



**EL CONCEPTO DE ENTROPÍA. UNA REFLEXIÓN DESDE SITUACIONES
EXPERIMENTALES**

Jhon Estiben Arredondo Naranjo

Trabajo de grado presentado para optar al título de Licenciado en Matemáticas y Física

Asesora

Olga Luz Dary Rodríguez Rodríguez, Magíster en Docencia de la Física

Universidad de Antioquia
Facultad de Educación
Licenciatura en Matemáticas y Física
Medellín, Antioquia, Colombia
2021

Cita	(Arredondo Naranjo, 2021)
Referencia	Arredondo Naranjo, J,. (2021). El concepto de entropía. una reflexión desde situaciones experimentales [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Centro de Documentación Educación

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano/Director: Wilson Bolívar Buriticá.

Jefe departamento: Cártul Valerico Vargas Torres

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

A todo aquel que lo hizo posible.

Contenido

Resumen	7
Abstract	8
Introducción	9
Capítulo I: La entropía en el aula de clases ¿Muy difícil para enseñar?	10
1.1 La entropía en mi época universitaria y en medios divulgativos.	10
1.2 La entropía en libros texto.....	10
1.3 La termodinámica en los Derechos Básicos de Aprendizaje.	12
Objetivos	14
1.4.1 Objetivo General:	14
1.4.2 Objetivos Específicos:	14
Capítulo II: Mi reflexión conceptual sobre la entropía y la experimentación en física.	15
2.1. La construcción de conceptos científicos.....	15
2.2 El papel de la experimentación en la construcción de conceptos científicos.....	17
2.3 La comunicación en la experimentación en física.	19
2.4 Mi interpretación de la entropía.	21
2.4.1. Las diferentes visiones que tenemos de calor.	22
2.4.2. ¿Es posible medir el calor?	24
2.4.3 Propiedades de la entropía.	28
2.5 La metodología autobiográfica – narrativa: Una reflexión sobre la práctica docente.....	28
Capítulo III. Mi propuesta pedagógico - didáctica para el estudio de la entropía.....	31
3.1 Justificación Taller preliminar: La temperatura.	48
3.2 Justificación Taller 1: Exploración y organización de la relación Calor – Temperatura.	48
3.3 Justificación Taller 2: Calorimetría.....	50
3.4 Justificación Taller 3: Calorimetría 2.....	52

Capítulo IV: Mi reflexión sobre el proceso de implementación de mis talleres experimentales...	53
4.1 Análisis Taller preliminar: Mi experiencia previa en el aula de clase.	54
4.1.1 Construcción de explicaciones.....	54
4.1.2 Una reflexión sobre el termómetro.	56
4.1.3 Dejar de lado algunos prejuicios.....	57
4.2 Calor y Temperatura: Un análisis desde la interpretación de fenómenos físicos.....	57
4.2.1 La temperatura y los cambios de estado.	58
4.2.2 Transferencia de calor.....	59
4.2.3 Hasta cuando hay transferencia de calor.....	60
4.3 Análisis implementación Taller número 2.	62
4.3.1 Formas de generar calor.....	62
4.3.2 Conclusiones de la construcción de un calorímetro.....	63
4.4 Análisis implementación Taller número 3.	65
4.4.1 El calor y la cantidad de sustancia.	65
4.4.2 La entropía.	66
Conclusiones	68
Recomendaciones.....	69
Referencias	70

Lista de figuras

Figura 1: Funcionamiento del termómetro puesto en contacto con agua caliente.....	55
Figura 2: Respuesta de Gabriel al numeral 6 del taller 1.....	61
Figura 3: Calorímetro casero construido por uno de los estudiantes.....	63

Resumen

La presente investigación, surge a partir de mi experiencia en las clases de física, tanto del colegio, donde la entropía no se enseñaba, como en la universidad, en la cual la entropía se enseñaba con un enfoque muy algorítmico y orientado a la resolución de ejercicios. La metodología que utilicé es la autobiográfica – narrativa, puesto que permite resaltar mi papel de maestro en formación en la investigación que realicé, enfocar mi práctica docente a las experiencias vividas y reconocer el sujeto como un actor que posee un conocimiento. Los resultados que obtuve de la presente investigación son producto de talleres experimentales, que elaboré y los cuales son mi propuesta pedagógica – didáctica, basada en situaciones de la vida cotidiana y nutrida por las socializaciones que llevé a cabo de cada taller. Además, para elaborar dichos talleres realicé una revisión e interpretación de obras científicas de autores como Black y George Job.

Palabras clave: metodología, conocimiento, sujeto, experiencia, experimento.

Abstract

This research arises from my experience in physics classes, both at school, where entropy was not taught, and at university, in which entropy was taught with a very algorithmic and problem-solving oriented approach. training. The methodology I used is autobiographical-narrative, since it allows me to highlight my role as a teacher in training in the research I carried out, focus my teaching practice on lived experiences and recognize the subject as an actor who possesses knowledge. The results obtained from this research are the product of experimental workshops, which I developed and which are my pedagogical - didactic proposal, based on situations of daily life and nurtured by the socializations that I carried out in each workshop. In addition, to develop these workshops I carried out a review and interpretation of scientific works by authors such as Black and George Job.

Keywords: methodology, knowledge, subject, experience, experiment.

Introducción

En el presente trabajo de investigación, construyo desde el análisis de obras científicas una propuesta pedagógica – didáctica para la construcción del concepto de entropía, por medio del uso del experimento, viéndolo no como un montaje, sino como la observación e interpretación de los hechos observados. Adicionalmente, construyo una narración autobiográfica relacionada con mi práctica pedagógica.

Inicialmente, esta investigación abarca la problemática que construí desde el análisis de mi experiencia en la etapa escolar, en la cual la entropía estaba por fuera del aula de clases y de la forma en la que se presenta la entropía en libros texto universitarios. A partir de la problemática que encontré, me planteé un objetivo principal: elaborar una propuesta pedagógico-didáctica que permita construir desde la experimentación el concepto de entropía. Así, realicé la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo puedo cambiar la visión de la enseñanza de la entropía centrada en lo algorítmico y la resolución de ejercicios, para que no sea excluida de la escuela?

Adicionalmente, en el componente conceptual que fundamenta esta investigación considero obras científicas relacionadas con la termodinámica de autores como Black (1807) y George Job (1972). Con relación al enfoque didáctico y pedagógico, que adopté en el momento de diseñar los talleres, destaco autores como Arcá, Guidoni y Mazzoli (1990), Duhem (1914/2003), Mach (1905/1948), Shapin y Schaffer (1985/2005). En cuanto a la metodología de investigación autobiográfico – narrativa, resalto autores como Bolívar (2002,2012), Ladín y Sánchez (2019).

Para finalizar, efectúo un análisis de los talleres que diseñé, el cual realizo desde las aportaciones escritas y la socialización realizada de cada taller; en el que analizo los logros alcanzados a nivel conceptual, relacionados con el calor y la entropía.

Capítulo I: La entropía en el aula de clases ¿Muy difícil para enseñar?

En el presente capítulo hago una reflexión en torno a la entropía y su enseñanza en el aula de clase; basado en mi experiencia y mi revisión de algunos trabajos relacionados con la enseñanza de la termodinámica; esto con el objetivo de poner en evidencia la problemática de mi trabajo de investigación.

1.1 La entropía en mi época universitaria y en medios divulgativos.

Actualmente soy estudiante de la Licenciatura en Matemáticas y Física, en la cual tomamos un curso de termodinámica. Cuando vi este curso la entropía me despertó gran interés; sin embargo, la consideraba muy difícil de entender, así que en ese momento pensaba que por su complejidad sólo lo podían ver los estudiantes universitarios; pero no los estudiantes de las escuelas. De manera simultánea, constantemente veía videos divulgativos de física en los cuales se hablaba de la entropía y se daba a entender como un contenido de física muy difícil de aprender, hasta el punto que el divulgador dijo que no sabía si el mismo lo entendía¹. En el video dice: “Si después de este video no lo has entendido, no te preocupes yo tampoco estoy seguro de hacerlo” (Medina, 2020). En consecuencia, en la universidad y en entornos más informales como los medios digitales, encontré la misma percepción sobre la dificultad para comprender la entropía.

1.2 La entropía en libros texto.

En el curso de termodinámica y en otros del núcleo de pedagogía, como el curso de Didáctica V (didáctica de la física), realicé una revisión de libros universitarios de física: como el libro de Cengel (2009), Zemansky (1997) “Calor y termodinámica” y el de Serway (2014) “Física para ciencias e ingeniería”. Noté que tienen un enfoque muy algorítmico, en el sentido que se centran más en mostrar la expresión matemática bajo la cual “definen” la entropía. Al respecto, es importante mencionar que, en trabajos relacionados con la enseñanza de la entropía, como la tesis de doctorado *Origen y evolución del concepto de entropía. Representaciones e implicaciones para*

¹ Actualmente es posible verlo en diferentes canales divulgativos de ciencia, por ejemplo, por medio de la cuenta de Instagram “ratoastronómico” que es dirigido por un Astrónomo de la Universidad de Antioquia.

la enseñanza (Ulloa, 2006), se ha planteado la importancia de ser críticos con relación a los contenidos de los libros texto y cómo en estos se presenta la entropía. En dicho trabajo Ulloa (2006) afirma:

El concepto de entropía tiene su origen en Clausius de manera que algunos consideran como poco clara. Con el transcurso del tiempo la entropía ha estado sujeta a interpretaciones de diversa índole que ha añadido otras formas de verla. Los libros de texto en la transmisión del concepto muestran desconocimiento de estas dificultades y mezclan representaciones complicando aún más la comprensión del concepto. A su vez, las representaciones de los profesores son tributarias en buena medida de esos textos, lo que no añade claridad a la comprensión de la entropía por parte de los alumnos (p. 11).

Con el fin de ilustrar la manera en la cual se presenta la entropía en los libros texto veamos, a modo de ejemplo, la forma en la cual se expone en el libro de Cengel (2009). En el capítulo 6 inicialmente habla de la segunda ley de la termodinámica y afirma que esta conduce frecuentemente a expresiones de desigualdades, con el fin de introducir la desigualdad de Clausius, la cual expresa como $\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0$; posteriormente, considera un volumen ocupado por un gas en un cilindro – émbolo que experimenta un ciclo y argumenta que, cuando el émbolo regresa a su posición inicial, el volumen del gas vuelve a su valor inicial, de forma que el cambio neto en el volumen durante el ciclo es cero, es decir que, la integral cíclica de volumen es cero. En el texto se menciona esto con el fin de ilustrar que, cuando la integral cíclica de una cantidad es cero, depende solo del estado y no de la trayectoria del proceso; por lo tanto, una cantidad como $\oint \frac{\delta Q}{T}$ debe representar una propiedad en la forma diferencial, así que $ds = \oint \frac{\delta Q}{T}$ donde S es la entropía. Como podemos observar este texto está orientado a llegar a una expresión algorítmica de la entropía.

Por otra parte, en el capítulo 8 del libro de Zemansky (1997), también, se plantean una serie de ecuaciones para llegar a la expresión $ds = \oint \frac{\delta Q}{T}$ y se menciona que: “La entropía de un sistema es una función de las coordenadas termodinámicas, cuyo cambio es igual a la integral dQ_R/T entre los estados extremos, calculada a lo largo de cualquier trayectoria reversible que une ambos estados” (p.193). En la cita anterior percibimos que el énfasis se realiza en hacer un enunciado que

posibilite deducir qué es la entropía, y esta parte del texto está orientada únicamente a encontrar una expresión algorítmica que permita describirla. En este sentido es importante traer a colación el artículo “Carnot y Planck y la segunda ley de la termodinámica”; en la cual Ayala, Malagón y Romero (1996) afirman que: “La entropía, por ejemplo, en las versiones que suelen ser enseñadas de la termodinámica, es definida mediante una expresión matemática que poco dice a los estudiantes acerca de los procesos naturales” (p.73).

Los cursos de física que vi en la universidad, tales como termodinámica o física de la luz, se dictan basados en este tipo de textos y son dados desde el tablero, en el cual se realizan diferentes problemas. Se usan algoritmos que inicialmente se demuestran procedimentalmente y luego se usan para resolver algunos problemas propuestos por el libro texto. Cuando me reunía con un compañero para estudiar estos problemas noté que el hecho que se tuviera el enfoque algorítmico hacía que viéramos la entropía como un contenido de la física difícil de entender, complejo para trabajarlo.

Lo expuesto en el párrafo anterior, me hace recordar cuando estaba en el colegio. Mis clases de física se referían sólo a la mecánica newtoniana: qué eran vectores, movimiento rectilíneo uniforme, movimiento uniformemente acelerado, tiro parabólico, etc. Como seguía programas divulgativos de física me preguntaba ¿Por qué solo me enseñaban mecánica? En algún momento le pregunté esto a mi profesor y obtuve una respuesta basada en la complejidad de lo que se estudia en las otras áreas de la física; es decir, demasiado complicado para llevarlo al aula de clase de una institución escolar.

1.3 La termodinámica en los Derechos Básicos de Aprendizaje.

En Colombia el Ministerio de Educación define lineamientos curriculares que dan una visión mínima de los temas que se deben enseñar en los colegios, así que, de ellos depende en gran medida los contenidos que los profesores pueden trabajar. Esto puede verse, por ejemplo, en los Estándares Básicos de Competencias en ciencias naturales². Sin embargo, los profesores pueden proponer algunos temas a desarrollar en el aula de clase. Mi experiencia en la época escolar no se

² Según el Ministerio De Educación Nacional (2015) “los estándares básicos de competencias constituyen uno de los parámetros de lo que todo niño, niña y joven debe saber y saber hacer para lograr el nivel de calidad esperado a su paso por el sistema educativo y la evaluación externa e interna es el instrumento por excelencia para saber qué tan lejos o tan cerca se está de alcanzar la calidad establecida con los estándares (Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas. p.9).

limitó a la física mecánica, como ya lo mencioné. Esto contrasta con lo que se menciona en esos Estándares Básicos de Competencia: “Describo y verifico el efecto de la transferencia de energía térmica en los cambios de estado de algunas sustancias”, “verifico la acción de fuerzas electrostáticas y magnéticas y explico su relación con la carga eléctrica”, “establezco relaciones entre energía interna de un sistema termodinámico, trabajo y transferencia de energía térmica; las expreso matemáticamente”; pues, la termodinámica y otras áreas de la física estaban por fuera. Esto constituye para mí un problema.

Con base en todo lo que antes mencioné, planteo la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo puedo cambiar la visión de la enseñanza de la entropía centrada en lo algorítmico y la resolución de ejercicios, para que no sea excluida de la escuela?

Objetivos

1.4.1 Objetivo General:

- Elaborar una propuesta pedagógico-didáctica que permita construir desde la experimentación el concepto de entropía.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- Legitimar una perspectiva sobre el papel del experimento en la educación en física.
- Construir el concepto de entropía a partir de reflexiones histórico - epistemológicas.

Capítulo II: Mi reflexión conceptual sobre la entropía y la experimentación en física.

En el presente capítulo realizo una reflexión conceptual basada en los diferentes textos que he trabajado en los seminarios de práctica, dentro de los cuales se encuentran obras científicas de autores tales como Ernst Mach, Duhem, Black y literatura secundaria. Inicialmente, expongo mi reflexión orientada a qué es un concepto, para posteriormente hacerlo con relación a la experimentación en física, la cual realizo principalmente desde textos como *El Leviathan y la bomba de vacío. Hobbes, Boyle y la defensa de la experimentación* (1985/2005) y *La teoría física: su objeto y su estructura* (1914/2003). En la tercera parte de este capítulo mi reflexión está orientada hacia el concepto de entropía y, en la cuarta parte lo hago con relación a la metodología de investigación biográfico-narrativa, que utilicé para realizar la presente investigación.

2.1. La construcción de conceptos científicos.

El concepto alrededor del cual orienté mi investigación es el de entropía, como lo mencioné en el capítulo 1, no me refiero desde el punto de vista de una definición, sino de un concepto, motivo por el que es necesario generar una precisión sobre qué entiendo por este último; el cual, después de estudiar un fragmento de la obra de Mach, lo concibo como una formación psicológica y una construcción abstracta. En este sentido, Mach (1905/1948) plantea:

En el más alto grado del desarrollo, el concepto es del conocimiento de las reacciones que se debe aguardar de la clase designada de objetos (hechos), conocimiento asociado a la palabra o al término. Pero estas reacciones no pueden entrar en juego como representaciones intuitivas, sino una después de otra y poco a poco, así como las formas físicas y psíquicas frecuentemente complicadas de la actividad que las despiertan (p.116).

A partir de lo anterior, el concepto se construye con el tiempo, es una formación psicológica no instantánea, sino que se da por medio de las experiencias que tenemos a lo largo de nuestra vida. En el mismo sentido Mach (1948) expone que: “(...) cada abstracción tiene su historia, que su

formación psicológica a menudo es muy larga” (p.110). Pensemos, por ejemplo, en una liebre que tiene una representación de una col, y se siente atraída por ella. A medida que sus experiencias se enriquecen, las reacciones a objetos de este tipo, cada vez le son más conocidas, así que, si el animal es atraído por un objeto que se parece a una col, empezará a olfatearla y comparará esas sensaciones con las ocasiones en las cuales previamente había probado coles, para saber si es posible comerlo o no (Mach,1905/1948). En el caso de los seres humanos, según Mach (1905/1948) también lo hacemos sostenidos en el lenguaje:

Una palabra no corresponde siempre a una sola idea. Los niños y los pueblos jóvenes que no tienen a su disposición sino una provisión de las palabras muy restringida, emplean una palabra para designar una cosa o un fenómeno, luego, en la ocasión siguiente, emplean la misma palabra para designar cualquier otra cosa o cualquier otro fenómeno que ofrece con el primero alguna similitud de reacción [...] El obrero, el médico, el jurisconsulto, el ingeniero, el sabio, cada uno por su lado, forman sus propios conceptos; dan a las palabras, por una delimitación o definición, una significación más estrecha, distinta de aquella que tienen en lenguaje vulgar; o hasta eligen palabras nuevas para designar ciertos conceptos. (p.112).

En el ámbito de la física usamos palabras a las cuales les damos un significado propio; por ejemplo, cuando un físico habla de trabajo se refiere a este en un sentido diferente al que lo hace un obrero, cuando dice que tiene que hacer mucho trabajo al trasladar un bulto de cemento en línea recta de un lugar a otro; el primero lo ve como el producto de una fuerza por la distancia y le da una delimitación específica al uso de la palabra trabajo, el segundo lo dice refiriéndose al esfuerzo que tiene que realizar para trasladar el cemento. Por tanto, cuando hablamos lo hacemos sumergidos en el contexto en que vivimos, nuestras palabras adquieren un significado de acuerdo con dicho contexto.

Además, tenemos en nuestra cabeza una representación de lo que significan para nosotros determinadas palabras y cuando las escuchamos las asociamos con las representaciones que tenemos de ellas; es decir, cuando hablo de un carro, tengo en la cabeza lo que es, su color, el material del que está hecho, el modelo, sus ventajas; así que, la palabra acompañada con mi experiencia con los carros, me sitúa en una representación de los mismos.

Otro aspecto importante en la construcción del concepto es el proceso de abstracción, el cual Mach (1905/1948) lo expone como: “El procedimiento de [...] esencialmente [...] la división de la atención y del interés” (p.116). Pensemos, por ejemplo, en el hombre primitivo que observa una baya, la cual está ubicada en entre muchas plantas que la hacen inicialmente difícil de distinguir para el hombre. Las imágenes mnemónicas deben presentarle las características más relevantes del fruto antes mencionado y la necesidad le ha enseñado las reacciones de prueba que debe aplicar para identificar la baya, los criterios que debe tener para distinguirla entre las plantas alrededor, si el examen con los sentidos no es suficiente (Mach,1905/1948).

2.2 El papel de la experimentación en la construcción de conceptos científicos.

La experimentación a través de la historia ha sido de vital importancia para la física, puesto que puedo considerarla como una parte fundamental en la construcción de cualquier teoría física, en el sentido en que, una teoría física pretende dar una representación a un conjunto de hechos observados, los cuales pueden ser vistos o reproducidos experimentalmente. Duhem (1914/2003) lo resalta al afirmar que: “El objetivo de cualquier teoría física es la representación de las leyes experimentales [...] Por otra parte, la ley física no es más que el resumen de una infinidad de experimentos que han sido hechos o que podrán ser hechos” (p.189). A partir de lo anterior, puedo pensar que, la experimentación y la teoría van de la mano en la física y no es posible concebir una sin la otra; así que, a partir de la interpretación de los fenómenos³ observados es posible construir también algunas teorías.

Si la experimentación es importante en física, es relevante preguntarse: ¿Qué es un experimento en física? Al respecto, comparto la posición de Duhem (1914/2003) quien lo precisa como:

[...] la observación precisa de un grupo de fenómenos acompañada de la interpretación de esos fenómenos. Esta interpretación sustituye los datos concretos obtenidos realmente de la observación por representaciones abstractas y simbólicas que les corresponden en virtud de las teorías admitidas por el observador (p.193).

³ Me refiero a fenómeno como una actividad de la naturaleza que es posible percibir por medio de los sentidos.

En consecuencia, esta interpretación de fenómenos implica la asignación de un significado a los hechos observados de acuerdo con las teorías que conocemos. Con el fin de validar lo anterior, traigo a colación el siguiente ejemplo propuesto por Duhem (1914/2003) quien invita a entrar a un laboratorio, en el cual tengo una cantidad de un gas encerrado en un tubo de cristal, manteniendo una temperatura constante y se requiere medir la presión del gas y su volumen. En ese momento, estoy observando unos hechos, los cuales puedo interpretar; es decir, el volumen del gas corresponde a una marca determinada a la que llega el mercurio, así que, para hacer la medición recorro no solo a mis conocimientos previos sobre la geometría, sino a los conocimientos sobre el uso de la balanza y los instrumentos de medida del laboratorio, ya que, es necesario conocer el peso del mercurio a 0°, para lo que se requiere conocer las leyes de dilatación del mercurio, lo cual se determina usando un instrumento que tiene un visor, razón por la cual en el experimento realizado hay un supuesto de leyes ópticas. Por lo anterior, para poder conocer el volumen de un gas por medio de la correspondencia de unos hechos (el volumen ocupado por el gas debe corresponder con la marca a la que llega el mercurio al aforar el tubo), se requiere conocer previamente muchos aspectos de la física.

En este sentido, llevar a cabo un experimento implica una reflexión basada en nuestros conocimientos de las teorías, las cuales permiten la interpretación de los hechos observados en el experimento construido, con el fin de comprender físicamente la experiencia realizada. En este punto, es pertinente mencionar de qué consta un experimento, para lo cual traigo a colación la visión de Duhem (1914) quien afirma que consta de dos partes:

Consiste, en primer lugar, en la observación de ciertos hechos [...] En segundo lugar, consiste en la interpretación de los hechos observados; y, para ello [...] hay que conocer las teorías aceptadas, hay que saber aplicarlas, hay que ser físico (p.191).

Así que la interpretación de los fenómenos permite preguntarnos, asombrarnos, predecir, dar una explicación de lo observado; por lo tanto, la experimentación resulta de gran utilidad en la enseñanza de las ciencias. En este sentido Arcá, Guidoni y Mazzoli (1990) plantean que:

Hay experiencias, hay modos de hablar, hay cosas de las que se puede hablar, y hay conocimientos. El problema más complicado es, quizá, cómo entender «conocimiento»

respecto de «experiencia» y «lenguaje»: si experiencia es aquello que se vive en la interacción directa con la realidad, conocimiento es aquello que viene como «desprendido» de la realidad misma, y reconstruido, a través de un lenguaje, de manera autónoma (p.28)

Esbozar una idea, argumentarla, socializarla, discutirla, permite construir conceptos. Cabe anotar que, en estas socializaciones podemos usar argumentos que provienen tanto de los conocimientos adquiridos en nuestros cursos de física o de los adquiridos por medio de nuestras vivencias; es decir, de nuestro conocimiento común, y este contiene la estructura bajo la cual está organizado el conocimiento científico (Guidoni et al., 1990).

2.3 La comunicación en la experimentación en física.

Los seres humanos vivimos en una sociedad en la cual nos comunicamos entre nosotros, compartimos ideas, las debatimos, intercambiamos nuestros conocimientos, nuestras experiencias y estamos en constante interacción con la sociedad. En el presente capítulo, resaltaré la importancia que tiene esos aspectos sociales en la experimentación en física. Para ello, expondré mis reflexiones realizadas, las cuales he efectuado con base en los aportes del libro “El leviathan y la bomba de vacío. Hobbes, Boyle y la vida experimental” (1985/2005), el cual fue escrito por los historiadores y sociólogos Steven Shapin y Simon Schaffer, quienes son de nacionalidad Estadunidense e Inglesa, respectivamente.

Dicho libro noté que se centra en la bomba de vacío construida por Boyle, quien realizó una serie de experimentos y los interpretó con un enfoque hacia la presión del aire, su capacidad de contraerse y su peso. Mediante el instrumento que elaboró Boyle creó un fenómeno que llamó vacío, por el cual extraía el aire de un recipiente. Uno de los puntos centrales que me muestran los historiadores, es que los experimentos construidos por Boyle no sólo fueron vistos por él, sino que este, los publicó y compartió con la comunidad científica, lo cual hizo que surgieran contradictores de los planteamientos e hipótesis expuestas por él. Dentro de estos opositores está Thomas Hobbes quien expuso sus propios argumentos y críticas al trabajo de Boyle, según Shapin y Schaffer (1985) “[...] Las partes más sutiles y puras del aire eran todavía aire, por lo tanto, nunca podía decirse de manera legítima que el recipiente estuviera vacío. Esta porción era la que, afirmaba Hobbes, ponía en cuestión la integridad de la bomba”. (p.250). Este es un ejemplo de los argumentos usados por

Hobbes en contra del trabajo de Boyle. A partir de lo antes expuesto, vemos que la física está permeada por aspectos sociales que intervienen en ella; así que un experimento de física es comunicado a una comunidad, quienes generan un análisis de él, el cual normalmente se realiza desde el conocimiento de las teorías y presentan sus críticas o refutaciones sobre los hechos observados, lo que implica que hay argumentación tanto de los detractores del experimento como de aquellos que lo proponen, lo que lleva a un intercambio de ideas que se da entre las dos partes, situación que ayuda a la construcción de conocimiento, puesto que los cuestionamientos que se le realizan al experimento son analizados y respondidos. Por ejemplo, Boyle respondía a las afirmaciones hechas por su contrario y ofrecía refutaciones técnicas, experimentales y conceptuales (Shapin y Schaffer, 1985).

Para Boyle, los experimentos tenían que ser comunicados a la sociedad y esta debía presenciar los experimentos y las condiciones bajo las cuales se encontraban, según Shapin y Schaffer (1985):

Bajo la mirada de Boyle, la capacidad de los experimentos para producir hechos dependía no sólo de su efectiva realización sino esencialmente de la seguridad brindada que tenga la comunidad relevante acerca de las condiciones de su realización. Así, estableció una distinción fundamental entre los experimentos efectivos y los que hoy son llamados “experimentos mentales”. Si, como insistían Boyle y otros experimentadores ingleses, el conocimiento habría de ser empíricamente fundado, la experimentación debía ser testificada. Las realizaciones experimentales y sus productos debían ser atestiguados por testigos oculares (p.94).

Por lo anterior, es posible resaltar que, alrededor del experimento hay una serie de construcciones sociales, dado que la comunidad finalmente atestigua el resultado de los mismos y puede emitir un juicio relacionado con la forma de hacerlos, sus condiciones y la manera de analizarlos. De esta forma, hacer un experimento implica plantear una estrategia, realizar un experimento inicial, validarlo, reflexionar sobre lo que se realiza y las teorías físicas que intervienen en él; a fin de poder paulatinamente mejorar el experimento planteado, reflexionar sobre las condiciones bajo las cuales se realiza y las variables que pueden interferir en los resultados. Dentro de este proceso, para realizar el experimento, existe la posibilidad que en alguna

etapa exista el fracaso; sin embargo, para Boyle no era algo negativo. Al respecto Shapin y Simon Schaffer (1985) dicen:

De tal modo, la noción de "fracaso" era un recurso positivo en la validación del programa experimental. No había razón por la cual el fracaso de un experimento debía dictar el rechazo de cualquier hipótesis particular, mucho menos si ésta era una hipótesis fundamental o altamente valorada. Mientras que en la práctica Boyle informó numerosas instancias de experimentos neumáticos fracasados, nunca tomó estos fracasos como razones para abandonar o incluso para dudar significativamente sobre la "doctrina" del resorte del aire. (p.258).

Así, al experimentar en física, no hay que detenernos si nos equivocamos en alguna parte del experimento que elaboramos, lo importante es generar un análisis del error, validar por qué nos equivocamos, cómo lo corregimos para elaborar un nuevo experimento.

2.4 Mi interpretación de la entropía.

Para la construcción de esta parte del capítulo, realicé una lectura de obras científicas relacionadas con la termodinámica, en las cuales se trataban conceptos como calor, temperatura y entropía. Dentro de los autores de estas obras se encuentra Joseph Black (1807)⁴, George Job (1972)⁵ y Friedrich Herrmann (2018)⁶ quienes han sido mi soporte teórico y la lectura de sus obras me ha ayudado a enriquecerme conceptualmente y a profundizar en mi visión sobre la entropía.

La elección de estos autores la realicé de acuerdo con la pertinencia en la dinámica en mi proceso conceptual, en consonancia con los intereses de esta investigación y las problemáticas sobre la construcción de un concepto físico que mencioné en el capítulo 1.

⁴ Físico y químico escoces, ampliamente reconocido por sus investigaciones en el campo de la termodinámica. Nació el 16 de abril de 1728 y murió el 6 de diciembre de 1799.

⁵ Doctorado en la Universidad de Hamburgo 1969, es profesor en el Instituto de Química Física de Hamburgo. Conocido por sus aportes en la visión de la entropía como medida del calor y fundador de la fundación Eduard Job para la Termodinámica y la Dinámica Química. Ponente invitado al Departamento de Física de la Universidad de Karlsruhe (1979-80) y de la Universidad Tongij de Shanghai (1983).

⁶ Doctor en Física, trabaja en el Instituto de Física Teórica del Estado Sólido, Instituto de Tecnología de Karlsruhe. Profesor y director del grupo de didáctica de la Física de la Universidad de Karlsruhe.

Considero importante aclarar que, mi intención en el presente capítulo no es generar una “definición” explícita de lo que es el calor o la entropía, sino más bien, caracterizarlos a través de sus propiedades.

2.4.1. Las diferentes visiones que tenemos de calor.

Black ha tenido aportes ampliamente reconocidos en la termodinámica, lo cual me llevó a reflexionar sobre sus escritos. Él expone que comúnmente se usa la palabra calor desde dos puntos de vista; el primero de ellos como una sensación de nuestros órganos, por ejemplo, comúnmente expresamos que si vamos desde Bogotá hasta Cartagena, al llegar podemos decir que tenemos calor; el segundo punto de vista está relacionado con las situaciones en las cuales decimos que una piedra está caliente (Black, 1807); hace referencia a una condición de un objeto que puede generar en nosotros esa sensación; por lo tanto, si pongo mi mano arriba de una piedra muy caliente (sin tocarla) puedo sentirlo. Entonces, desde nuestra vida cotidiana al referirnos al calor, lo hacemos desde la concepción que tenemos de él; la cual puede ser desde el conocimiento común, o si tenemos formación en física, desde los conocimientos que hemos adquirido en nuestros procesos de formación disciplinar.

El calor está presente en la vida cotidiana, por lo tanto, es posible preguntarme por la percepción que tienen sobre él aquellas personas que no tienen una formación en física, con el fin de poder complementar la visión de calor antes mencionada. Al respecto Job (1972), propone las siguientes representaciones:

El primer nivel: El calor, al igual que el frío, es una propiedad que posee un cuerpo. Esta se puede obtener mediante frotamiento o encendiéndole fuego. Cuando la acción cesa desaparece el estado del calor. Un cuerpo caliente se enfría lentamente por sí mismo de la misma manera que uno frío se calienta.

El segundo nivel: El calor y el frío se encuentran en el cuerpo en diferentes cantidades. Mientras más calor esté contenido en un objeto más caliente nos parecerá. Para calentar un cuerpo grande se requiere de más calor a cuando se quiere calentar un cuerpo pequeño.

Cuando un objeto se enfría, el calor no se destruye, sino que fluye al medio. Al colocar una olla caliente en agua fría, el agua externa se calienta. Calor y frío pueden ser generados. El calor por ejemplo puede ser generado en la resistencia de una estufa eléctrica y el frío en un refrigerador.

El tercer nivel: La razón por la cual un objeto se percibe caliente es el calor contenido en él. Frío es ausencia de calor, éste no se produce en un refrigerador, sino que allí se le extrae el calor por medio del sistema de enfriamiento y se le entrega al medio ambiente.

La cantidad de calor que se extrae no se destruye, sino que se distribuye en el medio, de la misma manera como las ondas de agua se propagan cuando se arroja una piedra en un lago, ó como se pierde el sonido en un medio (p. 7).

De lo anterior, es posible percibir el calor desde diferentes puntos de vista, el primero está relacionado con una propiedad que poseen los cuerpos; por ejemplo, un trozo de hielo contiene una propiedad que es el frío; es decir, en este nivel tanto el frío como el calor se consideran propiedades. Aquí, el calor está más relacionado con un grado de intensidad; es decir, “este cuerpo está más caliente que otro”; el segundo punto de vista complementa el primero, en el sentido que allí el calor se relaciona con el tamaño de los cuerpos, ya que cuerpos grandes se consideran más difíciles de calentar y el calor es posible extraerlo de los cuerpos. De igual forma en este nivel, además de una representación de intensidad, se encuentra una presentación de cantidad; es decir, que para una persona en este nivel es posible cuantificar el calor. En el tercer punto de vista se relaciona el calor con el medio, y en este el frío es ausencia de calor, lo cual simplifica la visión de calor de los otros dos niveles; así que el hielo aunque en nuestra vida lo percibimos como frío y podríamos pensar que no tiene calor, sí lo puede tener en menor cantidad que, por ejemplo, una piedra que haya estado expuesta dos horas al sol. Aquí, el frío ya no es más una propiedad. Esta es la visión de calor que comparto.

En el mismo sentido de las líneas atrás, resalto que las distintas visiones que mencioné difieren de una forma especial de transferencia de la energía, ya que, en esta perspectiva, el calor es más bien comparable con la carga eléctrica, la masa o la cantidad de sustancia (Job,1972).

Traigo a colación estos puntos de vista, ya que las personas forman estas visiones de calor a partir de sus experiencias y, aunque puedan tener inicialmente una sola visión de calor, esta se

puede completar con otra por medio de la observación y análisis de algún fenómeno; por ejemplo, un niño, inicialmente, puede relacionar el calor con las fuentes de calor (por ejemplo, un fogón, una fogata, entre otras) y considerar que el calor sólo está cuando hay temperaturas altas; sin embargo, a medida que crece, puede observar cambios en elementos fríos como el hielo y, a partir de ello, complementar su visión de calor; por ejemplo, por medio de la reflexión sobre si un cuerpo frío contiene calor; es decir, que a lo largo de nuestra vida pasamos por los diferentes niveles mencioné antes.

2.4.2. ¿Es posible medir el calor?

A manera de analogía, en el electromagnetismo cuando ponemos un cuerpo cargado eléctricamente en contacto con un objeto conductor, se puede dar una transferencia de carga de un entre los cuerpos. Teniendo en cuenta que la visión de calor, tal y como la mencioné anteriormente, no se limita a una transferencia de energía; sino que es comparable con la carga eléctrica, la masa o la cantidad de sustancia; cuando los cuerpos tienen una temperatura diferente, es posible que haya entre ellos una transferencia de calor.

Cabe anotar que la transferencia de la que hablo en el párrafo anterior, de manera espontánea (sin ayuda de agentes externos o de un trabajo externo) se da siempre del cuerpo que está a una temperatura mayor al de menor temperatura. De esta forma, si pongo mi mano en contacto con una taza de chocolate caliente, la cual tiene una temperatura mayor a la de mi mano, la transferencia de calor se daría de la taza a mi mano. De lo anterior, concluyo que para que haya una transferencia de calor es necesario que los dos cuerpos estén a temperaturas diferentes.

Cuando los cuerpos se encuentran cerca a otros con calor, pueden sufrir modificaciones en su estado; para ejemplificar pensemos en qué le sucedería a una jarra de vidrio sobre la mesa de una casa en la ciudad de Medellín; inicialmente, no le sucederá nada; sin embargo, si la pongo al lado de una caldera o de una fuente de calor, es posible que la jarra se rompa; por lo tanto, el estado de una sustancia depende del grado de calor al que esté expuesta. Adicionalmente, Black (1972) plantea:

In some other parts of the world, its most common or natural state is a state of solidity; there are parts of the globe in which it rarely or never is seen fluid; and the one or the other state

of the substance, as of all other bodies, depends on the degree of heat to which it is exposed. Pure ice never melts but when we attempt to heat it above a certain degree ; and if we cool pure water to the same degree, or below it, we are sure to see it sooner or later completely congealed. (p.28).

Traducido a español⁷:

En algunas otras partes del mundo, su estado más común o natural es un estado de solidez; hay partes del globo en las que rara vez o nunca se ve fluido; y uno u otro estado de la sustancia, como de todos los demás cuerpos, depende del grado de calor al que está expuesto. El hielo puro nunca se derrite, pero cuando intentamos calentarlo por encima de cierto grado; y si enfriamos el agua pura en el mismo grado, o por debajo de él, es seguro que tarde o temprano la veremos completamente congelada (p.28).

Si bien es cierto que, en nuestra vida la mayoría de los objetos que nos rodean están en este estado; por ejemplo, las mesas, los cubiertos, las sillas, entre otros objetos comúnmente son sólidos, no podemos asociar el calor sólo con ese estado de la materia; pues, a lo largo de nuestra existencia también estamos en contacto con agua, aire, gases, los cuales también se pueden sufrir cambios ante la presencia de calor; el cual según Black (2014): “Penetra toda clase de material sin excepción” (p.125). Sin embargo, no todos los cuerpos son afectados por el calor de la misma manera, por ejemplo, si tomo un tubo de metal y lo pongo en contacto con una llama de fuego puedo notar que se calienta muy rápido, por el contrario, si tomo un trozo de arcilla y lo pongo en contacto con la misma llama de fuego, puedo ver que no se calienta en la misma medida que el tubo de metal; por lo tanto, hay cuerpos que son más difíciles de calentar que otros.

Teniendo en cuenta que el calor penetra toda clase de material, es conveniente analizar los efectos producidos sobre los cuerpos a los que es comunicado. Uno de los efectos más importantes es el aumento en la temperatura; sin embargo, hay comportamientos complementarios; por ejemplo, una varilla de metal se puede dilatar, un trozo de papel aluminio se encorva, el hielo se puede derretir, el plástico también. Pensemos; por ejemplo, en por qué cuando hago un helado

⁷ Traducción propia.

casero que ha estado en el refrigerador y todavía se encuentra en el recipiente; si intentamos extraerlo inmediatamente es muy difícil; sin embargo, si sumergimos el recipiente en agua es más sencillo extraer el helado.

Analizar los cambios que sufren los cuerpos cuando se les suministramos calor nos permite encontrar una ruta para medirlo; así, por ejemplo, si tenemos 4 varillas de hierro y con una altura inicial de 1 metro, es posible suministrar calor a una varilla que tiene un metro de longitud y esta se dilatará hasta alcanzar 1.001 metros de longitud, momento en el cual, suprimimos el suministro de calor. De manera análoga, repetimos el proceso con una segunda, tercera y cuarta varilla hasta que todas alcancen 1.001. Como las 4 varillas están hechas del mismo material y tiene la misma altura inicial, para lograr que alcancen una altura determinada se requiere suministrarle la misma cantidad de calor (Job, 1972).

Normalmente, es posible que las personas no tengan a la mano 4 varillas de hierro para usarlas y medir el calor, o instrumentos de medida que nos permitan medir los cambios en la longitud; por lo tanto, resulta conveniente buscar un elemento más cotidiano para medirlo, como el hielo y analizar cómo es su proceso de fundición. Según Job (1972):

De la experiencia se sabe que en el proceso de fundición da lo mismo utilizar dos cubos de hielo separados espacialmente o dos que están en contacto, así como también uno que sea el doble de pesado. Lo mismo es válido para n cubos de hielo. Por lo tanto, en vez de contar cubos de hielo, podríamos medir la cantidad de hielo fundido como medida de calor (p.12)

En este sentido, si lleno un recipiente con muchos cubos de hielo y vierto agua, de modo tal que esta ocupe un volumen igual que el del hielo, es posible usar el cambio de volumen como testigo; por tanto, el cambio en el nivel del agua me puede dar una idea de la cantidad menor de calor que tiene un cuerpo.

Así, para validar qué cantidad de calor se requiere para dilatar una varilla de 1 metro a 1.001 metros, podríamos hacerlo si usamos el método propuesto por Job (1972); en el cual es necesario un pistón, un recipiente con hielo y agua.

Ahora bien, si ponemos, por ejemplo, nuestro recipiente, el cual contiene hielo y agua, en contacto con las varillas de hierro, la disminución de calor del recipiente que contiene hielo y agua

es proporcional al incremento del incremento del calor en las varillas. El proceso a seguir es el siguiente:

- I. Poner el dispositivo de pistón con la válvula abierta en contacto con el recipiente que contiene el hielo y agua. Al extraer una parte del calor, cambiará el nivel del agua.
- II. Se separan el dispositivo de pistón y el recipiente, para posteriormente conectar el dispositivo con la varilla. Durante este proceso la válvula del dispositivo de pistón debe estar cerrada.
- III. Se transfiere calor a la varilla hasta que alcance los 1.001 metros. El resto del calor se transportará nuevamente al recipiente con hielo y agua, donde el nivel del agua desciende mientras el pistón vuelve a su posición inicial. (Job,1972).

En este método, la diferencia entre la altura inicial y final del volumen de agua del recipiente es proporcional al calor que se transfiere a la varilla. Adicionalmente, la disminución de la entropía del recipiente de hielo y agua es proporcional al aumento de la entropía de la varilla. Según Job (1972):

Haciendo para un cuerpo el factor de proporcionalidad constante entre ΔS_2^* y ΔS_2 igual a 1, lo cual se logra mediante la elección de la unidad adecuada y fijando adecuadamente el punto cero de la entropía, se obtiene que la entropía S y el contenido de calor* S^* , son iguales: $S = S^*$

Así, en esta concepción de la termodinámica se hace una equivalencia entre cantidad de calor y entropía, la cual no sólo es planteada desde el análisis de la forma de medir el calor que mencioné anteriormente, sino que es posible verla desde la forma de expresar tradicionalmente la entropía como $ds = dQ / T$, dado que en un sistema si se aumenta la entropía dicho resultado es cualitativamente igual al aumento de calor, puesto que un aumento en ds se puede pensar que ha sido producido por un aumento en el dQ que se le suministra; por lo tanto, nada se opone a que en lugar de considerar como calor a Q se le considere a la magnitud S (Job, 1972).

2.4.3 Propiedades de la entropía.

En termodinámica, es posible describir el estado de un sistema mediante los valores que poseen determinadas propiedades como el volumen, la presión, la temperatura. Para caracterizar un sistema basta con conocer los valores de un número de variables; por ejemplo, si analizamos el comportamiento de un gas ideal, podemos caracterizar el sistema mediante los valores conocidos de presión, volumen y temperatura. Normalmente, a las variables independientes, como por ejemplo el calor, las denominamos variables de estado y una función que pueda expresarse en términos de estas variables de estado son conocidas como función de estado.

La entropía es una función de estado, la cual para Job (1972): “siempre aumenta para sistemas y no solamente para procesos imaginados, sino para cambios reales” (p.30), lo cual implica que los procesos donde se produce entropía no pueden reversarse de manera espontánea (sin ayuda de agentes externos que puedan dar trabajo); es decir, son irreversibles, como por ejemplo, cuando prendemos un fósforo y este se empieza a consumir. Adicionalmente, la entropía es una magnitud extensiva, es decir, que en cada zona del espacio se le puede adscribir una determinada cantidad, por lo tanto, depende de la cantidad de sustancia (Job, 1972).

2.5 La metodología autobiográfica – narrativa: Una reflexión sobre la práctica docente.

Al realizar el presente trabajo, tuve la oportunidad de reflexionar sobre mi etapa escolar y universitaria, lo cual me llevó a elegir una metodología de investigación autobiográfica – narrativa, que me permitió resaltar mi papel de maestro en formación en la investigación que realicé. Esta metodología me permitió enfocar mi práctica docente a las experiencias vividas en diferentes espacios y tiempos. Al respecto Landín y Sánchez (2019) plantean: “Consideramos que el método biográfico-narrativo nos lleva a captar ese conocimiento genuino que un sujeto construye desde su experiencia vivida en diversos espacios y tiempos, permitiéndonos comprender la verdadera esencia de la educación” (p.227).

Esta metodología de investigación me dio la oportunidad de reconocer el sujeto como un actor que posee un conocimiento, el cual ha construido a lo largo de su vida desde la interacción con otros, ya que vivimos en sociedad. Por tanto, la narración de las experiencias es de vital importancia, pues como lo señala Bolívar (2002) “La narrativa no es sólo una metodología; como

señaló Bruner (1988), es una forma de construir realidad, por lo que la metodología se asienta, diríamos, en una Ontología” (p.4). Así que permite sacar a la luz todas esas imágenes, recuerdos, sentimientos que tengo a lo largo de la vida, a fin de contextualizarlo y a partir de ellos generar una reflexión.

Teniendo en cuenta lo anterior, conviene preguntarnos: ¿Qué es narrar? Al respecto, comparto el planteamiento expresado por Landín y Sánchez (2019) quienes lo expresan como:

Narrar es relatar, contar, informar acerca de algo, algo que lleva un sentido, tanto para quien lo narra como para quien lo escucha o lo lee. Narrar es un proceso que activa la reflexión para dar sentido a la experiencia vivida y develar los significados construidos generados por la relación que las personas establecen con su mundo (p.229).

Por lo anterior, narrar nos permite vivir la historia del maestro, conocer sus experiencias y por medio de la reflexión sobre ellas construir conocimiento; por lo tanto, la voz del autor resalta en esta metodología de investigación, puesto que “el relato es, entonces, un modo de comprensión y expresión de la vida, en el que está presente la voz del autor” (Bolívar, 2012, p.7); así, permite darle la importancia que se merece al papel del profesor, quien es visto como un ser lleno de conocimiento y que merece ser escuchado. En este sentido, Landín y Sánchez (2019) afirman: “reconocer la subjetividad en la investigación narrativa significa abrirse al conocimiento del otro, a conocer su experiencia, historia y aprendizaje” (p.232).

A diferencia de la metodología cuantitativa tradicional, el método biográfico- narrativo no está orientado a brindar una serie de resultados que se puedan medir o cuantificar, en los cuales la voz del investigador se encuentre silenciada o permanezca neutra. De acuerdo con Bolívar (2002):

El resultado no es, entonces, un frío informe objetivo y neutro, en el cual las voces (de los protagonistas, investigador e investigado) aparecen silenciadas, ni tampoco una mera transcripción de datos; consiste en haber dado sentido a los datos y representado el significado en el contexto en que ocurrió, en una tarea más próxima al buen reportaje periodístico o a la novela histórica. Al fin y al cabo, como podrían aducir algunos, esta forma de análisis no significa ni arbitrariedad ni mera literatura (p.18)

Teniendo en cuenta la importancia de la subjetividad en la educación elegí esta metodología de investigación, pues comparto el planteamiento expresado por Landín y Sánchez (2019) quienes mencionan que: “Es un método que nos brinda la oportunidad de ir a la verdadera esencia de la educación: las complejas interacciones que las personas hacen día a día, en tiempo y espacio, configurando su identidad individual y social” (p.229). Por tanto, me permite la reflexión sobre mi práctica pedagógica y mi quehacer como docente en el aula y fuera de ella, a fin de reconocer mis fortalezas y debilidades.

Debido a que, en el campo educativo la interacción con el otro es constante, las subjetividades son parte del aula de clase, así pues, el método biográfico narrativo es de gran utilidad para mí como maestro, puesto que me permite tomar una postura crítica frente al entorno educativo y mostrar mi voz. En esta misma línea, Landín y Sánchez (2019) exponen que:

El uso del método biográfico-narrativo, en el campo educativo, nos lleva a considerar que la educación es experiencia y la experiencia es experiencia educativa. Tal consideración permite reconocer un proceso de reflexión y aprendizaje para crearnos a nosotros mismos lo que requiere experimentar las cualidades del entorno, cualidades que alimentan nuestra vida conceptual y que luego usamos para alimentar nuestra imaginación, a expandirla hacia lo posible, desde la reflexión de lo vivido, desde lo acontecido (p.236).

En este sentido, la metodología de investigación que escogí me brinda la oportunidad de profundizar en aspectos que no son muy explícitos dentro de la investigación tradicional cuantitativa, tales como la subjetividad, las memorias, los recuerdos, las emociones.

Capítulo III. Mi propuesta pedagógico - didáctica para el estudio de la entropía.

A continuación, presentaré mi propuesta pedagógico-didáctica; que consiste en tres talleres, con los cuales deseo construir el concepto de entropía; expongo un taller preliminar sobre temperatura. Estos, tienen un enfoque experimental, el cual como lo mencioné en el capítulo 2 implica la observación de fenómenos y la asignación de un significado a los hechos que observo. En los talleres propongo varios experimentos y planteo diversos fenómenos de la vida diaria, sobre los cuales reflexionamos y dimos explicaciones.

En cada taller destino un tiempo de la clase en el cual respondemos diferentes preguntas que planteo, reflexionamos sobre las diferentes situaciones fenomenológicas que propongo. Posteriormente, se socializamos las respuestas y los análisis que cada persona realizó.

Estos talleres surgen como respuesta a la necesidad que tenía por realizar una construcción propia del concepto de entropía, la cual realicé desde el análisis de situaciones donde intervienen fenómenos físicos y desde la reflexión de algunas situaciones experimentales, dado que, como lo mencioné en el capítulo 2, comparto la perspectiva de Duhem, en la cual la construcción de un concepto físico y la experimentación van de la mano: las teorías físicas se construyen con base en la experimentación; así que en mi trabajo el experimento no lo uso sólo para constatar una teoría, sino que a partir de la interpretación de los hechos observados construyo conocimiento.

Cuando elaboré el taller preliminar, tenía pensada una ruta para trabajar la entropía, en la cual planeaba realizar tres talleres, uno de temperatura, otro de calor y un último enfocado a la entropía; sin embargo, después de implementar este taller me di cuenta que es posible hablar de temperatura y calor diferenciándolos entre sí. Esto me llevó a cambiar la ruta por la que propongo con los talleres 1, 2 y 3. Así que, el taller preliminar tiene un formato que fue cambiado en los talleres 1, 2 y 3.

Considero que más que definir el calor o la entropía, es de vital importancia caracterizar las diferentes propiedades que tiene, razón por la cual las situaciones experimentales las propongo con ese fin.

Al leer los autores, que mencioné en la sección 2.4, veo que enfatizan en que es posible transferir el calor, para lo cual se requiere que los cuerpos estén a diferente temperatura, lo cual fue mencionado en el capítulo 2. Así, los talleres 1 y 2 están enfocados principalmente al estudio del

calor; propongo una serie de situaciones fenomenológicas, en las que hay variaciones de temperatura, de cantidad de sustancias; también, propongo la construcción de un calorímetro casero. El taller número 3 está enfocado al estudio de la entropía y tiene un énfasis en lo que concibo por cantidad de calor.

Mi propuesta se implementó en la Institución Educativa Normal Superior de Envigado. A esto me referiré en el capítulo siguiente. A continuación, presento el taller preliminar y los tres talleres que propuse para construir el concepto de entropía.

EXPLORACIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL CONCEPTO DE TEMPERATURA.



“Una de las principales enfermedades del hombre es su inquieta curiosidad por conocer lo que no puede llegar a saber.”

Blaise Pascal

Nombres: _____

OBJETIVOS:

- Iniciar un proceso contextualización de los conceptos de calor y temperatura.
- Apropiarse de un discurso científico que permita expresar las ideas propias a los demás actores del proceso de enseñanza aprendizaje.

Durante la escuela los niños desarrollan ciertos procesos de experimentación libre, en los cuales se han inquietado por los diferentes fenómenos que acontecen a su alrededor. A lo largo de su vida

cotidiana sienten frío, manifiestan tener calor, con un termómetro les han medido la temperatura; entre otras experiencias relacionadas con los conceptos de calor y temperatura; por lo tanto, tienen ciertas ideas establecidas por constructos propios a partir de lo que observan y experimentan.

En este taller va a encontrar una serie de preguntas que puede responder a partir de lo que observa y de sus vivencias. De igual forma, puede retomar la discusión vista en clase para dar una respuesta a ellas.

De acuerdo con Duhem (como se citó en Cassirer, 1986) “Lo que el físico entrega como resultado de un experimento no es un informe acerca de determinados hechos concretos, por él comprobados, sino que es la interpretación de estos hechos, es decir, su transposición a un modo ideal, abstracto, simbólico, creado por las teorías que él considera firmes y asegurada” (p.23). De acuerdo con lo anterior, es muy importante que escriba lo que observa e interpreta en la situación experimental que se propone.

MATERIALES:

- Botella transparente vacía.
- Pitillo preferiblemente transparente.
- Plastilina.
- Agua para llenar la botella.
- Tijeras
- Colorante para alimentos o té rojo.

➤ **Experimento 1. Creación de un termómetro casero:**



Paso 1: Tome un recipiente con agua y mézclelo con colorante para alimentos. Si no tiene ese colorante puede usar Frutiño o té rojo. La cantidad de la mezcla debe ser tal que pueda llenar un poco más de la mitad de la botella que usa.

Paso 2: Vierta la solución en una botella transparente. Puede usar botellas de 250 ml, 300 ml, entre otras. Llene la botella un poco más de la mitad.



Paso 3: Tome la tapa y hágale un orificio lo suficientemente grande como para que pase por él un pitillo.



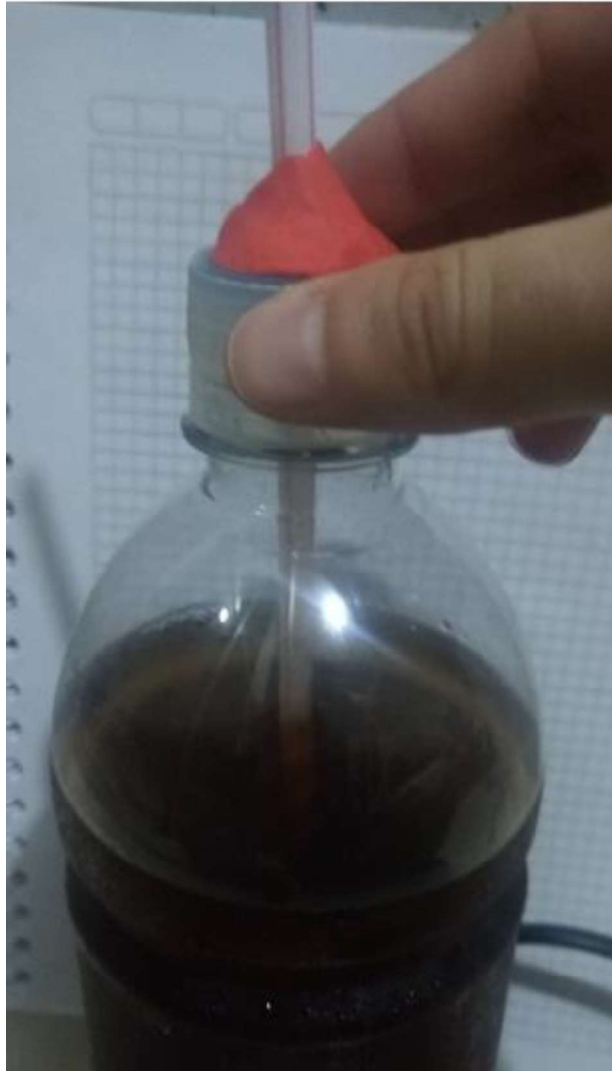
Paso 4: Introduzca el pitillo por el agujero que hizo.



Paso 5: Ponga un poco de plastilina en la tapa, rodeando el pitillo.



Paso 6: Cierre la botella. Tenga en cuenta que el pitillo debe llegar hasta donde está el agua y procure que por fuera de la botella queden alrededor de 8 centímetros del pitillo.



Luego que haya construido el experimento ponga el termómetro en un recipiente con agua caliente, helada tibia y anote:

- A. ¿Qué sucede en cada caso con el agua que está al interior del pitillo? ¿Cuál es su explicación de lo sucedido?, es decir, ¿qué pasa con el agua al interior del pitillo cuando se pone en contacto con agua fría, tibia y caliente?
- B. ¿Cuál es la altura máxima que alcanza? ¿La alcanza cuando el agua está caliente, fría o tibia?
- C. Cuando el agua del pitillo está más arriba ¿El agua está más caliente o fría?
- D. ¿Qué piensa que sucede con el aire de la botella?
- E. Si usa una sustancia diferente al agua para nuestro termómetro ¿Funcionaría?

- F. ¿Conoce otra clase de termómetro? En caso de conocerlo diga cuál e indique si tiene alguna similitud con el construido.
- G. Se tiene un recipiente con una cierta cantidad de agua a una temperatura determinada. Echamos la mitad del agua a otro recipiente ¿Qué crees pasa con la temperatura del agua? ¿La temperatura depende de la cantidad de agua del objeto? Puede usar el termómetro construido para responder a las preguntas.
- H. Qué conclusiones saca del experimento.



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
LICENCIATURA EN MATEMÁTICAS Y FÍSICA

INSTITUCIÓN EDUCATIVA NORMAL SUPERIOR DE ENVIGADO

*TALLER # 1 EXPLORACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LA RELACIÓN CALOR -
TEMPERATURA*

Jhon Arredondo
Practicante.

*“En cuestiones de ciencia, la autoridad de miles no vale más que el humilde razonamiento de un
único individuo”.*
Galileo Galilei

Nombres: _____

Tómese el tiempo que necesite para reflexionar, comprender la pregunta y dar respuesta. No existe una única respuesta a las preguntas, procure responder de manera autónoma. En caso que considere que, para responder alguna de las preguntas sea necesario realizar una actividad experimental o reproducir físicamente las situaciones que se plantean, por favor tome fotografías o videos y anéxelos en el momento de la entrega del taller.

1. Si tiene un cubo de hielo ¿Qué haría para que este se derrita? ¿Qué haría para que este no se derrita?
2. Tome un vaso con agua del grifo y un cubo de hielo. Ponga el cubo de hielo en el agua y anote lo que observa.
 - 2.1. Qué cambios ocurren en el hielo, por qué suceden. Explique.
3. A continuación, se plantean varias situaciones con cubos de hielo en los cuales este se derrite. Ordénalas de las situaciones en las que el hielo se derrite más rápido a las que se derrite más lento. Explique.
 - 3.1. Un cubo de hielo encima de una mesa que se encuentra al interior de una casa ubicada en Medellín.
 - 3.2. Un cubo de hielo al interior de una olla que está puesta sobre un fogón encendido.
 - 3.3. Un cubo de hielo encima de una mesa que se encuentra al interior de una casa ubicada en Cartagena.
 - 3.4. Un cubo de hielo en un jardín a las 12 del mediodía en verano.
4. Tiene dos vasos con agua de igual volumen:
 - 4.1. En uno de ellos tiene agua tomada del grifo, en el otro tiene agua tomada de la nevera y luego en un tercer vaso mezcla el agua de la llave y el agua de la nevera. ¿Qué características tiene la mezcla?
 - 4.2. En uno de ellos tiene agua hirviendo, en el otro tiene agua tomada de la nevera y luego en un tercer vaso, mezcla el agua hirviendo y el agua de la nevera. ¿Qué características tiene la mezcla?
 - 4.3. En uno de ellos tiene agua hirviendo, en el otro tiene agua tomada del grifo y luego en un tercer vaso, mezcla el agua hirviendo y el agua del grifo. ¿Qué características tiene la mezcla?
5. Si tiene un vaso de agua A que tiene un volumen de un litro y lo lleno a la mitad con agua hirviendo, luego le pongo 3 gotas de agua sacada de la nevera. ¿La temperatura del agua que hay en el vaso A, es decir, la temperatura de la mezcla cambia?, ¿cambia mucho, poco o no cambia?
 - 5.1. Si ya no le he hecho tres gotas de agua, al agua hirviendo del vaso A, sino que le vierto medio litro de agua tomada de la nevera ¿La temperatura de la mezcla cambia? Si cree que cambia

¿considera que la cantidad de agua de la nevera afecta en qué tanto cambia esa temperatura? Explique su respuesta.

6. Suponga la siguiente situación: Tiene tres clavos de hierro, uno está muy caliente, el otro ha estado durante varios días en la nevera y el último clavo siempre ha estado encima de la mesa de tu habitación. Si toma los tres clavos y los pone en un cajón durante 3 días ¿Qué pasa con su temperatura?



**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
LICENCIATURA EN MATEMÁTICAS Y FÍSICA**

INSTITUCIÓN EDUCATIVA NORMAL SUPERIOR DE ENVIGADO

TALLER # 2: CALORIMETRÍA

Jhon Arredondo

Practicante.

Nombres: _____

Fecha: _____

Tómese el tiempo que necesite para reflexionar, comprender la pregunta y dar respuesta. No existe una única respuesta a las preguntas, procure responder de manera autónoma. En caso que considere que para responder alguna de las preguntas necesita realizar una actividad experimental o reproducir físicamente las situaciones que se plantean, por favor tome fotografías o videos y anéxelos en el momento de la entrega del taller.

1. A partir de los desarrollos que realizó en el taller anterior, proponga tres situaciones experimentales a través de las cuales pueda exponer lo que para usted es el calor.
2. Tiene una barra de metal o un clavo ¿cómo haría para calentarlos? Mencione dos maneras diferentes de hacerlo.
3. Suponga que tiene un clavo de hierro muy largo, lo sostiene con la mano y lo acerca durante mucho tiempo a una vela encendida ¿Qué siente la persona que sostiene el clavo? ¿Qué pasaría si se cambia el clavo por una barra de madera?

Ahora piense en la siguiente situación: Si colocamos de manera simultánea dos ollas, cada una en un fogón de gas, una con agua y la otra con alcohol ¿Las dos hierven al mismo tiempo?

4. Tome dos cubos de hielo del mismo tamaño sobre un plato y póngalos en contacto, luego déjelos al aire libre hasta que se derritan. En otro plato ponga dos cubos de hielo del mismo tamaño que estén separados, mida el tiempo que tardan en derretirse los cubos y anote cuánto tarda en derretirse cada uno. ¿Los cubos de hielo que estaban en contacto tardan más en derretirse que los cubos de hielo que no lo estaban?

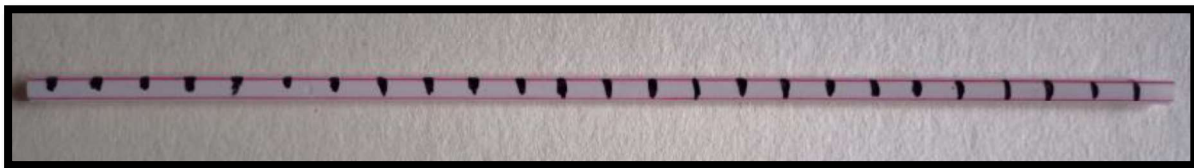
5. Realice la siguiente construcción:

Materiales:

- ✓ Recipiente de vidrio transparente
- ✓ Pitillo preferiblemente transparente.
- ✓ Plastilina.
- ✓ Agua para llenar la botella.
- ✓ Cubos de hielo.
- ✓ Tijeras.
- ✓ Regla.
- ✓ Marcador.

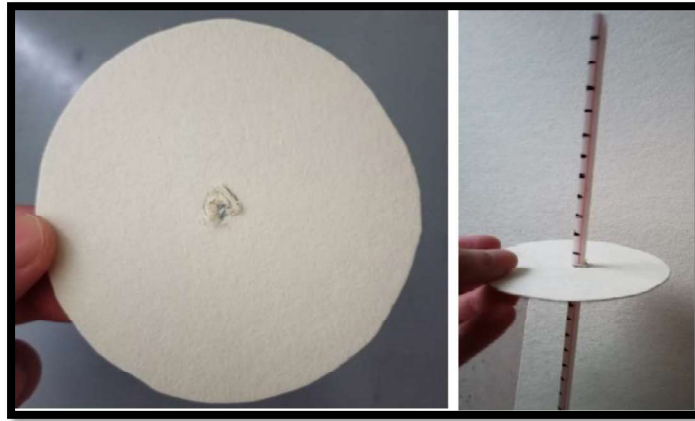
Experimento:

Paso 1: Tome un pitillo y con una regla haga marcas cada centímetro. Cuando realice las marcas use un marcador que no se borre con el agua.



Paso 2: Tome un recipiente de vidrio transparente. Puede ser una botella o un vaso grande, el recipiente debe tener una abertura tal que quepan cubos de hielo.

Paso 3: Corte un cartón paja, para que con él pueda tapar el recipiente de vidrio y hágale un agujero de modo que pueda pasar el pitillo.



Paso 4: Inserte el pitillo por el orificio de la tapa y luego ponga un poco de plastilina en la tapa, de modo tal que rodee el pitillo.



Paso 5: Ponga muchos cubos de hielo en el recipiente, que prácticamente llenen el recipiente. Luego vierta agua tibia sin que se riegue.



Paso 6: Cierre el recipiente con la tapa de cartón que construyó. Fije la tapa usando cinta.



NOTA: Por favor tome fotografías o videos y anéxelos en el momento de la entrega del taller.

- Anote la altura inicial del agua.
- Acerque una vela encendida al instrumento, anote si observa alguna variación en la altura del agua y cuál es la nueva altura.
- ¿Cuánto es el cambio en la altura del agua?
- Piense y responda las siguientes preguntas:
 - Además de la altura del agua ¿Hubo otros cambios en el dispositivo?

- ¿Tuvo un cambio en el volumen de los hielos y del agua líquida?
- ¿La temperatura del agua cambió?

- Al acercar la vela, el nivel del agua disminuyó o aumentó. Explique.
- ¿En este fenómeno además de la temperatura y el volumen hay otra magnitud?
- Qué conclusiones saca del experimento.



**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
LICENCIATURA EN MATEMÁTICAS Y FÍSICA**

INSTITUCIÓN EDUCATIVA NORMAL SUPERIOR DE ENVIGADO

TALLER # 3: Calorimetría 2

Jhon Arredondo

Practicante.

Nombres: _____

Fecha: _____

Tómese el tiempo que necesite para reflexionar, comprender la pregunta y dar respuesta. No existe una única respuesta a las preguntas, procure responder de manera autónoma. En caso que considere que para responder alguna de las preguntas necesita realizar una actividad experimental o reproducir físicamente las situaciones que se plantean, por favor tome fotografías o videos y anéxelos en el momento de la entrega del taller.

1. Tome un cubo de hielo de la nevera y pártalo en pedazos:
 - 1.1. Luego de un tiempo ¿Qué sucede con los trozos de hielo? Explique.
 - 1.2. ¿Para usted un cubo de hielo tiene calor? Justifique su respuesta.
2. Si tiene dos recipientes llenos de agua, uno con un volumen de 200 cm^3 y otro de 400 cm^3 . Ambos recipientes tienen agua a la misma temperatura: ¿Cuál de los dos recipientes tienen más calor? Explique su respuesta.
3. Si tiene agua que hierve encima de un fogón que está encendido. Al cabo de un tiempo ¿qué sucede? Explique lo que observa.

4. Seguramente ha prendido una vela, ha acercado o alejado alguna parte del cuerpo a la llama
¿Se siente más caliente cuando se acerca o cuando se aleja de la vela? Justifique su respuesta.
5. ¿Cree que puede hablar de cantidad de calor en las situaciones previas?
6. ¿Qué término podría darle a la cantidad de calor?

3.1 Justificación Taller preliminar: La temperatura.

En este taller propuse la construcción de un termómetro casero y lo diseñé con una duración de dos horas, para implementarlo con estudiantes del grado octavo. Con dos días de anticipación envié a los estudiantes el taller, ellos realizaron la construcción del termómetro y posteriormente me enviaron el documento con las respuestas a las preguntas. También al elaborarlo propuse realizar la socialización de las respuestas debido a que, en el proceso de experimentación y de construcción de conocimiento científico, tal y como lo mencioné en el capítulo dos, es necesario comunicar el resultado de los experimentos, ya que esto lleva a un intercambio de ideas que se da entre las partes.

Mi propuesta no se limita sólo a la construcción del termómetro, sino que implica la interpretación de los hechos observados. Así que, propongo unas preguntas orientadas al análisis de fenómenos físicos y a la construcción de explicaciones, por medio de las cuales pretendo que se relacionen variables que intervienen en la situación, tales como presión, volumen y temperatura. Lo anterior, debido a que, tal y como lo mencioné en el capítulo dos, experimentar implica asignarle un significado a los hechos que observo.

Durante el taller realizo siete preguntas, en las cuales analizamos qué sucede con el agua al interior de la botella, la altura máxima si la sustancia (agua) es estrictamente necesaria para el funcionamiento del termómetro o si se puede cambiar por otra, dado que por medio del análisis de ellas es posible relacionar las variables mencionadas anteriormente.

Este taller fue un punto de partida, el cual me sirvió para tomar decisiones entorno a la metodología que utilicé, el tipo de preguntas que realicé y a determinar la ruta para construir los tres talleres 1, 2 y 3, la cual inicia con la relación calor – temperatura, luego profundiza sobre el calor y finaliza con un enfoque hacia cantidad de calor ya que así entiendo la entropía.

3.2 Justificación Taller 1: Exploración y organización de la relación Calor – Temperatura.

En el este taller trabajé la forma en la cual se trasfiere calor, por medio de la relación calor temperatura; ya que sólo hay una transferencia de calor cuando tenemos diferentes temperaturas. Durante la implementación, diez minutos antes de la clase envié los talleres, para evitar que se

consulte en internet y que de esta forma el análisis de las situaciones fenomenológicas que propongo sea personal. Posteriormente, se realiza la socialización de las respuestas.

En el numeral 1 de este taller parto de un objeto en estado sólido: el hielo, un cuerpo de uso cotidiano en nuestras vidas (lo usamos para enfriar bebidas, lo ponemos en contacto con zonas de nuestro cuerpo en las cuales hemos recibido un golpe). Con la situación que planteo en el numeral 1, deseo conocer ¿cuál es la visión sobre el calor que se tiene desde el conocimiento común?, para derretir el hielo o para evitar que se derrita se pueden plantear varias situaciones: Poner el hielo al sol, al lado de una vela o; por el contrario, para evitar que se derrita, ponerlo en la nevera. Analizar las implicaciones que estos fenómenos tienen deja en evidencia la visión intuitiva que tenemos sobre el calor.

Una vez adelantada esta reflexión fenomenológica preveo que durante la socialización surjan preguntas como: ¿Por qué se derrite el hielo?, ¿qué propiedad pierde cuando se derrite? Las cuales serían planteadas por los estudiantes.

El numeral 2 del taller uno, procura reflexionar sobre lo que sucede cuando se mezcla agua tibia y un cubo de hielo, es decir, que están a dos temperaturas diferentes. De igual forma, procuro validar cuáles son los cambios que suceden en el hielo cuando este recibe calor: ¿Cambió su volumen?, ¿cambió su estado?, ¿qué tan rápido cambió? Son preguntas que pueden surgir durante la reflexión, al momento de responder esa pregunta y durante su socialización. El objetivo es que a partir de la observación de estos hechos ocurridos, se responda y explique todas las preguntas que surjan de la reflexión realizada.

El numeral 3 surge del planteamiento antes mencionado, en el cual el estado de una sustancia depende del grado de calor al que está expuesto (ver capítulo 2); sin embargo, en esta parte cambian varias condiciones como la temperatura ambiente, o cuando se suministra calor directamente por medio de la llama de un fogón encendido. En esta parte, procuro generar una reflexión sobre cuáles son las variables que pueden hacer que el hielo cambie de forma, con el fin de profundizar en las reflexiones que surgieron de las situaciones planteadas en las preguntas anteriores. Además, esta situación la planteo con el fin de poner en juego las diferentes concepciones que se tienen de la temperatura y cómo estas pueden relacionarse con un fenómeno en el que un cubo de hielo se derrite.

Con relación al numeral 4 del taller 1, mantengo los volúmenes fijos, sin embargo, varían las temperaturas de las diferentes sustancias, para generar una reflexión en la temperatura final de

la mezcla y por qué es diferente. En este punto intervienen tres temperaturas diferentes (las temperaturas que puede tener agua hervida, helada o tibia) con el objetivo que la persona piense qué le sucede a una misma sustancia (porque siempre se usa agua): ¿Por qué la temperatura de la mezcla puede ser diferente de la temperatura inicial de las sustancias? Propongo temperaturas diferentes dado que, el calor se transfiere de cuerpos con mayor temperatura a cuerpos que están a una temperatura inferior, y una de las consecuencias más importantes que tiene la transferencia de calor es el aumento en la temperatura (ver capítulo 2).

Lo que pretendo es mantener volúmenes fijos y variar principalmente la temperatura, a fin de distinguir los efectos que tiene la variación de temperaturas; espero que, en la socialización de este ejercicio, o en la reflexión que cada persona realice, surja la palabra calor como algo que se transfiere, así que se puede precisar que el calor se transfiere de los cuerpos con mayor temperatura a cuerpos con menor temperatura.

En el numeral 5, varia la cantidad de sustancia de un líquido (agua) versus el otro, dado que uno tiene un litro de agua hirviendo contra sólo tres gotas de agua. Esto con la finalidad de generar una reflexión inicial sobre si la cantidad de sustancia interfiere, para profundizarla en el taller tres.

Ahora bien, como mencioné en el capítulo 2, el calor se trasfiere de cuerpos más calientes a los más fríos. A partir de esto me surge la pregunta: ¿hasta cuándo se transfiere el calor? Es por esto por lo que en el numeral 6 del taller propongo una situación que permita responderla.

De esta forma, al finalizar el taller 1 espero que veamos el calor como algo transferible de un cuerpo a otro y para hacerlo requerimos que esté a diferente temperatura, estudiar los efectos que este tiene en una sustancia y poder concluir que hay transferencia de calor, solo mientras haya una diferencia de temperatura.

3.3 Justificación Taller 2: Calorimetría.

Los numerales 1 y 2 del taller, surgen de mi interpretación de una parte de las obras de Black y Job, en las cuales se habla de los significados que le dan las personas al calor. Así que, propongo una reflexión sobre el calor a partir de los desarrollos realizados en el taller 1, con el fin de exponer las concepciones que se tienen sobre este. Acá no planteo una situación concreta, sino que invito a realizar el ejercicio de crear una situación experimental.

Además, en el numeral 2 pretendo que, a partir de estas concepciones de calor, se planteen formas de cómo hacer para calentar un cuerpo. Propongo que se mencionen al menos dos formas de hacerlo, para mostrar que hay distintas maneras de calentar objetos y de generar calor. En estos puntos quiero que tengamos conciencia de la conceptualización que tenemos y, que veamos si la ponemos en juego en las situaciones experimentales que propongo en los puntos siguientes del taller 2.

En el numeral 3 del taller planteo una situación en la cual el calor pasa a través de diferentes materiales, con el objetivo que la persona pueda concluir que el calor se transfiere más fácilmente por unos materiales que por otros (ver capítulo 2).

Tomando en cuenta lo anterior, es necesario estudiar los efectos que tiene el calor sobre los cuerpos (ver capítulo 2), y usar este conocimiento para entender que es posible medirlo. Es por este motivo que en el numeral cuatro propongo contrastar, experimentalmente, si los cubos de hielo que estaban en contacto tardan más en derretirse que los cubos de hielo que no lo están, con el fin de poder concluir que en el proceso de fundición de los hielos no es muy relevante la distancia entre ellos; para al momento de construir el calorímetro generar un enfoque en los cambios de volumen de los hielos y el cambio en la altura del agua, para medir el calor.

Es así como en el numeral 5 propongo construir un dispositivo que permita reproducir las situaciones antes mencionadas, medir el calor e interpretar los hechos observados (cambios de volumen en los hielos, cambio en la altura del agua, en la temperatura), lo cual implica una reflexión basada en nuestros conocimientos sobre el calor (ver capítulo 2).

Por ende, propongo el experimento del numeral 5 con la intención de poder anotar lo observado; es decir, cambios en el volumen de los hielos, la temperatura del agua, la altura del agua entre otros, para interpretar esas observaciones y brindar una explicación, las cuales sirvan para construir un hecho físico. Como lo mencioné en el capítulo 2, la experimentación y la teoría van de la mano en la física y no es posible concebir uno sin el otro. Así que, mi enfoque está en el proceso y cómo este me es útil para ampliar mis vivencias sobre el calor.

Al finalizar este taller espero que la persona pueda concebir el calor como algo medible, perciba que hay sustancias más difíciles de calentar que otras y genere una explicación de los hechos observados (ver capítulo 2).

3.4 Justificación Taller 3: Calorimetría 2.

El propósito que planteo para el numeral 1 de este taller es concluir por medio de esta situación que los cuerpos fríos contienen calor. Espero que, con este punto las personas identifiquen que los trozos de hielo tienen diferentes tamaños y de acuerdo con el tamaño del trozo se va a demorar más tiempo en derretirse, con lo cual espero que se relacione el calor con la cantidad de masa que pueden tener los pedazos de hielo.

En el numeral 2 parto de una situación en la cual no cambio la temperatura, pero se varía el volumen, con el objetivo de poder, a partir de las reflexiones generadas en el numeral anterior, concluir que el recipiente que tiene mayor cantidad de agua tiene más calor.

En los talleres anteriores hablé de la relación calor – temperatura y de los diferentes efectos que tiene el calor sobre los cuerpos, así que en el numeral 3 lo propongo para mostrar que puede haber sistemas en los que se agregue entropía, sin que este se caliente o aumente la temperatura. Adicionalmente, procuro hacer un énfasis en la transferencia que puede tener de calor con el medio. En el numeral 4 procuro considerar la entropía como una cantidad distribuida en el espacio.

En el numeral 5, lo que procuro es reflexionar acerca de la cantidad de calor ya que en este trabajo veo la entropía como cantidad de calor, así que busco que la persona use todo el trabajo realizado durante los talleres (experimentos, explicaciones, entre otros) para realizar dicha reflexión.

Lo anterior, con el fin que en el numeral 6 se pueda ser explícito en que esto que consideramos como cantidad de calor es entropía.

Capítulo IV: Mi reflexión sobre el proceso de implementación de mis talleres experimentales.

Actualmente, en Colombia afrontamos la pandemia ocasionada por la COVID- 19, por ello, desde marzo del año 2020 hasta aproximadamente julio de 2021, las prácticas pedagógicas en la Universidad y las clases en los colegios se realizaron de manera virtual; por lo tanto, la implementación de mis talleres la adelanté en la modalidad virtual. La práctica pedagógica número 1 la realicé en el semestre 2020-2 y la práctica número 2, la hice en el semestre 2021-1.

En el presente capítulo hablo de un taller preliminar, el cual puse en práctica en el semestre 2020-2 con 110 estudiantes del grado octavo; los talleres 1, 2 y 3 (ver capítulo 3) fueron implementados en el semestre 2021- 1, con 37 estudiantes del grado séptimo, los cuales tenían edades entre 11 a 14 años. Todos los talleres los implementé en la Institución Educativa Normal Superior de Envigado.

Los horarios de los grados décimo y once coincidían con mis horarios de trabajo, por ello, los talleres los implementé con grados séptimo ya que la jornada de clases de dicho grado no coincidía con mis horarios laborales.

Los talleres los implementé en las horas para el área de matemáticas, el profesor cooperador me cedió el espacio en lo correspondiente a la temática de mediciones. Adicionalmente, resalto que tanto el rector como la coordinadora académica avalaron mi ingreso a la institución para realizar mi proceso de prácticas y efectuar la presente investigación.

Cabe anotar que, los talleres 1, 2 y 3 los envié 10 minutos antes de la clase los talleres con las preguntas para que las pudieran realizar los experimentos propuestos. Lo anterior, con el objetivo de evitar que se consultaran algunas respuestas en internet y que, de esta forma, en la medida de lo posible las respuestas de los estudiantes fueran propias.

Posteriormente, se efectuó la respectiva socialización oral de las ideas, respuestas y de los experimentos elaborados. Por tanto, el análisis que realizaré en este capítulo lo efectúo con base tanto en el planteamiento individual, que entregaron los estudiantes, como en los aportes brindados en las socializaciones.

Mi interés está en analizar explicaciones, puesto que mi propuesta no se limitó sólo a la construcción de un instrumento o a la realización de un montaje experimental, sino que implicó la interpretación de los hechos observados y una explicación de estos.

En el presente capítulo, hablo con algunos nombres propios para diferenciar estudiantes; sin embargo, los nombres reales fueron cambiados. De igual forma, aclaro que en el momento de los estudiantes se matriculan en el colegio autorizan la socialización pública de sus aportes en las investigaciones.

A continuación, presentaré una reflexión sobre la implementación del taller preliminar, los tres talleres que realicé y su aporte para la construcción del concepto de entropía.

4.1 Análisis Taller preliminar: Mi experiencia previa en el aula de clase.

En el presente apartado realizo el análisis de la implementación de mi taller preliminar, el cual efectúo inicialmente desde el análisis de las explicaciones brindadas relacionadas con la construcción y funcionamiento del termómetro. En un segundo momento, resalto la forma en la cual tratamos de mejorar el instrumento elaborado y, por último, relaciono algunos hechos que me ayudaron a obtener seguridad en la ruta que tomaría para la construcción del concepto de entropía.

4.1.1 Construcción de explicaciones.

En primer lugar, mostraré en el presente análisis las explicaciones construidas por los estudiantes entorno al papel que tiene el aire en la construcción y uso del instrumento, dado que, en la implementación de mi propuesta, los estudiantes pudieron concluir que era la clave en el funcionamiento del termómetro; en el cual intervienen variables como presión, temperatura y volumen.



Figura 1: Termómetro construido por un estudiante, el cual muestra el funcionamiento del termómetro casero cuando es puesto en contacto con agua caliente.

Por medio de este taller conseguí que se diera un significado a los hechos observados y se relacionaran variables. Inicialmente, logré que se asociara la presión y la temperatura y evaluar en el funcionamiento del termómetro qué papel juega la expansión que tuvo el aire producto de cambios en dichas variables. Veamos entonces la explicación brindada por Carlos, Lizeth y Martina quienes mencionan:

Carlos: El aire situado por encima del agua coloreada cuando aumenta la temperatura, tiene más energía y por ello se mueven a mayor velocidad. La presión que ejerce el aire sobre el agua es mayor, ante el aumento de presión, el agua responde ascendiendo por el pitillo y, de esta forma, permitiendo la expansión del gas. El ascenso se detiene cuando la presión del aire en el interior de la botella se iguala con la presión exterior.

Lizeth: Cuando el agua está caliente, pienso que por el calor de esta misma el aire se evapora y empieza a salir, así le da fuerza al agua para subir por el pitillo.

Martina: Al aumentar la temperatura, el aire al no tener por donde salir se queda adentro y eso es un factor que ayuda porque así cuando esté caliente el agua o fría la botella puede o comprimirse o soltarse, por lo que, el aire no tiene a donde ir y así hace más fácil la muestra de temperatura.

Estas explicaciones me indican que tienen nociones sobre algunas teorías físicas, en especial sobre las relacionadas con el comportamiento de los gases. En ellas, encuentro que se asocia el cambio en la temperatura del agua con la expansión o contracción del aire y se piensa en cómo esto afecta el escape que puede tener dicho gas, permitiéndome observar una idea de presión al pensar en la dificultad que tiene el aire para salir. Esta relación fue la que lograron la mayoría de los estudiantes.

Sin embargo, un grupo pequeño no relacionó la temperatura con la presión de aire; pero, estableció una relación entre la cantidad de aire de la botella y la fuerza que ejercía sobre el agua, sin asociar esto a un cambio en la temperatura. Veamos, entonces, los aportes realizados por Camila y Andrea quienes manifestaban:

Camila: El aire se acumula en la botella y se convierte en vapor del agua, así que, como hay más aire se hace más fuerza para que suba.

Andrea: Pienso que, cuando la botella estaba sumergida en el agua caliente, el aire se combinaba con el vapor del agua, generando más peso porque había más cantidad, y eso era lo que ejercía presión, mientras que con el agua fría y tibia no ocurría nada.

Aquí, se asocia el peso del aire con la presión que puede ejercer sobre la botella; pero, aunque no se relacionó la temperatura, se realizó un análisis del papel que juega el aire en el funcionamiento del termómetro. Además, en estos aportes es posible ver que tienen una idea de presión, aunque la expresan como la fuerza ejercida por el aire.

4.1.2 Una reflexión sobre el termómetro.

Una de las reflexiones que logré generar con la implementación de mi taller es reflexionar en torno al instrumento construido y pensar en cuáles son sus ventajas y desventajas, lo cual implica conocer las teorías físicas que intervienen en el funcionamiento de él, así como su diseño. Clasifiqué los aportes que me brindaron los estudiantes en dos categorías; la primera de ellas está relacionada con crear una escala de medición, en la cual encontré aportes que se orientan a poder encontrar un nivel de la temperatura y medirlo, por medio del conocimiento sobre las diferentes variables que intervienen en el funcionamiento de nuestro instrumento y de las cuales hablé en el apartado 4.1.1; la segunda categoría está orientada al análisis de los materiales con los cuales

construimos el termómetro, es decir, se centra en el conocimiento de las propiedades del material (su capacidad para dilatarse, para soportar determinadas temperaturas sin romperse).

En este sentido, traeré a colación el aporte brindado por Cristian, el cual refleja la primera categoría y en la que manifestó: “El termómetro casero logra medir los cambios de temperatura caliente y fría, pero no con gran precisión ni exactitud por no tener un control de medición”. Adicionalmente, el aporte brindado por Sara refleja la segunda categoría, de la que habla al manifestar: “Los otros termómetros que he visto no usan agua, sino mercurio y usan vidrio no plástico, cambiando eso podríamos hacerlo mejor”. Cabe anotar que, cada categoría complementa la otra, puesto que usar otros materiales con características más adecuadas junto con una escala de medición apropiada, nos puede llevar a construir un mejor termómetro.

4.1.3 Dejar de lado algunos prejuicios.

Previo a la implementación de este taller, encontré que en el colegio donde realicé mis prácticas este tipo de actividades normalmente se hacía con estudiantes de décimo y once; generalmente, no se hace con grados octavos. Uno de los objetivos que logré al implementar este taller es cambiar esa perspectiva y mostrar que era posible crear situaciones experimentales que nos permitieran crear conocimiento científico en grados octavos. Esto puede verse en los logros alcanzados de los que hablé en la sección 4.1.1 y 4.1.2. De igual forma, el comentario que me realizó la profesora cooperadora lo refleja, la cual manifestó: “los comentarios de los estudiantes es que se divirtieron desarrollándolo, con sus familias, que se generaron a partir de dicha actividad discusiones que fueron interesantes”.

No obstante, cuando elaboré este taller tenía pensada una ruta para trabajar la entropía, en la cual planeaba realizar tres talleres: uno de temperatura, otro de calor y un último enfocado a la entropía; sin embargo, después de implementar el taller antes mencionado, me di cuenta que los estudiantes podían hablar de temperatura y calor diferenciándolos entre sí. Esto me llevó a cambiar la ruta que en ese entonces pensaba por la que ruta que expuse en el capítulo 3.

4.2 Calor y Temperatura: Un análisis desde la interpretación de fenómenos físicos.

En este apartado, realizo el análisis de la implementación de mi taller número 1, el cual hago en tres momentos. El primero de ellos, desde el análisis de las variaciones en temperatura y los cambios de estado. En un segundo momento, desde la posibilidad de transferir el calor. En el tercer momento, hasta cuándo es posible transferirlo.

4.2.1 La temperatura y los cambios de estado.

Uno de los objetivos que logré con la implementación del taller 1 fue generar una relación entre la temperatura y los cambios de estado, lo cual valoro en el proceso de construcción de un conocimiento científico. Las neveras se asocian normalmente con temperaturas muy frías, ya que allí congelamos algunos alimentos y cuando los sacamos, vemos que estos se descongelan. Al implementar mi taller, fue posible asociar los lugares donde había temperaturas mayores a las de la nevera con el hielo cuando se derrite, y también fue posible relacionar los lugares donde hay temperaturas muy bajas con el hielo cuando mantiene su estado sólido. Veamos entonces las respuestas de los estudiantes Kevin, Sandra, David, Camilo, Cristian y Duván que dan cuenta de esto:

Sandra: “Para que se derrita lo pongo al sol, lo dejo fuera del congelador o lo meto en un vaso de agua. Para que no se derrita lo meto al congelador o lo mantengo en un lugar frío”.

Kevin: “Para que se derrita lo dejaría en un lugar en el que este expuesto a el sol, y para que no se derrita lo dejaría en la nevera o congelador”.

David: “Para que el hielo se derrita lo pondría bajo el sol y para que no se derrita lo pondría en el congelador”.

Camilo: “Para que se derrita lo pongo a temperatura caliente y para que no lo dejaría en la nevera donde su temperatura es igual”.

Cristian: Para que se derrita lo dejo afuera a temperatura ambiente o lo mojo y, para que no se derrita lo dejo en su temperatura de congelador.

Duván: “Para que se derrita lo colocaría en un vaso con agua y para que no se derrita lo pondría en el congelador, para que su temperatura no aumente”.

En las diferentes respuestas fue posible observar diferentes métodos para derretir el hielo; unos propusieron dejarlo a temperatura ambiente, otros mojarlo, exponerlo a una fuente de calor

como el sol; situaciones en las cuales hay una temperatura mayor a la del hielo; en contraste, para que el hielo no se derrita, en todos los aportes antes mencionados propusieron mantenerlo en la nevera, esto para que la temperatura no aumente. Así que, se asoció el cambio en la temperatura con los cambios en el hielo. La totalidad de respuestas que analicé de los estudiantes me permitió concluir lo previamente expuesto, ya que todos lo expresaron con palabras diferentes, pero la idea central era la misma.

4.2.2 Transferencia de calor.

Por medio de la implementación de mi taller alcancé uno de los objetivos que me había propuesto al realizarlo, en el cual logré ver las diferentes concepciones que tenemos sobre el calor. En las diferentes respuestas brindadas a las situaciones fenomenológicas que propuse se abre la posibilidad de extraer calor de los cuerpos, de transferirlo al ambiente o a otro cuerpo; lo cual se asocia a los cambios de estado. Este proceso fue planteado y lo organicé en dos categorías.

En la primera categoría se encuentra el 75% de las respuestas, en las cuales el calor es extraído cuando se pone en contacto un objeto, como el hielo, con un elemento como el agua que está a una temperatura diferente. En la segunda categoría, se encuentra el 25% de las respuestas en las cuales se usa un elemento externo como la sal (no se tenía en cuenta la temperatura de esta), y se le atribuye a esta la posibilidad de extraer el calor. Así que, traeré a colación las respuestas brindadas por Sandra, Juan, Andrés, Camilo y Carlos; las cuales hacen parte de la categoría número uno:

Sandra: “El hielo al estar en contacto con agua derrite un calor debido a que su temperatura es diferente”.

Juan: “En cuanto la temperatura asciende y se sitúa por encima, el hielo empieza a derretirse. Si el hielo recibe calor suficiente, lo absorbe y cambia su fase de hielo a agua”.

Andrés: “Lo único que puede pasar es que, cada vez se derrita más el cubo. Esto sucede porque el hielo es muy sensible a recibir calor. Si lo sacamos o lo ponemos en agua lo que sucederá es que se volverá agua”.

Camilo: “El cambio que sucede en el hielo es que, cada vez se hace más pequeño ya se derrite porque debe absorber el calor de su entorno y en cuanto la temperatura asciende y se sitúa por encima de 0°C, el hielo empieza a derretirse”.

Carlos: “El hielo se está derritiendo a medida que pasa el tiempo y se derrite porque el agua no es lo suficiente fría, así que le transfiere calor”.

Uno de los puntos comunes que tiene estas respuestas, es que en todas se da la posibilidad de transferir o recibir calor. Además, en ellas es posible observar que esa pérdida o recepción de calor se da en situaciones donde los objetos se encuentran a una temperatura diferente; por ejemplo, la temperatura del hielo es menor que la del agua. Así que, pudimos concluir que hay transferencia de calor sólo si hay una diferencia de temperaturas.

Por su parte, el aporte brindado por Carla y Andrea hace parte de la categoría número dos, ellas manifestaron:

Carla: Para que se derrita más rápido lo pondría en el sol, para que derrita más lento simplemente fuera del congelador o también lo pondría con sal, ya que la adición hace que baje el punto de congelación del agua y para que no se derrita meter en un bol con agua, varios cubitos de hielo y sal gruesa. La sal absorbe el calor, haciendo así que el frío del hielo llegue mucho mejor a la lata o dejarla en el congelador.

Andrea: Para que se derrita más rápido le echaría sal porque su punto de fusión cambia, ya que le da calor al hielo.

En esta categoría, aunque no se asocian cambios de temperatura con la posibilidad de absorber calor, se habla de puntos de fusión o congelación del agua, lo cual, de cierta forma se asocia de manera implícita con la temperatura en la que el hielo cambia de estado de sólido a líquido o se congela.

4.2.3 Hasta cuando hay transferencia de calor.

En la implementación del taller, logré uno de los objetivos que me había propuesto al diseñarlo, ya que pudimos percibir que el calor es posible transferirlo hasta que todos los cuerpos estén a la misma temperatura. Al realizar el análisis de las respuestas encontré que todos pudimos llegar a esta conclusión, dando una explicación con palabras diferentes, pero la idea central era la

misma; por lo tanto, en esta ocasión no lo clasifiqué por categorías, así que, traeré a colación los planteamientos Karen, Cristina, Sandra, Carla, Andrea y Gabriel:

Karen: El clavo que está más caliente se pondría a temperatura ambiente, ya que no tiene ninguna fuente de calor para que siga a esa temperatura, el clavo que ha estado tres días en la nevera se pondría a temperatura ambiente, ya que no tiene donde permanecer frío y el que lleva en la mesa estaría igual, dado que el cajón está a temperatura ambiente y no cambiaría ninguna característica de este clavo.

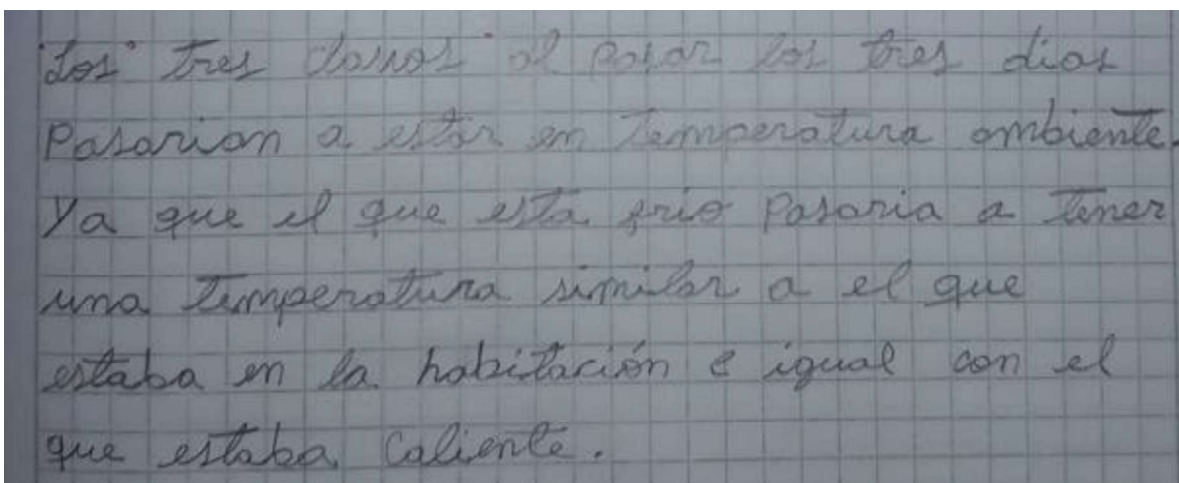
Cristina: Los tres clavos terminan en temperatura ambiente.

Sandra: La temperatura del clavo caliente y el congelado se ponen a temperatura normal porque estos no están acostumbrados a la temperatura ambiente, así que terminan a esta temperatura.

Carla: El clavo que está muy caliente deja de estarlo porque está en una temperatura un poco fría, el clavo que estaba varios días en la nevera se descongela porque no está en una temperatura tan helada como la nevera y el último clavo que siempre ha estado encima de la mesa no cambia.

Andrea: Si cambia la temperatura de los clavos, el clavo caliente se enfría, el clavo de la nevera se calienta y el que siempre ha estado en la mesa siempre va a estar igual.

De igual forma, relaciono el aporte de Gabriel



Los tres clavos al pasar los tres días pasarían a estar en temperatura ambiente. Ya que el que está frío pasaría a tener una temperatura similar a el que estaba en la habitación e igual con el que estaba caliente.

Figura 2: Respuesta de Gabriel al numeral 6 del taller 1

Fue posible concluir que con el tiempo las temperaturas de los clavos que no estaban a la temperatura ambiente cambiarían, así que, encontramos que el calor se transfiere hasta que la temperatura de los clavos sea la misma.

4.3 Análisis implementación Taller número 2.

El análisis que realizo corresponde al taller número 2, el cual haré inicialmente desde la forma de generar calor, en la cual clasifiqué en dos categorías los aportes brindados por los estudiantes. En un segundo momento, analizo los aportes que tuvo la construcción de un calorímetro casero.

4.3.1 Formas de generar calor.

En la parte inicial de este taller, realizo reflexiones en torno a la forma de generar calor. Los diferentes aportes brindados por los estudiantes se enfocan principalmente en aquellas formas en las que se usan fuentes de calor como, por ejemplo, sopletes, velas, fogatas. En este sentido, Carmen, Alba, Gabriel, Camila y Julián manifiestan:

Carmen: “Profe, las barras de metal se pueden calentar dejándolas al sol o se pone el clavo en una parrilla y se pone al fuego”.

Alba: “Lo primero que yo haría sería ponerlo a la luz del sol y la segunda opción sería poner al pie del fuego”.

Gabriel: “La barra metálica se coloca en posición vertical, el extremo inferior se calienta con el vapor, el extremo superior se pone en contacto con un líquido volátil en ebullición”.

Camila: “Lo Pongo al sol y tal vez se calienta, pero lento o también, lo pongo a la candela a que agarre calor.

Julián: “Lo metería en agua hirviendo o lo pondría al lado del fogón de la cocina prendido”.

Es posible observar que los aportes para brindar estos aportes los estudiantes usaron las experiencias y me permitieron ver que, por medio de mi propuesta fue posible traer desde el primer momento las ideas que tenemos desde nuestra vida cotidiana sobre la forma de generar calor. Así

mismo, con mi propuesta fue posible identificar las diferentes fuentes de calor que podemos encontrar en nuestra vida.

Sin embargo, una menor cantidad de respuestas se enfoca en formas de generar calor sin necesidad de tener una fuente como las mencionadas anteriormente, sino que se expone que por medio de golpes o frotación también es posible generarlo. Los aportes de Kevin, Andrea y Carlos son una muestra de estos aportes:

Kevin: “El clavo se calienta y sobre todo si se le dan muchos golpecitos”.

Andrea: “También es posible calentar un clavo si lo froto y entre más lo haga más se calienta”.

Carlos: “Profe, también se puede calentar frotándolo mucho con un trapo”.

Estas contribuciones considero que, complementan los aportes mencionados anteriormente y muestran que para generar el calor no es necesario tener siempre fuentes de calor; así, logré uno de los objetivos que mencioné en el capítulo 3: mostrar que no hay una única forma de generar el calor.

4.3.2 Conclusiones de la construcción de un calorímetro.

La implementación de los talleres anteriores permitió adquirir vivencias y conocimientos, que tal y como lo había propuesto, fueron utilizados para analizar los diferentes cambios vistos en el instrumento y para realizar análisis de las diferentes variables tales como: el volumen, la temperatura, la altura del agua.



Figura 3: Calorímetro casero construido por uno de los estudiantes

En este sentido, traeré a colación el aporte de Cristian, Camilo, Oscar, Duván quienes manifestaron:

Cristian: “Al principio el agua empezó a aumentar por los hielos, pero cuando los hielos se derritieron el agua fue disminuyendo ya que el agua se fue evaporando por el calor de la vela”.

Camilo: “El nivel del agua aumento porque la vela derritió los hielos y el volumen de estos cambió, ya que, aún si la vela está separada por el frasco de cristal los hielos se derriten rápidamente por el calor que emite la vela”.

Oscar: “El nivel del agua aumentó porque se calentaron los hielos, entonces eso hace que los hielos se derritan y se hagan cada vez más pequeños”.

Duván: “El nivel del agua aumento porque la vela derritió los hielos, pero no fue lo único que cambió, ya que la temperatura del agua se modificó y se pudo notar un cambio en la consistencia del agua”.

Acá el cambio en la altura del agua está asociado al calor de la vela y los efectos que produce en el agua al cambiarla de estado. Sandra expuso que: “Al principio el nivel del agua fue disminuyendo por el calor, pero luego cuando alejaba el calor aumentaba porque se derretían los hielos”. Los hielos a medida que se derriten cambian su volumen hasta cambiar de estado, y pasan de sólido a líquido, así que, con este aporte, pude concluir que estos cambios fueron asociados al calor emitido por la vela. Adicionalmente, Kevin manifestó que: “La altura del agua aumentó, porque el calor de la vela hizo que los hielos se derritieran y se convirtieron en agua, cambiando la temperatura dentro de la botella. La vela al causar calor por todo el vaso lo empañó todo. La altura me muestra el calor que tiene la vela⁸”. Además, de relacionar el cambio de estado del agua, cuando pasa de sólido a líquido, este aporte también me muestra que hay una relación entre qué tanto cambia la altura del agua con la cantidad de calor emitida por la vela; así que es posible cuantificar el calor. De esta manera, con la implementación del taller número 2 pude construir la magnitud calor desde la relación con otras variables.

⁸ En esta parte realicé algunas correcciones ortográficas del aporte brindado por el estudiante.

4.4 Análisis implementación Taller número 3.

A continuación, efectuaré el análisis de la implementación del taller número 3; el cual realizo en dos momentos; el primero de ellos, está relacionado con aquellos aportes que permitieron relacionar el calor y la cantidad de sustancia y el segundo, con los aportes por medio de los cuales pudimos caracterizar la entropía.

4.4.1 El calor y la cantidad de sustancia.

Por medio de la observación de la desintegración de los hielos, que propuse en el numeral uno del taller (ver capítulo 3), logré relacionar el tamaño de los hielos y la velocidad a la cual se derriten, lo cual dio una idea de la relación que hay entre el volumen de los hielos (en la situación planteada entre más grande sea el volumen, hay mayor cantidad de sustancia) y el calor. Al analizar los aportes brindados por los estudiantes pude encontrar dos tipos de relaciones. El primero que fue el que predominó, da cuenta de una relación entre los volúmenes y la velocidad a la que se derrite, pero no menciona explícitamente el calor que pueden contener los hielos. La contribución brindada por Carlos durante la socialización es una muestra de este tipo de aporte: “El cubo de hielo se parte en muchos pedazos y se derriten bastante rápido porque no están juntos”. También, Juan manifestó: “Los trozos de hielo se van desvaneciendo y dejan de estar en un espacio congelado, pasando a un espacio con temperatura más alta. Adicional los trozos pequeños se derriten más ligero”.

El segundo tipo de aporte también logra encontrar esa relación entre el volumen del hielo y la rapidez a la cual se derrite, pero complementa el primer tipo de aporte, ya que relaciona el tamaño del hielo con la cantidad de calor que puede perder. La participación de Cristian da cuenta de este tipo de aporte, quien manifestó que: “Se derritieron rápido porque como el cubo está afuera va perdiendo agua por culpa del calor del ambiente y de mi mano. Mientras uno lo rompe esta se va desintegrando más rápido porque al ser más pequeño tiene menos calor que perder”. De igual forma, la contribución dada por Martina muestra este tipo de aporte: “Cuando lo partí quedaron unos pedazos muy chicos y otros más grandes. Los más grandes se derretían más lento porque tienen más calor y los más pequeños se derritieron más rápido”.

4.4.2 La entropía.

En la implementación del taller y la socialización realizada durante este proceso no usamos la palabra entropía de manera explícita, pues noté que era desconocida para los estudiantes; sin embargo, por medio de las situaciones propuestas logré que caracterizáramos algunas propiedades de esta.

Dentro de estas propiedades que pude caracterizar está la de adscribir una determinada cantidad a las zonas del espacio; es decir, verlo como una magnitud extensiva. Lo anterior, ya que conseguí relacionar la distancia a la cual está una fuente de calor, como una vela, con la intensidad de calor que puede brindar. De esta forma, durante la implementación del taller 3 concluimos que entre más cerca está la fuente de entropía de mi mano, mayor va a ser la cantidad de entropía. Al realizar el análisis de los aportes brindados por los estudiantes veo que la totalidad logró concluir esto, por medio de la experiencia que tiene en su vida cotidiana; por lo tanto, traeré a colación aportes brindados por Carla, Sandra y Kevin. En este sentido, Carla indicó: “Yo he sentido más calor cuando me acerco, porque yo siento que voy a quemarme, entonces el cuerpo ya sabe que yo pienso que me voy a quemar y reacciona de forma rápida”, Sandra afirmó que “se siente más caliente cuando acerco la llama a mi cuerpo porque la llama es calor”; por otra parte, Kevin manifestó: “Cuando está más cerca se siente más calor porque la distancia para el aire es menor y la llama tiene mayor fuerza que cuando está más lejos”.

Adicionalmente, a partir de la pregunta número 3 del taller (ver capítulo 3) conseguí generar un análisis de una situación en la cual se transfiere calor hacia el medio. En este punto clasifiqué los aportes proporcionados por los estudiantes durante la socialización en dos categorías; la primera es aquella donde se consideró que la temperatura variaba, y la segunda, donde se consideró que la temperatura permanecía constante.

En este sentido, traeré a colación los aportes brindados por Karla y Carolina, los cuales son una muestra de la primera categoría, Karla expuso que: “la temperatura aumenta y empieza a salir burbujas. Si se deja por mucho tiempo el agua se evapora y se va caliente hacia el ambiente”. De igual forma, Carolina dijo: “a partir de un tiempo de que el agua esté en el fogón comenzará a hervir, la temperatura aumenta y el calor se va al ambiente”. Un punto que resalto de estos análisis, y que considero importante, es que se logró concluir que es posible intercambiar calor con el ambiente.

Además, una muestra de la segunda categoría, la cual predominó, son los aportes de Julio y Pablo. Julio indicó que: “El agua como que se evapora por recibir tanto calor. Si la dejamos mucho rato ahí, el agua puede evaporarse porque siente mucho calor. La temperatura no aumenta y el calor es mayor cuando no se ha evaporado, porque cuando se evapora pasa al ambiente que es más frío”. Pablo dijo que: “La temperatura no cambia, yo observó que salen burbujas cuando hierve, luego el agua se seca hasta que no tenga agua porque se va al ambiente en forma de calor”. Al igual que la categoría anterior, pudimos concluir que era posible intercambiar calor con el medio; igualmente, me parece importante resaltar el aporte mencionado de Julio quien expresó: “si, hay más cantidad de calor en situaciones previas, es decir cuando puse los 200 cm³ y los 400 cm³ en el fuego pude visualizar más calor en el que tenía más cantidad de agua”, dado que en él es posible ver que pensamos en cantidad de calor, lo cual puede traducirse en entropía. Las conclusiones de la categoría dos, son las que esperaba al realizar el taller.

Conclusiones

Al abordar los referentes teóricos de mi investigación, tales como Guidoni, Mach, Job y Black pude mostrar que como maestro de física, es posible tomar una postura relacionada con el conocimiento científico; y, a partir de esta postura, crear una propuesta pedagógico – didáctica que permita la inclusión de la entropía en el aula de clase.

El proceso experimental que tomé para abordar el concepto de entropía me permitió reconocer que, por medio de la interpretación y explicación de los hechos observados es posible construir conocimiento científico. De igual forma, permitió la caracterización del calor y de la entropía, viéndolas como cantidad de calor. También, mi propuesta me permitió edificar una alternativa para la enseñanza de la entropía.

Comprobé que los talleres que propuse fueron acogidos positivamente por los estudiantes, permitieron realizar un análisis de fenómenos físicos y de situaciones de nuestra vida cotidiana, así pude constatar que el conocimiento es cercano al sujeto.

Por otro lado, los talleres experimentales despertaron interés por la experimentación en los estudiantes, muestran que ellos mismos pueden hacer ciencia. Adicionalmente, ponen de manifiesto la importancia de no centrar la enseñanza de la física sólo en lo algorítmico, sino también en la experimentación, análisis y explicación de fenómenos naturales.

Recomendaciones

Para futuras investigaciones en la línea de la epistemología e historia de las ciencias y enseñanza de la física recomiendo el uso de la metodología de investigación biográfico – narrativa, puesto que me permitió resaltar mi papel como maestro, fue una alternativa para reflexionar desde mi experiencia sobre la enseñanza y el aprendizaje de la física.

Además, recomiendo usar esta metodología de investigación ya que permite salirnos de la imagen que tenemos de la clase de ciencia como un conjunto de verdades absolutas, permite crear propuestas pedagógico didácticas que fomentan la creatividad, el análisis y la explicación de fenómenos físicos, así como el espíritu investigativo.

El análisis de las ideas propuestas en textos científicos permite ir a la génesis de los conceptos; por lo tanto, sugiero que a partir del análisis de este tipo de textos se realicen investigaciones de otros conceptos que usamos en la termodinámica, como lo son, por ejemplo, la entalpía, la energía, el sistema.

También propongo preguntarnos: ¿cómo podríamos realizar este tipo de investigación con otro tipo de población que no esté vinculada a un contexto escolar, como lo son vigilantes, amas de casa entre otros? ¿cómo esta metodología de investigación permitiría generar un aprendizaje significativo en este tipo de población?

De igual forma, creo que es importante preguntarnos: ¿qué resultados obtendríamos si realizáramos este tipo de investigación sobre la entropía con estudiantes universitarios, de otras carreras, como por ejemplo de química o de biología? ¿Qué aportes nuevos sobre la interpretación de la entropía nos brindarían este tipo de población?

Referencias

- Arcà, M., Guidoni, P., y Mazzoli, P. (1990). Enseñar ciencia: cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base (Vol. 97). Grupo Planeta (GBS).
- Ayala, M. Malagón, F y Romero, A. (1966). Carnot y Planck y la segunda ley de la termodinámica. *Revista Física y Cultura: Cuadernos Sobre Historia y Enseñanza De Las Ciencias*, 3, 73 – 80.
- Black, J. (1807). Lectures On The Elements of Chemistry.
- Boles, M y Cengel, Y (2011). Termodinámica. Interamericana Editores.
- Bolívar, A. (2002). “¿De nobis ipsis silemus?”: Epistemología de la investigación biográfico-narrativa en educación. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 4, 1 – 25.
- Bolívar, A. (2012). Metodología de la investigación biográfico-narrativa: Recogida y análisis de datos. *Dimensões epistemológicas e metodológicas da investigação (auto) biográfica*, 2, 79-109.
- Cassirer, E. (1986). Fin y método de la física teórica. El problema del conocimiento. Fondo de cultura económica.
- Duhem, P. (1914/2003). La teoría física: su objeto y su estructura. Herder.
- Herrmann, F. (2018). Comencemos con la entropía. *Revista Cubana de Física*. 27(2), 113 – 118. <https://bit.ly/31sWLKO>
- Job, G. (1972). Nueva representación de la termodinámica La entropía como calor (Traductor/a(s) del libro, Octavio G & Aminta M). <https://bit.ly/31DzAxD>
- Ladín, M y Sánchez, S. (2019). El método biográfico-narrativo. Una herramienta para la investigación educativa. *Educación*, (28)227-242. <http://dx.doi.org/10.18800/educacion.201901.011>
- Mach, E. (1905/1948). Conocimiento y error. Espasa-Calpe S.A.
- Medina, M. (octubre 01, 2020). Rato astronómico [Video]. Instagram. Recuperado <https://www.instagram.com/ratoastronomico/?hl=es>
- MEN. (2016). Derechos Básicos de Aprendizaje. Bogotá, Colombia.
- Serway, R y Jewett, J. (2014). Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Cengage Learning Editores.
- Shapin, S. y Schaffer, S. (1985/2005) El Leviathan y la bomba de vacío. Hobbes, Boyle y la defensa de la experimentación. Universidad Nacional de Quilmes.

- Ulloa, N. (2006). Origen y evolución del concepto de entropía: representaciones e implicaciones para la enseñanza [Tesis de doctorado, Universidad Pedagógica Nacional]
<http://200.23.113.51/pdf/23524.pdf>
- Zemansky, M y Dittman, R. (1997). Calor y termodinámica. McGraw-Hill Company.