expresar:

C 3: -“la temperatura se puede referir a varias cosas como la fiebre, el estado, etc”

- “Cuando uno pasea y viene como con la piel bronceada nos dicen por allá estaba haciendo calor.

C 4: - “Cuando una persona tiene fiebre su temperatura es caliente pero esa persona puede estar sintiendo frío”

- “Cuando una persona está en tierra caliente su expresión es que tiene mucho calor y expresa lo que siente con eso”

Con estas expresiones se deja en evidencia la percepción de los casos frente a estas cualidades, las cuales están determinadas por los sentidos y en ocasiones pueden indicar lo mismo o como causa- efecto, como lo muestra las expresiones “si siento fiebre su temperatura es caliente” o “Cuando hace calor es una alta temperatura”.

En esta dirección, se encontró otra clasificación o concepción que poseen los casos frente a calor y temperatura, ellos expresan que el calor y la temperatura están relacionados con aspectos climáticos; indicando aspectos relacionados con el sol o qué tanto calor hace en determinadas zonas geográficas, por ejemplo:

C 1: “Yo opino que si el sol calienta mucho uno dice tengo mucho calor”

C 2: -“El calor es la presión que sentimos”

-“Cuando caminamos mucho y el sol está en un punto alto nos referimos a que tengo mucho calor”

-“la temperatura es el clima cuando decimos la temperatura del día en algún país referido a frío o calor”

C 3: “Cuando una persona está en tierra caliente su expresión es que tiene mucho calor”

-“En la costa está haciendo mucho calor”

C 4: - “La temperatura se entiende como lo que se está produciendo en la tierra o aire”

-“la temperatura es la que informa cuánto calor está haciendo”.

Esta última expresión del caso cuatro, indirectamente está determinando que la temperatura es la medida del calor, otro aspecto muy común evidenciado en las respuestas de varios de los casos; donde indican que a cierto estado de frío o calor le corresponde una temperatura, también la temperatura es el aumento del calor; algunas respuestas para ejemplificar esto fueron:

C 2: “La temperatura es cómo aumenta ese calor”

C 3: “En la costa está haciendo mucho calor pero no saben cuánta es su temperatura en este caso la temperatura debe estar entre los 30 grados y los 50”

C 4: “el calor es lo que siente el cuerpo de acuerdo a la temperatura que se le está ejecutando”.

Por otra parte en el cuestionario se hizo énfasis a la siguiente situación: tenemos una pieza de hierro y una lima rápidamente el hierro hasta que se va observando un cambio en las partes del mismo justo en donde se ha producido el rozamiento, esto es posible gracias a que la multitud de los golpes y empujes en las rugosidades del hierro generan un movimiento confuso en las partes del cuerpo surgiendo la condición de calor ¿está usted de acuerdo con este enunciado? Si, No. Justifica tu respuesta.

La mayoría de los casos en sus respuestas afirman estar de acuerdo con esta situación estableciendo que el calor es producido por la interacción entre dos cuerpos, estableciendo ejemplos similares, o dándole una consecuencia al movimiento rozamiento entre cuerpos; entre ellas encontramos:

C 1: “Si se genera calor por la rapidez del movimiento”

C 2: “Si, porque al juntar las dos masas esta hace que se produzca un cambio en ellas y es el calor”

C 3: “Si, porque cuando uno le hace por ejemplo duro a una piedra (raspando) con otra eso puede producir fuego o simplemente calor”

### **Anexo 3:**

#### **Instrumento 2: oposición dialógica sobre el calor**

##### **¿QUÉ ES EL CALOR?**

En este encuentro podrás notar que el calor se convierte en objeto de estudio de nuestra investigación. Por tal razón a continuación encontrarás dos posturas del concepto. Lo que pretendemos con estas lecturas es que las analices comprensivamente y seas lo suficientemente amplio en tus interpretaciones. Tómese el tiempo necesario para pensar, le recomendamos que subraye las palabras principales para que pueda reconocerlas y hablar de ellas, argumenta de manera reflexiva con cuál posición estás de acuerdo, también puedes emplear situaciones para ejemplificar.

La intención de este ejercicio es ver ustedes cómo conciben el calor a partir de un contexto histórico.

Se aclara que ambas posturas son una interpretación realizada por las investigadoras de los textos originales.



*Antes de leer las siguientes posiciones define con tus propias palabras el concepto de calor*

**JULIUS ROBERT MAYER:**



Uno de los principales exponentes sobre el estudio del calor es Robert Mayer, el estudio medicina y más tarde se interesó por la física.

Mayer en su obra: Fuerzas inorgánicas de la naturaleza explica varios fenómenos, entre ellos el calor, desde la energía. Al respecto considera que el calor aparece cuando las partículas de un cuerpo se acercan unas a

otras, ¿cómo podemos interpretar esto?, lo que pretende Mayer con el ejemplo es indicarnos que independientemente si las partículas están cerca o lejos, cuando se acercan se está presentando una **interacción**, un ejemplo simple es cuando aumentamos la temperatura del agua, allí ocurre que las partículas (debido al cambio de la temperatura) van a moverse con más rapidez y de esta manera empezarán a aproximarse unas a otras y a este proceso de interacción es al que Mayer llama calor.

**¿Qué opinas luego de leer el concepto de calor desde Mayer? Estás de acuerdo, justifique su respuesta.**

### JOSEPH BLACK (1728-1799)



Sus aportes se centraron más en la termodinámica y en establecer una diferencia entre calor y temperatura.

Para Black las sustancias y objetos pueden recibir calor, que hace por ejemplo que un sólido se convierta en líquido o el líquido pasar luego a vapor (lo que se denomina estados de la materia); de esta manera se interpreta el calor como algo inherente a los cuerpos y que puede ser transmitido y es precisamente allí en donde es posible considerar las fuentes de calor, como el sol, una estufa, una fogata entre otros.

Leamos con atención la siguiente actividad experimental que es resultado de la conceptualización que realiza este físico:

Supongamos que tenemos agua a 100 grados de calor, y en la misma cantidad tenemos mercurio pero a 150 grados de calor. Ahora ambas son mezcladas y agitadas. Sabemos que el promedio de temperatura entre 100° y 150° es 125° (recuerda como se hace un promedio de cantidades) y sabemos que este valor de promedio se puede obtener mezclando iguales cantidades de agua fría a 100° con igual cantidad de agua caliente a 150°. El calor del agua caliente baja 25°, mientras que el agua fría es elevada a la misma cantidad.



¿Qué opinas luego de leer el concepto de calor desde Black? Estás de acuerdo, justifique su respuesta.

Ahora ¿cuál de las dos posiciones consideras que corresponde con la respuesta de la pregunta inicial?

### ¿ QUÉ ES EL CALOR?

En este encuentro podrás notar que el **calor** se convierte en objeto de estudio de nuestra investigación. Por tal razón a continuación encontrarás dos posturas del concepto. Lo que pretendemos con estas lecturas es que las analices comprensivamente y seas lo suficientemente **amplio** en tus interpretaciones. Tómese el tiempo necesario para pensar, le recomendamos que subraye las palabras principales para que pueda reconocerlas y hablar de ellas, argumenta de manera reflexiva con cuál posición estás de acuerdo, también puedes emplear situaciones para ejemplificar.

La intención de este ejercicio es ver ustedes cómo conciben el calor a partir de un contexto histórico. Se aclara que ambas posturas son una interpretación realizada por las investigadoras de los textos originales.

Antes de leer las siguientes posiciones define con tus propias palabras el concepto de calor:

El calor para mí es cuando la temperatura de un cuerpo se altera y pasa de estar de un estado frío o estable a un estado caliente.



#### JULIUS ROBERT MAYER:

Uno de los principales exponentes sobre el estudio del calor es Robert Mayer, el estudio medicina y más tarde se interesó por la física.

Mayer en su obra: Fuerzas inorgánicas de la naturaleza explica varios fenómenos, entre ellos el calor, desde la energía. Al respecto considera que el calor aparece cuando las partículas de un cuerpo se acercan unas a otras, ¿cómo podemos interpretar esto?, lo que pretende Mayer con el ejemplo es indicarnos que independientemente si las partículas están cerca o lejos, cuando se acercan se esta presentando una **interacción**, un ejemplo simple es cuando aumentamos la temperatura del agua, allí ocurre que las partículas (debido al cambio de la temperatura) van a moverse con más rapidez y de esta manera empezarán a aproximarse unas a otras y a este proceso de interacción es al que Mayer llama calor.

¿ Qué opinas luego de leer el concepto de calor desde Mayer? Estás de acuerdo, justifique su respuesta.

Yo opino que el concepto de Mayer es muy aceptable por que es muy cierto que cuando

### Análisis

La finalidad del instrumento apunta a la necesidad de discutir desde dos posturas históricas los planteamientos sobre el calor. De manera similar como se hizo en el instrumento anterior, las posturas que se plantearon fueron desde los teóricos Robert Mayer cuyas discusiones permiten ver el calor como un proceso y por otro lado las posturas de Joseph Black quien hace un desarrollo teórico acerca del calor como algo propio de los cuerpos.

Atendiendo a las discusiones y a las respuestas obtenidas por los estudiantes, surgen las siguientes categorías:

Categorías y subcategorías	Casos
El calor se produce en la interacción (o rozamiento) de varios objetos	C1, C2
<p>El calor es el resultado de un cambio en la temperatura de un cuerpo (alteración de un estado)</p> <p>El calor está asociado con fenómenos climáticos</p> <p>El calor está determinado por los sentidos</p>	<p>C1, C4, C2, C3</p> <p>C1, C3, C1</p> <p>C3</p>
El calor está relacionado con el movimiento de un cuerpo, entre más se ejerza movimiento, hay un aumento de calor.	C2

El calor es una sustancia.	C3
El calor es una propiedad inherente a los cuerpos	C4, C2,

Para comenzar el análisis de este instrumento es fundamental dar a conocer que los casos de manera generalizada tratan de llevar una interpretación y construcción de sus argumentos a partir de situaciones relacionadas con su contexto y su lenguaje cotidiano. Al respecto los casos expresan:

C 2: (...) “por ejemplo el calor lo podemos identificar de muchas maneras como cuando una persona hace ejercicio su ritmo cardíaco aumenta, cuando baja la intensidad aumenta su calor”

C 3: “(El calor se da) cuando hay partes donde no entra el aire, también cuando hacemos ejercicio nos acaloramos”

C 1: “Desde mi concepto, el calor se produce por los rayos del sol, y esto genera que nos sintamos calientes o que sudemos, esto también puede generar que algo se derrita o grandes incendios”

Para este último caso más allá de haber un concepto de calor relacionado con su contexto se habla de un tipo de “producción” de calor, como consecuencia de ello se considera el sol como la fuente de calor.

C 1: “cuando ponemos una hoja en candela, ésta inmediatamente se deshace con mayor rapidez”

Esta afirmación presentada por el mismo caso hace referencia al fuego como fuente de calor.



Otros casos hacen una misma interpretación del fenómeno en los siguientes términos:

“Cuando ponemos agua, (...) el fuego hace que el calor del agua aumente a estos casos le damos el nombre de calor”

C 3: (...) el calor se produce cuando las partículas de un cuerpo se acercan”

A pesar de que el caso 3 haga referencia de producción de calor, su argumentación no da cuenta de una fuente de calor, sino por lo contrario de interacción entre partículas, es aquí donde se habla de una nueva categoría: el calor visto como una interacción entre cuerpos. A continuación las argumentaciones que hacen referencia a esta nueva categoría:

C 1: “El calor se da cuando juntamos muchos cuerpos y lo podemos considerar verdad (...) por ejemplo cuando nos montamos en un bus muy lleno sentimos el calor debido a la cantidad de personas”

C 4: “[...] un ejemplo es el tacto, cuando una persona queda cojido con otra, las partículas de una se juntan con la otra y es donde empieza la persona a sudar (...) también hay casos en los que no tienes que ser una persona con otra porque también se puede dar cuando hay roces entre una parte del cuerpo con otra”

C 2: “El calor lo obtenemos de nuestros movimientos [...] en el rozamiento es donde vemos el cambio en los cuerpos”

Por otro lado, existe una tendencia en gran parte de los casos en asociar el calor con los cambios de estado:

C 1: “Si ponemos un recipiente con agua durante dos días al revisar el agua nos damos cuenta que el agua se ha evaporado, entonces esto tiene que ver con el calor [...] porque si hace mucho calor un líquido puede pasar a vapor”

C 3: “Los estados de la materia son los que nos definen claramente qué es el calor, es decir, cuando hay una piscina climatizada, esto de líquido pasa a vapor por medio de la temperatura”

C 4: “El calor para mi es cuando la temperatura de un cuerpo se altera y pasa de estar de un estado frío o estable a un estado caliente”

La forma de argumentar de cada uno de los casos permite observar que se habla del calor desde la interpretación de fenómenos climáticos, podría pensarse que hace parte de la subcategoría calor como cambio de la temperatura, o cambio de estado. A continuación puede mostrarse la siguiente afirmación:

C 1: “Podemos suponer que vivimos cerca al mar, allí hace demasiado calor”

#### Anexo 4

#### Instrumento 3: Oposición dialógica de temperatura

¿QUÉ ES LA TEMPERATURA?

A continuación encontrarás una breve introducción de lo que pensaban dos grandes físicos: Joseph Black y Robert Boyle acerca del concepto de temperatura.

Lee comprensivamente cada postura y luego argumenta de manera reflexiva con cuál posición estás de acuerdo, puedes emplear situaciones para ejemplificar.

La intención de este ejercicio es ver ustedes cómo conciben la temperatura a partir de un contexto histórico.

Se aclara que ambas posturas son una interpretación realizada por las investigadoras de los textos originales.



#### JOSEPH BLACK:

La temperatura mide el nivel térmico o grado de calentamiento de los cuerpos. Ya el hombre primitivo debió darse cuenta de que la temperatura **era un atributo de los cuerpos**, que impresionaba los sentidos de una manera particular, independientemente del estado es decir en reposo, en movimiento, arriba, abajo, fragmentado. Por ejemplo piensa en la siguiente situación: dos piedras iguales ofrecerían a tus sentidos sensaciones diferentes si una de ellas había sido calentada por el sol. La clasificación de los diferentes estados térmicos fue muy simplista: caliente, tibio (como el cuerpo humano), templado (con el ambiente) y frío, enriqueciéndose con modos comparativos como 'frío como el hielo', frío

como el invierno, caliente como el verano, caliente como el agua hirviendo, caliente como el fuego.

**Responde:**

¿Estás de acuerdo con que la temperatura sea la medida del calor? Analiza y argumenta.



**ROBERT BOYLE:**

La temperatura es asumida como una cualidad accidental del cuerpo, es decir como una característica que me permite hablar del mismo. **Entendiéndose no como algo propio del cuerpo sino como algo que surge a partir de relaciones con otros cuerpos, la temperatura como un “estar del cuerpo”.**

Por ejemplo: pensemos en el punto de fusión, y ebullición del agua, solo se puede hablar de estos, si el agua adquiriera cierta “cualidad denominada temperatura de fusión o ebullición”, el agua se convierte en hielo a través de ciertos movimientos y propiedades, para adquirir esa nueva textura determinada por cierta temperatura, (cambia de estado líquido a sólido), igualmente sucede para su cambio de líquido a gaseoso caracterizado por otra temperatura. En este sentido vemos que la temperatura es accidental para los

cambios de estado de la materia, debido a que pueden ser comparables entre un estado y otro.

**Responde:**

- Establece las diferencias entre la postura de Robert Boyle y Joseph Black.
- Elige la postura que para ti define el concepto de temperatura y argumenta tu elección.

(En la medida de lo posible puedes aportar ejemplos)

**Análisis**

En este instrumento se plantean dos posturas diferentes acerca de la concepción de temperatura, la primera desde Joseph Black y la segunda desde Robert Boyle tomadas a partir de la construcción del marco teórico. Cada estudiante reflexiona a partir de las posturas y elige una de acuerdo a lo que ellos piensan que es el concepto.

Para el análisis de la información se realiza una tabla que relaciona las categorías con las respuestas de los informantes.

CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS	CASOS
El calor es una propiedad inherente al cuerpo	C3
La temperatura es la medida del calor	C1, C2, C3 y C4



<input type="checkbox"/> La temperatura está asociada con aspectos climáticos. <input type="checkbox"/> La temperatura está determinada por los sentidos.	C3 C1, C2 y C4
La temperatura es calor	C2
La temperatura es atribuida a los cuerpos	C1 y C2

De acuerdo con las categorías en las que se sitúan los casos, se realiza el siguiente análisis:

Los cuatro informantes coinciden en tomar como postura que la temperatura es la medida del calor, dando como respuesta lo siguiente.

C 1: “cuando los grados aumentan entonces hace calor”

C 2: “Estoy de acuerdo en que la temperatura sea la medida del calor, porque es lo que se puede medir de un cuerpo,...así podemos decir cuánto calor hace o a que temperatura se halla ese cuerpo.”

C 3: “la temperatura mide el nivel térmico o grado de calentamiento de los cuerpos y es así como por ejemplo cuando alguien tiene fiebre...”

C 4: “la temperatura es la medida del calor pero también puede ser la medida del frío”.

De acuerdo con lo anterior podría decirse que cada caso considera que el calor es medible, es decir que este se puede cuantificar por medio de la temperatura; estas posturas dejan claro que

hay una asociación con situaciones cotidianas como sentir fiebre o con aspectos climáticos; pues frente a algunas preguntas surgieron explicaciones y ejemplificaciones del concepto de calor y temperatura por ejemplo:

Para el C3 “la temperatura nos informa como está el clima en nuestro alrededor sea frío, cálido etc.”

De igual forma, mostrando dos posturas diferentes frente al concepto de temperatura, se encuentra que tres de los cuatro casos no están de acuerdo con que la temperatura sea una cualidad accidental, ellos no conciben la posibilidad de darse una interacción entre cuerpos pues solo consideran un cuerpo en sí mismo.

C 1: “no estoy de acuerdo con Robert Boyle porque la temperatura no siempre surge de otros cuerpos porque si hace mucho calor la temperatura aumenta”

C 2: “no estoy de acuerdo con Robert Boyle porque se refiere a que una temperatura debe surgir por medio de dos cuerpos... tener un elemento y depender del otro me parece que no porque un cuerpo puede crear una temperatura”

C 3: “no creo que la temperatura sea una característica accidental”

Al realizar un análisis de las respuestas anteriores y del instrumento en general, se presenta que para hablar de temperatura ellos necesariamente tienen que hablar de calor por ejemplo para al C2 estos dos conceptos son sinónimos: “temperatura sinónimo de calor”; el problema va más allá de entender la temperatura como sinónimo de calor, puesto que en gran medida los informantes

confunden o se contradicen a la hora de expresar sus interpretaciones; por ejemplo para el C1

la temperatura depende del calor, es decir la temperatura aumenta debido al calor:

C 1: “Supongamos que estamos en una costa de Colombia, con una temperatura de  $40^{\circ}\text{C}$  y compras una paleta, si no te la comes rápido se va a derretir porque el calor debe ser impresionante”.

Finalmente cabe destacar que los casos confunden lo que es calor con temperatura haciendo uso de estos conceptos en muchas ocasiones como sinónimos o simplemente hablando de la temperatura como una medida del calor, sea el “calor del clima” o el “calor del cuerpo”.

## Anexo 5

### Instrumento 4: actividad experimental

Antes de iniciar la construcción:



¡Hablemos de termómetros!

-¿Que conoces o has oído hablar de los termómetros?

-¿Para qué se usan los termómetros?

-¿Qué mide un termómetro?

-¿El termómetro mide el calor o la temperatura?

### **Durante la Actividad.**

-¿Qué propiedades piensas que debe tener el líquido del tubo para que el termómetro sea más funcional?

-¿Cómo piensas que deben ser los materiales y su forma para construir un termómetro de mejor precisión?

-Después de empezar el trabajo y tener un acercamiento a la construcción de un termómetro, piensa nuevamente la pregunta ¿Qué mide un termómetro?

-¿Qué es lo que hace que el líquido suba o baje en el vidrio?

-(Dependiendo a lo que respondan, unos puede ser calor o temperatura) -¿Qué es entonces para ti la temperatura/calor?

### **EL TERMÓMETRO**

En la actualidad el termómetro es un “artefacto” muy usado a nivel industrial, medicinal... de hecho muchas personas tienen uno en su casa.

Con esta actividad se pretende construir un termómetro con el fin de analizar los materiales, funcionalidad y aplicación a los temas de calor y temperatura, es por esta razón que la construcción,

más que un espacio para seguir el orden de una guía, será también un espacio de conversación abierta.

Como investigadoras esperamos que se sientan en la libertad de expresar lo que opinan, las dudas que se le presentan y los posibles análisis que le suscita la actividad.

### **Materiales:**

-Tubo de vidrio

-Hielo

-Olla

-Agua

-Mechero

-Alcohol

-Sellador

-Botella

-Colorante

### **Procedimiento**

Coloca dentro del tubo de vidrio el alcohol con el colorante para identificar la dilatación del alcohol mientras cambia la temperatura.



Posterior a ello para calibrar el termómetro es necesario tener hielo y agua en su punto de ebullición, para poder definir el punto mínimo y el punto máximo en el termómetro y como consecuente a ello definir una escala.

Dentro de un recipiente cerrado colocar el agua en su punto de ebullición inmediatamente a ello introduce el tubo de vidrio y determina la temperatura máxima.



## Anexo 6

### Fragmentos de la transcripción del encuentro de la actividad experimental

I: Mientras ustedes van trabajando, la idea es que conversemos del proceso en la actividad experimental. Y nos gustaría iniciar preguntándoles ¿Por qué creen que les traemos dos líquidos diferentes?

C2: Porque se mide la temperatura diferente en el frío que en el calor.

I2: Pero aclaramos que es el líquido contenidos en los bulbos, uno es alcohol y el otro es aceite (señala)

C2: Por la diferencia que hay entre los dos, como cuando uno revuelve el aceite en el agua, emm, bueno, no mentiras eso no tiene nada que ver.

C4: ¿No debe tener más reacción primero como el alcohol que el aceite?

C2: Si, por ser el alcohol más fuerte.

(...)

I2: y ya que estamos hablando de los materiales, ¿qué piensan de los que hemos traído? ¿cómo deben ser los tubos para que un termómetro tenga un mayor funcionamiento?

C2: así como esta ese (señala un bulbo). Depende también de lo que se vaya a medir. Por ejemplo si uno quiere medir la temperatura de cuando uno tiene fiebre, uno usa el termómetro y el “cosito” puede ser pequeño; pero si usted va a medir la temperatura por ejemplo de clima va a ser diferente.

C1: pero no estoy de acuerdo porque hay muchos termómetros, hay unos que son así como en agua y hay otros que tienen un líquido parecido al hierro, como plateado.

C2: por eso yo digo que depende de lo que se vaya a medir.

C4: finalmente eso tiene un mismo objetivo y es medir la temperatura.

I2: ¿de qué?

C1: de un cuerpo...

C2: del clima, del ambiente...

I: Voy a poner un ejemplo para que comprendamos mejor la pregunta. Supongamos que tengo uno termómetros (señala un bulbo de los que no están en el hielo) y lo pongo en este lado de la ventana.

C2: entonces se va a calentar. También pienso que si el líquido es por ejemplo aceite, se va a poner más líquido.

I: ¿y piensan que sube, baja, o se quedará igual?

C2: Va a subir y va a marcar uno de los números.

I: ¿Y entonces qué significa esa medición?. ¿A qué corresponde esa medida?

C2: Ese calor

I: ¿al calor de qué?

C2: Del sol, porque usted lo está poniendo ahí (señala la ventana)

C2: vea, yo digo que es el número del termómetro, pero sería algo “alocado” porque si marca por ejemplo el número 10 y está haciendo mero solazo ¿cómo voy a decir que está a 10 grados?

C3: Pero es que la temperatura del sol es la que me calienta el termómetro.

C1: si, yo también digo que es así.

I2: Ahora, ya después de haber hablado de la medida como tal, ¿pueden responderme qué es lo que mide? porque ustedes hablan que mide el calor, pero posteriormente dicen que la temperatura ¿Pueden aclararnos esa parte?

C2: Esta muy difícil esa pregunta porque ustedes nos preguntan por el calor y por el termómetro y por qué sube. Sabemos sube por el calor ¿cierto?

C3: Si sube por el calor del sol que hace que el termómetro se recaliente.

C2: ¿Pero es que el calor como va a ser del termómetro? si es un simple objeto, es el objeto por el cuál podemos medir.

C3: Pero no es el calor del sol porque por ejemplo si usted lo coloca en el agua no va a ser esa medida tampoco porque igual ella tiene calor porque es el termómetro el que se calienta.

C2: si de acuerdo a lo que usted dice (C3) me parece más lógico.

C1: Sí porque por ejemplo usted lo pone al sol, ¿cierto? y entonces sube y eso se va a calentar, si usted lo quita va a empezar a bajar porque la temperatura del termómetro baja.

I2: Ha sido muy interesante lo que nos han dicho pero nos hemos desviado un poco de la pregunta que hacíamos ahora, sobre qué mide ¿calor o temperatura?

C1: La temperatura de, emmm, el clima

C2: no, pero si ahora dijimos que era la del termómetro.

C2: Yo digo que es la temperatura pero tiene que ser del cuerpo que se está midiendo, en este caso el del calor.

I: ¿Estaríamos afirmando que el calor es el cuerpo?

C1: Es que en el caso del sol enreda mucho.

I: De acuerdo, no escojamos el ejemplo del sol, hablamos de una persona que está enferma. A qué se le mide la temperatura?

C4: ahí si al niño

I: En ese caso, ¿cuál es la diferencia entre tomar la medida en la ventana que al niño?

C3: Que en el primer caso están hablando del clima

I: Y qué más me pueden decir de eso, ¿por qué en uno afirman que se lee el del termómetro y en el otro caso es el del cuerpo?

C3: Sucede que en el primer caso no se está haciendo un contacto.

C4: Ahí si se mide la temperatura, pero pues, del termómetro por medio del calor que tiene un cuerpo.

C4: Si la pregunta viene a que mide si calor o temperatura, entonces mide la temperatura porque supongamos que, un cuerpo, supongamos que yo tengo calor y me pongo un termómetro el termómetro no va a marcar, el termómetro marca si yo tengo fiebre que es como una temperatura alta.

C1: No, porque si usted tiene... por ejemplo si usted está sudando, el cuerpo suyo está caliente, entonces es como si tuviera fiebre

C2: Usted se está agitando

C3: Le va a subir pero la temperatura pero por medio del calor o por medio del frío.

I: Me podrías ampliar eso cuando dices que la temperatura sube por medio del calor o por medio del frío, esa es la pregunta que ya teníamos planteada para que no nos desviemos.

C3: Es que depende, con el frío baja y con el calor sube.

C2: Yo digo que se puede medir la temperatura pero siempre va a ser diferente al cuerpo que están midiendo, ¿si me entiende? a lo que le estamos sacando la temperatura. Por ejemplo en este caso estamos haciendo con el hielo, entonces ahí estamos viendo temperatura del hielo, pero para ellos (C3 y C4) están midiendo la temperatura del termómetro y para mi es el del estado ¿si me entiende? entonces lo que quiero decir es que si se coje el termómetro depende del cuerpo, todo va a ser diferente.

*En el momento de sumergir el termómetro en agua fría*

C1: (refiriéndose a C2) Mira que el nuestro así sea aceite también bajó, porque la bolita que había antes en el bulbo es ahora más grande, es como si se hubiera comprimido.

I: Después de haber marcado el punto más alto, nos vamos a acercar al agua que tenemos acá. Pregunto ¿cómo se encuentra el agua.

C1, C2, C3, C4: ¡Hirviendo!

I2: Y pueden decirme para ustedes que es hervir.

C2: que se encuentra a una gran temperatura de calor.

C3: Pues que eso ya tiene calor.

C4: Porque está sometida a un calor.

C1: Además se encuentra como en el calor máximo

C3: Uno también puede hervir agua en una fogata.

I2: ¿Dices que el calor surge?

C2: Si y el frío también, cuando se produce calor llega a alta temperatura. Así es la lógica como lo veo, aunque si uno ve otros métodos podemos decir por ejemplo que el sol está ahí quieto ¿entonces que lo está produciendo?

C1: Pero es que una temperatura también puede ser el frío.

C2: Lo que digo es que al sol nadie le está ayudando, posee un calor solito. Es ahí donde uno entra a decir, ¿por qué será que le decimos calor? puede ser un frío.

*En el momento de establecer la escala:*

I2: Organicemos en este momento las marcas del máximo.

C1: y entonces qué va a pasar

C3: Pues baja porque ya no está expuesto al calor.

C2: Él va a bajar hasta que llegue a su estado normal ¿no?

I: Usted habla de un “estado normal” ¿Puede decirnos a qué se refiere?

C1: Yo digo que es un estado de temperatura ambiente.



C2: Haber pues, que puedo decir yo, pues que uno lo quita (de la estufa) y él va a bajar hasta estabilizarse en un estado normal porque no está expuesto a nada.

C4: Pero no llega del todo abajo.

C3: No llega al lugar que estaba cuando nosotros llegamos.

C2: Es el estado en el que está antes de alterar metiéndolo en hielo y agua hirviendo.

I: Ya después de haber realizado la actividad experimental nos gustaría retomar las primeras preguntas, las planteadas inicialmente. Hablemos sobre esas medidas que hicieron en las escalas.

C2: Esa medida expresa los grados de frío o de calor.

I: ¿Grados de frío o de calor?

C1: Si no, que, es que el frío y el calor lo medimos en grados pero en este caso no necesariamente deben ser grados, como grado Celsius.

C2: ¿Si cuando teníamos en frío nos llegaba hasta -25 serían grados “Manco” y cuando lo ponemos en calor entonces llega a grados manco 21.

I: ¿y qué es lo que sube?

C1: El calor, o no, el líquido.

I: Entonces hablemos de ese número.

C1: Que si yo lo meto a la nevera entonces digo “vamos a medir la temperatura de la nevera con hielo”

C2: y cuando lo meto al agua hirviendo yo digo que ésta se encuentra a 21 grados de calor. y ahí (señala la nevera) es -25 grados de frío.

C1: sí porque ahí en la nevera no hay grados de calor.

I: De acuerdo, pero ahora supongamos que vamos a usar nuestro termómetro, por decirlo con el agua de la olla.

C3: Pero el agua ya no está tan caliente como antes.

I: ¿Por qué puedes afirmar que el agua ya no está caliente?

C3: Porque ya no está expuesta al mismo calor.

C4: Por ejemplo si la metemos en este momento no va a medir lo mismo.

C2: Se le está bajando la temperatura de ese calor.

C3: Si, el termómetro estará midiendo ese calor, aunque también mide el frío.

I: ¿Y pueden decirme de qué es lo que mido ese calor o frío?

C1: Del cuerpo cuyo  $x$  que produce calor o frío. Ya sea el sol, o el frío. (Aquí se refiere al “ $x$ ”)

I: y Ahora ¿Qué es lo necesario para yo poder establecer una medida?

C1: Él tiene que estar a un estado. Como puede ser calor y frío.

C2: Debe existir un contacto. Pero un contacto especial, deben ubicarlo en un lugar que lo cubra todo...



I2: Y ahora supongamos que mido un objeto y encuentro que está a -21 y luego quiero medir otro objeto. ¿Puedo hacerlo de manera inmediata?

C1: no, hay que esperar.

I: ¿hay que esperar a que?

C1: A que vuelva al estado normal del termómetro

C2: Es que por ejemplo con el termómetro de aceite, ahora vimos que ese era más lento, entonces al usted medirse y midió -12 entonces va a ser más lento si mido otro, hay que esperar.

## Análisis

CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS	CASOS
El calor es una propiedad inherente al cuerpo.	C2,C3,C4.
La temperatura es la medida del calor.	C1,C2, C3,C4.
El calor se produce	C1,C2, C3,C4.

De acuerdo con las categorías en las que se sitúan los casos, se realiza el siguiente análisis:

El caso 2,3 y 4 coinciden en afirmar que el calor es una propiedad inherente al cuerpo o que los cuerpos poseen calor, usando en su discurso expresiones como: “Supongamos que yo tengo calor y me pongo un termómetro no va a marcar, el termómetro marca si yo tengo fiebre que es como una temperatura alta.” (C4), “Si sube por el calor del sol que hace que el termómetro se recaliente.” (C3), “ Lo que digo es que al sol nadie le está ayudando, posee un calor solito” (C2); de esto se infiere que para el caso 4 el termómetro va medir su calor y este solo se puede hacer

cuando existe en un exceso en ella para determinar una temperatura alta, por su parte para el caso 3 el sol posee calor y a su vez es una fuente que produce calor en otros cuerpos transmitiéndoselo; el caso 2 afirma algo similar al caso 3 expresando que el sol posee un calor inherente, expresando particularmente que el sol necesita ayuda o una interacción con otro cuerpo para tenerlo.

Por otro lado existe una gran tendencia de los casos en asociar la temperatura como la medida del calor y en algunos casos con el frío, determinando con un valor numérico a cuanto calor posee un cuerpo o si se encuentra frío, realizando afirmaciones tales como: “Si no, que, es que el frío y el calor lo medimos en grados pero en este caso no necesariamente deben ser grados, como grado Celsius” (C1), “Porque se mide la temperatura diferente en el frío que en el calor.”(C2), “Yo digo que es la temperatura pero tiene que ser del cuerpo que se está midiendo, en este caso el del calor.” (C2), “Ahí si se mide la temperatura, pero pues, del termómetro por medio del calor que tiene un cuerpo.”(C4). “Le va a subir pero la temperatura pero por medio del calor o por medio del frío.” (C3). De esta manera puede inferirse que para los 1 y 3 la temperatura es medida dependiente del estado de un cuerpo y tiene hasta el momento dos posibilidades frío o calor diferente, y para los casos 2 y 4 el termómetro determina el nivel térmico o grado calentamiento que posee un cuerpo.

Continuando con el análisis para los casos 3 y 4 el calor se produce y para ello es necesario la interacción entre un cuerpo y otro o una fuente de calor y un objeto, tales como el sol y el fuego, esto se evidencia en la siguiente situación presentada durante la actividad experimental :

I: Después de haber marcado el punto más alto, nos vamos a acercar al agua que tenemos acá.

Pregunto ¿cómo se encuentra el agua?

C1, C2, C3, C4: ¡Hirviendo!

I2: Y pueden decirme para ustedes que es hervir.

C2: que se encuentra a una gran temperatura de calor.

C3: Pues que eso ya tiene calor.

C4: Porque está sometida a un calor.

C1: Además se encuentra como en el calor máximo

C3: Uno también puede hervir agua en una fogata.

De acuerdo con las respuestas dadas se infiere que para los casos 3 y 4 existen fuentes de calor como lo es el fuego estas permiten que se genere calor en un cuerpo, como lo es para este caso el fuego en el agua, los casos 1 y 2 determinan un estado de calor máximo generado por la fuente, además confundiendo este calor máximo con temperatura alta. En otra situación el caso 1 también expresa “Sí porque por ejemplo usted lo pone al sol, ¿cierto? y entonces sube y eso se va a calentar, si usted lo quita va a empezar a bajar porque la temperatura del termómetro baja.” Afirmando así la tendencia a pensar que el calor se produce debido a la acción de algunas fuentes de calor sobre un objeto o un sistema.

### Referencias bibliográficas

Acosta, P. (2010). Avances y avalanchas del siglo XIX. La termodinámica: ciencia del calor y técnica del movimiento. *Antena de telecomunicación*, 64-68

Aguilar, Y. (2006). Enseñanza y formalización de los fenómenos físicos. Usos de la historia y epistemología de la física en la educación en física. El Concepto de presión desde la perspectiva euleriana. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.

Alomá, E., & Malaver, M. (2007). Los conceptos de calor, trabajo, energía y teorema de Carnot en textos universitarios de termodinámica. *Revista Venezolana de Educación Educere*, 477-487.

Arzaluz, S. (2005). La utilización del caso en el análisis local. *Región y sociedad*, 108-144.

Campanario, J. & Moya. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las ciencias*. 17 (2), 179-192.

Cassier, E. (1979). Fin y método de la física teórica.

Cervantes, L., De la Torre, N., Verdejo, A., Trejo, L., Córdova, J., & Flores, F. (2001). El concepto de calor en termodinámica y su enseñanza. Memorias del XVI Congreso Nacional de Termodinámica.

Díaz De Salas, S., Mendoza, V., & Porras, C. (2011). Una guía para la elaboración de estudios de caso . *Razón y palabra*, 1-25.

Dumrauf, A., & Cordero, S. (2004). “¿Qué cosa es el calor? Interacciones discursivas en. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1-26.

Escobar, L., González, Y., & Gutiérrez, C. (2008). Enseñanza del concepto de calor y temperatura enmarcada en la teoría del cambio conceptual. Medellín: Universidad de Antioquia.

Fernández, L.(2006). ¿Cómo analizar datos cualitativos?.Barcelona.Butlletí La Recerca,1-13.



Furió Gómez, C., Solbes, J., &Furió-Mas, C. (2007). La historia del primer principio de la termodinámica y sus implicaciones didácticas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 461-475.

Greiner, W., Neise, L., &Stöcker, H. (s.f.). *Desarrollo histórico de la teoría del calor*. Recuperado el 13 de 4 de 2014, de <http://www.fis.cinvestav.mx/~jmendez/JMMA/historia%20calor.pdf>

Hernández, R; Collado, C & Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. DE C.V

Hewitt, P. (2007). *Física conceptual*. México: Pearson educación.

Historia de la ciencia: origen del concepto de energía.(s.f.). Recuperado el 20 de 04 de 2014, de: <http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/usrn/lentiscal/2-CD-Fiisca-TIC/ficherospdf/historiacienenergia-calor.pdf>

Kuhn, Thomas S. (1996). La conservación de la energía como ejemplo del descubrimiento simultáneo. En *La tensión esencial: Estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia* 91-128. México: Fondo de Cultura Económica.

Martínez, I. (1992). *Termodinamica Basica y Aplicada*. Madrid :Dossat SA

Matthews, M. R. (1994). Historia, Filosofía y Enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), pp. 255-277

Mayer, R. ( 1842). Fuerzas orgánicas de la naturaleza. *Revista filosófica y diario de ciencia*. 25, 370-377.

Ministerio de educación nacional. (2004). *MinEducación-ministerio de educación nacional*. Recuperado el 17 de 04 de 2014, de:[http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042\\_archivo\\_pdf3.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf3.pdf)

Rodríguez, V., &Díaz, S. (2012). Concepciones alternativas sobre los conceptos de energía, calor y temperatura de los docentes en formación del instituto pedagógico en Santiago, Panamá. *Revista Actualidades Investigativas en Educación*, 1-26

Rodríguez, D.,& Valdeoriola, J. (2009). Metodología de la investigación, Barcelona, Universidad Oberta de Catalunya,1-82.

Roth, H. (1970). El buen arte de la preparación de una clase. *Revista Educación*, 1, pp. 26-36.

San Martín L. (2003). Ciclo didáctico. Colombia, Universidad de Antioquia.

Severgnini, H. (2007). Robert Boyle: Mecanicismo Y Experimento. Argentina: Encuentro Grupo Editor.

Solis Santos, C. (1985). *Física, química y filosofía mecánica: consideraciones y experimentos sobre el origen de las formas y cualidades. Parte teórica* (pp. 193-244). Madrid: alianza editorial S.A.

Stake, R. (1998). *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Morata.

Stewart, M. (1991). *Documentos filosóficos exclusivos de Robert Boyle : Introducción a las cualidades particulares*. Hackett Publishing Company.

Vásquez, J. (1987). Algunos aspectos a considerar en la didáctica del calor. *Enseñanza de las ciencias*, 235-238.