

**EL CALOR LATENTE DE VAPORIZACIÓN DURANTE LA EBULLICIÓN DEL
AGUA, UNA PROPUESTA FENOMENOLÓGICA DESDE UN ESTUDIO
HISTÓRICO - CRÍTICO**

**NICANOR ANTOLA SEGOVIA
LUIS MARÍA SILVA MELGAREJO**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES
BOGOTÁ, D.C. 2024**

**EL CALOR LATENTE DE VAPORIZACIÓN DURANTE LA EBULLICIÓN DEL
AGUA, UNA PROPUESTA FENOMENOLÓGICA DESDE UN ESTUDIO
HISTÓRICO - CRÍTICO**

Nicanor Antola Segovia
Luis María Silva Melgarejo

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de
Magister en Docencia de las Ciencias Naturales

Asesores:

Mg. Juan Alberto Aldana González
Mg. Andrea Toledo Aranda

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Física
Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales
Bogotá, D.C. 2024

“Para todos los efectos declaramos que el presente trabajo es original y de nuestra autoría; en aquellos casos en los cuales hemos requerido del trabajo de otros autores o investigadores, hemos dado los respectivos créditos”

AGRADECIMIENTOS

Agradecido con Dios por brindarme la salud, la sabiduría y guiarme a lo largo de este proceso en este maravilloso país, permitiéndome cumplir un sueño más en mi vida.

A mi familia, por su apoyo incondicional y por acompañarme desde la distancia en este importante proceso para mi formación académica y profesional. En especial a mis padres, Eduvigis Antola y Melchora Segovia, por ser siempre mi mayor fuente de inspiración y mi motivo para seguir adelante. A mi hermano, Eligio Antola, y a mi cuñada, Elida Velázquez, así como a mis sobrinos, Alessandro Antola y Fiorella Antola, por ser una parte fundamental de mi vida y mi motivación constante.

A la Universidad Pedagógica Nacional y a todos sus docentes del programa de la maestría, por su dedicación y compromiso con nuestra formación. Los conocimientos adquiridos serán siempre parte de nuestros aprendizajes y contribuirán significativamente al fortalecimiento de nuestra práctica docente.

Nicanor Antola Segovia

A Dios por la vida, por escuchar mis plegarias, guiarme y cuidarme en este recorrido tan importante de mi vida.

A mi madre Edigna Melgarejo, por brindarme su apoyo incondicional y brindarme las herramientas necesarias como principios y valores para forjar mi camino en la vida.

A mi padre Plácido Silva, mi ángel, quien, aunque ya no está en este plano terrenal ha sido mi sostén y custodio desde el lugar donde se encuentre.

A mi familia, hermanos, sobrinos, primos, tíos, excompañeros y amigos quienes de una u otra manera han estado pendientes de mí, brindándome su aliento e impulsarme a seguir adelante.

A mis docentes y compañeros de la maestría, por su invaluable apoyo, por compartir su tiempo y experiencias, invaluable para mi crecimiento profesional.

Luis María Silva Melgarejo

A nuestros queridos asesores, Juan Aldana y Andrea Toledo, por su invaluable orientación y apoyo en la ejecución de este trabajo de grado. Su experiencia y compromiso han jugado un papel crucial en el triunfo de este proyecto.

Agradecemos al programa Nacional de Becas “Carlos Antonio López” (BECAL) por brindarnos la oportunidad de realizar este importante estudio de posgrado en el exterior. También, al Ministerio de Educación y Ciencias, y a la Universidad Nacional de Pilar, por su apoyo al crecimiento de la formación docente y su compromiso con la mejora continua.

Nicanor y Luis

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Introducción.....	1
Capítulo 1: Contexto Problemático.....	4
1.1 Contexto de origen, delimitación y formulación del problema	4
1.2 Objetivos	10
1.2.1 Objetivo General	10
1.2.2 Objetivos específicos	10
1.3 Justificación.....	11
Capítulo 2: Proceder Metodológico	13
2.1 Estudio histórico – crítico de fuentes primarias	13
2.2 Actividades experimentales desde un enfoque fenomenológico.....	14
2.3 Propuesta de aula	14
Capítulo 3: Estudio histórico – crítico de fuentes primarias.....	16
3.1 Joseph Black	18
3.2 Antoine Lavoisier y De Laplace	23
3.3 Michael Faraday	30
3.4 Conclusión general del estudio histórico-crítico	36
Capítulo 4: Actividad Experimental	37
4.1 Efectos del calor en la variación de la temperatura.....	39
4.2 Calor transferido vs Masa de agua evaporada.....	41
4.3 Cuantificación del calor latente de vaporización	47
Capítulo 5: Diseño de Propuesta de Aula	52
5.1 Descripción de la población	53
5.2 Descripción del contexto institucional	53
5.3 Condiciones institucionales, formas de trabajo y recursos disponibles.....	54

5.4 Estructura general de la propuesta de aula	56
5.5 Descripción de los elementos históricos y experimentales que configuran la propuesta de aula.	59
Capítulo 6: Reflexiones Finales.....	61
Referencias	66
ANEXOS	68
Taller N° 1: La temperatura.....	68
Taller N° 2: El calor y el Equilibrio térmico	71
Taller N° 3: EL calor específico.....	73
Taller N° 4: El calor latente	76
Taller N° 5: Cierre de la Unidad	80

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Efecto unidireccional del calor en el agua.	24
Imagen 2. Representación de la fusión de las capas de hielo, efecto direccional del calor	26
Imagen 3. Instrumento creado por Lavoisier y Laplace.....	28
Imagen 4. Experimento de fuerzas de cohesión de Faraday	33
Imagen 5. Materiales utilizados para el experimento.	40
Imagen 6. Sistema abierto del calorímetro.....	43
Imagen 7. Formación de burbujas sobre la resistencia eléctrica.....	44
Imagen 8. Distribución del calor transferido durante el calentamiento del agua.	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Calentamiento y ebullición del agua.....	40
Tabla 2. Relación temperatura y masa de agua vaporizada	43
Tabla 3. Datos masa de agua vaporizada durante la ebullición	46
Tabla 4. Calor total y calor latente por unidad de masa durante la ebullición del agua.	48
Tabla 5. Estructura general de la propuesta de aula.....	56

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Variación de la temperatura del agua	40
Gráfico 2. Relación temperatura frente a masa de agua vaporizada	43
Gráfico 3. Cantidad de masa de agua vaporizada en el punto de ebullición en relación con el tiempo.....	46
Gráfico 4. Relación entre el calor transferido en función al tiempo	49
Gráfico 5. Relación entre el calor transferido en Joules y la masa de agua vaporizada	49

INTRODUCCIÓN

El trabajo de grado de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales se presenta como un elemento central, ofreciendo un espacio para la reflexión crítica que integra las prácticas de enseñanza, la didáctica y el carácter experimental de las Ciencias. Este proceso enriquece la comprensión de un tema de interés en el área de las Ciencias Naturales desde el estudio disciplinar, pedagógico y didáctico. Así, se parte de unos intereses y preguntas iniciales que se buscan responder, fomentando la profundización disciplinar del docente y, por ende, la transformación de sus prácticas educativas.

En este sentido, durante nuestras prácticas de enseñanza de las Ciencias Naturales, hemos reconocido que a menudo se omiten elementos cruciales, abordando temas disciplinares de manera superficial, generalmente considerando solo aspectos conceptuales y sin la necesidad de recurrir al estudio experimental del fenómeno, lo que conlleva a una comprensión incompleta. Es por ello, que en este trabajo de grado nos proponemos profundizar en la comprensión del calor latente de vaporización durante la ebullición del agua, que está vinculado a las explicaciones sobre la transformación del agua de estado líquido a estado gaseoso. Utilizamos el agua frecuentemente para explicar los cambios de fase de la materia y reconocemos ante ello que, necesitamos profundizar en los elementos disciplinares que permiten explicar estos cambios y así mismo, modificar nuestras formas de enseñarlos, lo que conlleva a ampliar nuestro conocimiento pedagógico y didáctico.

Al respecto, la explicación del cambio de fase del agua en nuestras prácticas de enseñanza tiende a ser superficial, ya que generalmente se limita a abordarla desde lo conceptual, considerándola meramente como resultado de la influencia del calor para hacer que el agua pase de su estado líquido a gaseoso. Esta aproximación no suele cuestionar el por qué ni hacer observaciones detalladas del fenómeno que permitan establecer, por ejemplo, relaciones entre calor y temperatura o identificar los factores que pueden influir en el proceso. Esta enseñanza, enfocada en la transmisión teórica de conocimientos de manera unidireccional y basada en la memorización, sin una exploración práctica (experimental), puede no ser suficiente para desarrollar una

comprensión más profunda de los fenómenos. Como destacan Giordan y Vecchi (1995), es esencial crear situaciones científicas “molestas” para avanzar en la construcción del conocimiento. Proponen hechos experimentales no solo para comprobar teorías, sino para profundizar en el “qué” y el “por qué” de las cosas, provocando desequilibrios cognitivos que animen a superar la situación actual y buscar nuevas soluciones, nuevas formas de construir el conocimiento.

En este sentido, consideramos que la enseñanza de las Ciencias Naturales debe promover espacios más activos, participativos, fomentando la curiosidad y el pensamiento crítico en los estudiantes frente al estudio de los fenómenos naturales, enunciando preguntas, fortaleciendo las comprensiones y construyendo explicaciones y formas de hablar del fenómeno. Por lo tanto, es fundamental tener conciencia del fenómeno, reconociendo la interacción dinámica entre el sujeto observador y el objeto observado, donde la percepción y la conciencia se constituyen mutuamente (Malagón, Sandoval y Ayala, 2013).

Con lo expuesto, el trabajo de grado surge desde unos intereses iniciales y debilidades identificadas en nuestras prácticas de enseñanza, lo que nos lleva a plantearnos un objeto de estudio, considerando que su comprensión implica un ejercicio de reflexión y profundización disciplinar, que puede ser abordado desde una perspectiva fenomenológica apoyada de un estudio histórico – crítico, estableciendo de manera juiciosa un diálogo con los autores de las fuentes consultadas y sus experiencias, lo que nos lleva a plantearnos nuevas interrogantes que orientan la actividad experimental. Por lo tanto, la actividad experimental se aborda desde una perspectiva fenomenológica, permitiendo describir y organizar las cualidades de un fenómeno natural para ampliar las comprensiones de este. Esta perspectiva se apoya en el estudio de fuentes primarias, que se analizan desde nuestras inquietudes y en la propuesta de actividades experimentales, que permiten ampliar la experiencia, profundizar en las comprensiones y construir explicaciones del objeto de estudio.

Reflexionar sobre nuestra práctica docente, implica una profundización disciplinar y pedagógica que posibilita ofrecer nuevas propuestas de aula, como una unidad

didáctica que incluye tanto referentes conceptuales como pedagógicos. Esta propuesta, junto con actividades experimentales, pretende fomentar una comprensión más profunda y significativa del fenómeno, alejándose de una enseñanza que se limita a observaciones superficiales y memorización. En lugar de ello, promoverá habilidades científicas mediante la experimentación directa de los objetos de estudio.

El trabajo de grado se estructura en seis capítulos. En el primer capítulo se contextualiza la problemática, se planea la hipótesis y se establecen los objetivos a alcanzar. Todo esto surge a partir de ciertos intereses iniciales que se delimitaron hacia nuestro objeto de estudio mediante la formulación de preguntas orientadoras y el reconocimiento de debilidades en nuestra práctica docente. Este proceso se enriqueció mediante un trabajo colaborativo de socialización y debate con nuestros asesores.

En el segundo capítulo se detallan los elementos metodológicos a desarrollar en el trabajo de grado, resaltando las reflexiones hechas por los docentes frente al fenómeno de estudio. En el tercer capítulo se desarrolla una revisión histórica del fenómeno de estudio, analizando los aportes de Joseph Black, Michael Faraday, Antoine Lavoisier y Pierre-Simon Laplace. Dicho estudio histórico – crítico, posibilita formalizar y caracterizar el calor latente en el proceso de ebullición del agua, generando a la vez preguntas que orientan el siguiente capítulo experimental.

El cuarto capítulo se centra en las actividades experimentales, desarrolladas a partir de la revisión histórica y las reflexiones hechas por los autores del trabajo de grado, en el que se incluyen descripciones y análisis del proceder fenomenológico en función de diseñar una propuesta de aula para implementar a futuro en el contexto de la Educación Media Paraguaya, que se desarrolla en el quinto capítulo.

Por último, se presenta la sección de reflexiones finales del trabajo realizado, teniendo en cuenta nuestras comprensiones como protagonistas del proceso. Además, se incluyen recomendaciones y conclusiones en torno a los objetivos planteados en la problemática del documento.

CAPÍTULO 1: CONTEXTO PROBLEMÁTICO

En esta sección se exponen elementos claves en la construcción de este documento. Aquí se establece el contexto de la problemática a partir de preguntas orientadoras que configuraron la delimitación de la hipótesis, la cual surge del estudio de los problemas identificados en la práctica docente al tratar el fenómeno de estudio. Además, se delimitan los objetivos y la justificación del trabajo de grado.

1.1 Contexto de origen, delimitación y formulación del problema

En la práctica de la enseñanza, la función del docente trasciende la simple transmisión de información y suministro de herramientas. No basta con entregar sólo información; se debe incentivar a los estudiantes a utilizar activamente las herramientas proporcionadas para explorar, experimentar y construir su propio conocimiento de manera autónoma. En este sentido, no solo debe impartir conceptos, sino también impulsar el desarrollo de un pensamiento crítico y reflexivo en el estudio de los fenómenos naturales, fomentando de esta manera una perspectiva completa y dinámica de la ciencia. Por ello, es crucial que el docente tenga un profundo entendimiento y conocimiento de lo que está enseñando, siendo un profesional en su área.

En el contexto actual, la conjugación de la teoría y la práctica es esencial para la enseñanza de las ciencias naturales. Esta integración se complementa con un conocimiento histórico y epistemológico de la ciencia que se enseña, elementos sin los cuales la docencia de las Ciencias Naturales carecería de la profundidad requerida para un aprendizaje significativo y aplicable (Ruíz, 2007). Conscientes de esta necesidad, el presente trabajo de grado, inicialmente se enfocó en examinar la influencia de las propiedades fisicoquímicas del agua en el ciclo hidrológico, un tema central en el currículo de Ciencias Naturales y Salud del segundo año de educación media en Paraguay.

Hemos identificado que la enseñanza generalizada de este tema a menudo omite una distinción clara entre sus fases y se apoya excesivamente en la percepción sensorial para secuenciar los procesos, utilizando modelos didácticos estándares como por

ejemplo; imágenes del ciclo encontrados en los libros o páginas de internet que ilustran los cambios del agua sin abordar a profundidad los factores que influyen en sus cambios de estado, como la energía solar, la temperatura ambiental, la densidad del agua, el viento, la altitud, la presión atmosférica, la biota, entre otros. Esta tendencia a una enseñanza descriptiva se debe en parte a la complejidad inherente al estudio de estas dinámicas (Díaz, 2019).

Tras considerar la complejidad del tema, se decidió dejar atrás algunos intereses iniciales y se fue delimitando nuestro trabajo hacia un aspecto particular sobre el proceso de calentamiento y ebullición del agua. Las preguntas iniciales que surgieron para delimitar dicho tema fueron las siguientes: ¿Cómo se relaciona el calor con el proceso de calentamiento y ebullición del agua? ¿Qué relación existe entre el calor transferido y el cambio de temperatura? ¿Qué implica el comportamiento constante de la temperatura del agua durante el proceso de ebullición? Si se suministra más calor al sistema, ¿Cómo es posible que la temperatura del agua se mantenga constante?

A raíz de estas preguntas, nuestro interés se centró en profundizar y comprender mejor cómo la temperatura del agua se comporta de manera constante en su punto de ebullición. Consideramos este fenómeno particularmente intrigante porque, a pesar de la continua transferencia de calor, la temperatura no aumenta hasta que todo el líquido se ha transformado en vapor por completo. Por este motivo, enfocamos nuestro estudio al calor latente de vaporización, cantidad de energía requerida para que una masa de agua pase del estado líquido al estado gaseoso. Al hacerlo, buscamos comprender mejor el fenómeno de ebullición del agua, que a menudo no abordamos con la profundidad que merece en el ámbito educativo. Esta falta de atención en la enseñanza del calor latente fue otra de las razones que despertó nuestro interés en estudiarlo más a fondo.

De esta manera, buscamos responder la pregunta disciplinar que nos hemos planteado: ¿Cómo ampliamos las comprensiones sobre el fenómeno de ebullición del agua que integren los elementos conceptuales y experimentales del calor latente de vaporización? Creemos que este fenómeno merece una especial atención y un análisis profundo, ya que implica una compleja relación entre el calor suministrado y su efecto en

el cambio de estado del agua, de líquido a gas. En el ámbito educativo, según nuestra experiencia el agua suele ser el ejemplo primordial para explicar el cambio de estado de la materia, desde el nivel primario hasta la educación media y superior, incluyendo la formación docente.

En este sentido, como docentes del área de Ciencias Naturales, reconocemos ciertas debilidades a la hora de enseñar los cambios de estado de agregación de las sustancias. A menudo simplificamos este proceso, considerándolo meramente como resultado de la influencia del calor, ya sea solar o proveniente de una llama, para transformar el agua de su estado líquido a gaseoso. Sin embargo, no profundizamos en todos los aspectos que implican este fenómeno, como ser; las condiciones y variables que dan cuenta del mismo, ni proporcionamos un contexto histórico que amplíe la comprensión. Además, los textos académicos ofrecidos por el Ministerio de Educación y Ciencias del Paraguay, suelen ser limitados en conceptos¹ y procedimientos experimentales.

En este contexto, como docentes, a la hora de enseñar este tema recurrimos a relacionar el fenómeno con las percepciones sensoriales, como el tacto al sentir el cambio de temperatura y la visualización del vapor que se desprende al ambiente, sin utilizar instrumentos de medición como un termómetro. Los ejemplos didácticos más comunes utilizados para contextualizar dicho fenómeno incluyen cómo el agua se evapora al hervir en una cacerola sobre la estufa o la formación de vapor en mares, ríos y arroyos por efecto del calor de las radiaciones solares. Sin embargo, a menudo no profundizamos ni cuestionamos estas particularidades, como el porqué de esos efectos sobre el agua, las relaciones entre la cantidad de calor y los cambios de temperatura producidos, o por qué, en un momento dado, cuando el agua contenida en un recipiente está en ebullición, la temperatura se mantiene constante y su relación con el cambio de estado.

¹ Textos educativos que no ofrecen una explicación completa o profunda de dicho fenómeno, lo que lleva a una comprensión superficial.

Por eso, la comprensión del calor latente de vaporización se ve obstaculizada cuando la enseñanza se limita a proposiciones generalizadas sin una exploración práctica (experimental) que permita estudiarla más a fondo. En un proceso estático, donde se usan métodos tradicionales de enseñanza, como la explicación teórica y la memorización, sin incorporar propuestas que aprovechen un aprendizaje más activo, participativo y relevante, se plantea la pregunta: ¿Cómo nos afecta la superficialidad de nuestra enseñanza y qué implicaría profundizar en el objeto de estudio?

La falta de profundización en los contenidos disciplinares y la ausencia de actividades experimentales que posibiliten estudiar el fenómeno y comprender sus cualidades lleva a una enseñanza superficial del tema. Esto generaliza el proceso de la ebullición del agua sin ahondar en las condiciones y variables que la involucran, como el calor, la temperatura, el calor específico, el calor latente o el punto de ebullición. Además, la simple repetición o memorización de los contenidos ocasiona confusiones conceptuales, especialmente en el uso indistinto de los términos “calor” y “temperatura”, lo que provoca malentendidos que persisten hasta niveles educativos superiores.

Para abordar esto, consideramos esencial establecer distinciones claras entre los términos y abordar el fenómeno con un enfoque riguroso y detallado. Esto significa profundizar en los detalles y no solo cubrir los aspectos básicos, sino también explorar las complejidades y diferencias que pueden influir en su comprensión.

En la búsqueda de explicaciones, a menudo recurrimos a ejemplos cotidianos para conectar los conocimientos previos de los estudiantes con lo nuevo que se pretende enseñar. Sin embargo, esta aproximación puede ser superficial, ya que no siempre consideramos los elementos fundamentales que configuran el fenómeno de estudio. Esto puede limitar la construcción sólida y autónoma del conocimiento por parte del estudiante. Dado este contexto, nos surge una interrogante crucial: ¿Cómo transformar nuestras prácticas de enseñanza en torno al fenómeno de ebullición del agua para fomentar una comprensión más profunda y significativa?

En la práctica de la enseñanza de las Ciencias, existen diversas perspectivas pedagógicas que guían la enseñanza y la toma de decisiones del docente en el aula. Estas perspectivas presentan ventajas y limitaciones, por lo que resulta crucial que el docente los comprenda y los implemente de forma estratégica, ajustándose al entorno y a las demandas de sus alumnos, para promover un aprendizaje significativo. En la enseñanza de las ciencias, Malagón et al., (2013), propone el uso de las actividades experimentales en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva fenomenológica, buscando:

Propiciar en el aula la construcción de magnitudes y de sus formas de medida y de esta manera favorecerla comprensión y organización de una cierta fenomenología. Cuando se comienza a organizar el fenómeno y se empieza a identificar cualidades que le permiten hablar de ese fenómeno, esas cualidades y su organización o relación llevan a una formalización –que incluye entre otras cosas clasificaciones, relaciones de orden, mediciones de diversos tipos y la configuración de la representación del fenómeno analizado a partir de dichas actividades. (p, 5)

Según plantea los autores, el uso de actividades experimentales en el aula desde una perspectiva fenomenológica ayuda a los estudiantes a construir y formalizar su comprensión de los fenómenos naturales a través de la medición, clasificación y organización de sus observaciones. Esta forma de proceder enriquece la experiencia de aprendizaje y facilita una comprensión profunda y contextualizada de los fenómenos.

Asimismo, los autores Malagón et al., (2013), “considera que desde el punto de vista pedagógico, la actividad experimental es poco relevante cuando se la reduce a la verificación de relaciones conceptuales construidas en el campo de la ciencia” (p. 4). En este sentido, contrastando con nuestras prácticas de enseñanza en Paraguay, la actividad experimental se utiliza principalmente para corroborar teorías, sin tener en cuenta que su verdadero valor reside en su capacidad para fomentar la curiosidad, la exploración y una comprensión profunda en los estudiantes.

En consecuencia, es esencial integrar la actividad experimental desde un enfoque fenomenológico en el proceso educativo de las Ciencias Naturales para trascender las enseñanzas superficiales. La actividad experimental juega un papel crucial en el avance del conocimiento científico, destacando la relevancia de la reflexión epistemológica en la guía de la práctica pedagógica en la educación científica, como sostienen (Malagón et al., 2013).

Antes de llegar a consolidar nuestra hipótesis central del trabajo, hemos transitado por una serie de interrogantes que permitieron direccionarnos a nuestro objeto de estudio. Estas interrogantes nacen de las debilidades que hemos identificado en nuestra práctica docente al enseñar el fenómeno de la evaporación del agua como cambio de estado de la materia. Observamos que, a menudo, simplificamos el proceso y no profundizamos en los elementos fundamentales que lo configuran, como el calor latente, lo que limita la comprensión y la construcción autónoma del conocimiento por parte de los estudiantes. Esta reflexión crítica sobre nuestras prácticas nos llevó a cuestionarnos y a formular la siguiente tesis:

“El estudio histórico-crítico y fenomenológico sobre el calor latente, aporta elementos para ampliar las comprensiones en torno a la ebullición del agua”

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Construir y ampliar la experiencia sobre el fenómeno de ebullición del agua mediante un estudio histórico-crítico y fenomenológico del calor latente, para el diseño de una propuesta de aula dirigida al tercer curso de la educación media paraguaya.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar un análisis histórico y crítico de los elementos que caracterizan al calor latente de vaporización del agua, utilizando fuentes primarias de Joseph Black, Michael Faraday, Antoine Lavoisier y Pierre-Simón Laplace.
- Desarrollar actividades experimentales para ampliar la experiencia del docente en la comprensión del fenómeno de la ebullición del agua con relación al calor latente.
- Diseñar una unidad didáctica que vincule el calor latente en las comprensiones que alcanzan los estudiantes sobre el fenómeno de la ebullición del agua.

1.3 Justificación

La educación constituye un sistema complejo de relaciones, en el que el docente desempeña un papel activo y comprometido. Su función es facilitar las herramientas, los medios y el respaldo que los estudiantes necesitan para reorganizar y estructurar su aprendizaje de forma continua. En este marco, cobra importancia el concepto de colonización cognitiva, introducida por Arcá, Guidoni y Mazzoli (1990) en su obra titulada “El desarrollo del proceso cognitivo como tarea de la educación”. Este concepto se refiere a la adquisición activa y constructiva de conocimientos nuevos, a través de la exploración de distintos enfoques y perspectivas. En este proceso, el docente juega un rol crucial al establecer relaciones entre la experiencia previa del estudiante y los nuevos aprendizajes, fomentando la capacidad de adaptar y aplicar el conocimiento previo a nuevas situaciones y retos.

Por lo tanto, la educación, debe ser un proceso dinámico que posibilite a los individuos expandir y profundizar su entendimiento del mundo. En este contexto, el trabajo de grado de la maestría adquiere gran importancia, ya que se considera un espacio para identificar las debilidades en nuestra práctica docente en el área de Ciencias Naturales y reflexionar sobre ellas, a partir del estudio histórico-crítico de las fuentes primarias y la actividad experimental. Esto nos permitirá profundizar en los elementos disciplinares que forman parte de nuestra actividad docente y generar propuestas didácticas pertinentes para el estudio de los fenómenos naturales.

El cambio de fase del agua es un contenido disciplinar que se aborda desde la escolar básica hasta niveles universitarios, en torno a los procesos de transformación de los estados de la materia. Como docentes del área de ciencias naturales, consideramos crucial comprender los elementos conceptuales y prácticos en torno a la ebullición del agua, especialmente el calor latente, a través del estudio histórico-crítico y fenomenológico. Esta forma de proceder promueve una comprensión más profunda, a la vez que se enriquece el conocimiento disciplinar y la práctica docente, con propuestas de aula que transformen las prácticas de enseñanza de las ciencias naturales.

En este contexto, es importante resaltar que la comprensión de una fenomenología requiere organizar una serie de experiencias y observaciones deliberadas, lo que implica una descripción detallada del fenómeno. Esta descripción está integrada en la actividad experimental, la cual demanda una comprensión conceptual que acompañe la intervención y disposición experimental (Malagón et al., 2013).

Por esta razón, el documento pone énfasis en una serie de interrogantes que guían en un primer momento la delimitación de nuestro objeto de estudio del calor latente de vaporización del agua. Además, gracias a los aportes históricos, surgen nuevas interrogantes que direccionan y guían la actividad experimental, las cuales consideramos esenciales para ampliar la comprensión fenomenológica del presente trabajo de grado, de manera que se pueda organizar lo observado y describir las cualidades referentes al calor latente, con el fin de construir un discurso basado en nuestras comprensiones.

Por lo tanto, consideramos esencial analizar nuestro objeto de estudio desde una perspectiva fenomenológica para ampliar la comprensión del fenómeno. Esto implica tener en cuenta las experiencias sensibles, las fuentes teóricas y las actividades experimentales que nos permitan describir y organizar las cualidades del fenómeno, así como construir explicaciones al respecto. Además, estas representaciones facilitarán el diseño de una propuesta de aula para enseñar la evaporación del agua en el nivel medio de la Educación Media Paraguaya. Esperamos que esta propuesta contribuya al proceso de aprendizaje sobre los cambios de estado del agua, especialmente la evaporación, y permita evaluar de manera reflexiva su aplicación en Paraguay.

CAPÍTULO 2: PROCEDER METODOLÓGICO

Para el proceder metodológico del presente trabajo de grado se tuvo en cuenta tres momentos principales; el estudio histórico – crítico de fuentes primarias, el montaje experimental para la construcción de explicaciones desde un enfoque fenomenológico y el diseño de la propuesta de aula.

2.1 Estudio histórico – crítico de fuentes primarias

A partir de la contextualización y problematización de nuestro objeto de estudio, hemos identificado ciertos intereses y debilidades en el ejercicio docente, lo que nos ha llevado a plantear nuevas interrogantes y formular una hipótesis. Esto nos llevó a consultar fuentes primarias de Joseph Black, Michael Faraday, Antoine Lavoisier y Pierre-Simon Laplace, debido a que coincidían las preguntas que nos hacemos con sus contribuciones. Los experimentos y explicaciones que formularon son esenciales para entender los ejes conceptuales que estamos abordando en nuestro trabajo de grado.

El estudio de las fuentes primarias se realiza mediante un análisis histórico-crítico, ya que no nos enfocamos solo en los eventos históricos, sino que también ponemos en discusión los aportes, las actividades experimentales y las interpretaciones que estos autores llevaron a cabo, proporcionando una visión más amplia y reflexiva del fenómeno en estudio. La autora Ayala (2006) caracteriza los estudios histórico-críticos como un diálogo con los autores a través de sus escritos, con el objetivo de construir una nueva estructuración de los fenómenos abordados y ofrecer una nueva perspectiva que permita ver problemas antiguos con nuevos ojos.

Así también, Ayala (2006) destaca la historia como un recurso que puede ser abordada bajo diferentes propósitos para el trabajo del maestro en ciencias:

Examinar desde diferentes planos: desde el plano de la motivación y de la caracterización de la naturaleza del conocimiento científico; pasando por el plano del rescate de argumentos para mostrar la ciencia como una actividad donde juega la razón; al plano de estrategia didáctica, en la medida en que el establecimiento de paralelos entre el desarrollo científico y el desarrollo del

conocimiento individual permite derivar elementos para el diseño de actividades en el aula, tendientes ya sea a posibilitar la implementación del enfoque constructivista o a facilitar la comprensión y uso de un concepto, de una ley o de una teoría. (p. 3)

2.2 Actividades experimentales desde un enfoque fenomenológico

Basándonos en las reflexiones e interrogantes derivadas del análisis histórico-crítico de las fuentes primarias, desarrollamos una serie de actividades experimentales desde una perspectiva fenomenológica. En este sentido Malagón et al., (2013), hacen mención que un estudio fenomenológico organiza experiencias y observaciones detalladas del fenómeno, lo cual permite ampliar el conocimiento de manera significativa a partir de las comprensiones alcanzadas sobre el fenómeno en estudio.

De esta manera las actividades se realizaron en el laboratorio de Física de la Universidad Pedagógica Nacional con el objetivo de profundizar nuestras comprensiones. Además, contribuya a formular explicaciones que nos permitan reflexionar críticamente y cuestionar nuestras percepciones sobre el fenómeno.

En este sentido, las actividades experimentales abordadas desde un enfoque fenomenológico, no solo amplió nuestras comprensiones, sino que, además, promovió la discusión de nuevas formas de proceder y entender el fenómeno, alejándose de lo memorístico y de la teoría, organizando directamente los elementos en estudio y recogiendo datos, lo que facilitó considerablemente la interpretación y comprensión del objeto de estudio.

2.3 Propuesta de aula

La propuesta de aula, en el contexto de este trabajo de grado, surge a partir de una reflexión sobre las oportunidades que tenemos para mejorar nuestras prácticas educativas relacionadas con los conceptos de calor, temperatura, calor específico y calor latente. Diseñando una propuesta de aula como unidad didáctica que incluye tanto referentes conceptuales desde el ámbito disciplinar como pedagógico. Esta propuesta fomentará una comprensión más profunda y significativa del fenómeno en estudio, alejándose de una enseñanza que se limita a observaciones superficiales y la

memorización. En lugar de ello, se promoverá un aprendizaje más activo, participativo y relevante para los estudiantes.

El contexto institucional de la propuesta incluye a los estudiantes del 3° curso Nivel Medio del Colegio Nacional Dr. Víctor Natalicio Vasconsellos de la ciudad de San Juan Bautista Misiones – Paraguay. A través de esta propuesta, se busca que los estudiantes amplíen su experiencia básica frente al fenómeno mediante actividades experimentales que les permita pensar desde lo sensible, alejándose de la memorización con el fin de reflexionar y construir discursos o formas de hablar del fenómeno.

Basándonos en los aportes históricos de las fuentes primarias y en la actividad experimental, logramos establecer discusiones sobre el fenómeno, lo que nos permitió hablar sobre él con mayor profundidad. Esto facilitó considerablemente la interpretación y comprensión del fenómeno, proporcionando las herramientas para el diseño de una propuesta de aula.

CAPÍTULO 3: ESTUDIO HISTÓRICO – CRÍTICO DE FUENTES PRIMARIAS

En el contexto de nuestra práctica docente en Ciencias Naturales, generalmente hemos presentado la evaporación del agua como un proceso estático, limitado a la transición del estado líquido al gaseoso bajo la influencia del calor. Sin embargo, esta simplificación omite la exploración profunda de los elementos que caracterizan este cambio de estado, tal como lo es el calor latente. Dejando de lado variables importantes relacionadas a la acción del calor y dando lugar a comprensiones limitadas, desprovisto de un fundamento claro sobre dicho fenómeno, propiciando hasta confusiones entre los conceptos involucrados como el uso indistinto de términos como “calor” y “temperatura”.

Ante estas dificultades detectadas, reconocemos la necesidad de profundizar en nuestro objeto de estudio. Esto implica, en primer lugar, realizar un análisis histórico - crítico de las fuentes primarias para establecer un diálogo con los autores a través de los escritos analizados (Ayala, 2006, p. 12). Posteriormente, diseñar actividades experimentales que amplíen la comprensión del fenómeno, facilitando así la construcción de una concepción propia.

A raíz de ello, en este apartado nos basamos en las lecturas de varias fuentes primarias, incluyendo primeramente a Joseph Black (1803), quien realizó importantes aportes conceptuales y experimentales en su publicación del estudio del “calor específico, calor latente, del vapor y la vaporización”, fundamentales para comprender cómo el calor influye en el aumento de la temperatura del agua y su comportamiento en el punto de ebullición. En particular, el calor latente juega un papel crucial en el cambio de estado, ya que la temperatura del agua se mantiene constante mientras se produce la ebullición, a pesar de la continua adición de calor.

Otras de las fuentes analizadas es Antoine Lavoisier y De Laplace (1864) quienes en su trabajo “Memoria sobre el calor”, exponen una nueva forma de medir el calor mediante observaciones sobre sus efectos en la materia. Estos efectos incluyen la capacidad de expandir los cuerpos, transformarlos en fluidos y, finalmente, convertirlos en vapores. Estas observaciones les permitieron desarrollar instrumentos como el calorímetro de hielo para la medición del calor, la cual nos resulta interesante para

analizar y comprender estas ideas. Además, sus aportes incluyen el desarrollo de ecuaciones matemáticas que permiten una comprensión más precisa y cuantitativa de estos fenómenos.

Por último, vinculamos a nuestro estudio el trabajo de Michael Faraday (1860) sobre las fuerzas de cohesión. Aunque Faraday no se centró tanto en el estudio de la naturaleza del calor, sí nos ofrece explicaciones sobre cómo la materia está compuesta por partículas que se mantienen unidas explicando los diferentes estados. Esto es crucial para comprender los cambios de estado y cómo el calor afecta a estas partículas al disminuir las fuerzas de cohesión que las mantienen unidas. Este enfoque explica cómo el calor puede cambiar el estado de la materia, como cuando un sólido se convierte en líquido o gas al calentarse, debido a la pérdida de cohesión entre sus partículas. El enfoque corpuscular desarrollado por Michael Faraday es ampliamente utilizado por los docentes, ya que se encuentra en casi todos los materiales educativos para explicar y describir la composición de la materia. Además, se utiliza para enseñar conceptos de química, como las reacciones químicas y la estructura molecular.

Ante todo lo expuesto, para una revisión y construcción histórica de los aportes de estos autores sobre el estudio del calor y su relación con los cambios de estado, así como la revisión y comprensión de las actividades experimentales que llevaron a cabo, con el fin de formularnos una serie de preguntas pertinentes que fortalezcan las comprensiones del fenómeno de estudio y aporten a la estructuración que guía las actividades experimentales del siguiente capítulo y que apuestan por la modificación de las prácticas de enseñanza.

3.1 Joseph Black

La siguiente revisión de los aportes de Joseph Black, publicados después de su muerte en 1803 por Robison, que trata sobre sus explicaciones del calor específico y el calor latente extraído por Magie (1969), en su obra *A Source Book in Physics*, traducida por Malagón (s.f), proporcionando así los elementos fundamentales que orientan este análisis histórico y crítico de nuestro fenómeno de estudio.

Joseph Black en Magie (1969) como se cita en Malagón (s.f), hace una importante observación sobre el efecto del calor en los cuerpos:

Recordemos que antiguamente, y sin la ayuda de termómetros, podíamos percibir una tendencia del calor a difundirse el mismo de cualquier cuerpo más caliente a otro más frío hasta que se distribuía entre ambos, de tal forma que ninguno de los dos estaba en disposición de tomar más calor que el resto de los otros. El calor era así llevado a un estado de equilibrio; equilibrio que es en alguna forma curiosa. Nosotros encontramos que cuando todas las acciones mutuas terminaban, un termómetro aplicado a cualquiera de los cuerpos adquiriría el mismo grado de expansión, es decir, la temperatura de todos ellos era la misma y el equilibrio era universal. (p. 1)

Según la cita, Black asume que la transferencia de calor entre los cuerpos revela una tendencia unidireccional; del cuerpo más caliente al más frío y no al revés. Esto parece evidente si lo llevamos a la cotidianidad nos damos cuenta por ejemplo que, si tocamos un vaso de plástico frío, notamos que gradualmente se calienta al recibir calor de nuestra mano, hasta que la diferencia de temperatura ya no es perceptible. Frente a ello, se induce una idea de que al principio el cuerpo más caliente ejerce una acción sobre el cuerpo más frío y que poco a poco esta acción se reduce hasta que es igualada por el otro cuerpo. Black menciona sobre un estado de equilibrio, que se entiende como una interacción térmica entre dos cuerpos de diferentes temperaturas, al que denominó una acción mutua.

Según Black durante esta acción y reacción los cuerpos alcanzan una temperatura común, que puede ser determinada por medio de la expansión de la sustancia contenida

en el termómetro, medida en cualquiera de los objetos. Al respecto, considerando que para la época se utilizaba como método de medición de temperatura la dilatación, observando que, si dos cuerpos causan que un termómetro se expanda hasta la misma altura, se encuentran en equilibrio de calor proveniente de esa acción mutua. Esta constancia en la expansión indica que los cuerpos tienen la misma temperatura y que han llegado a un estado de equilibrio en el que la interacción térmica cesa.

Hasta aquí hemos abordado ideas producto de los análisis de los aportes de Joseph Black, que contribuyen significativamente a entender la transferencia de calor entre los cuerpos y el concepto de equilibrio térmico, descrito como una interacción mutua. Pero esta interacción de los cuerpos con el calor es interesante, si ponemos en cuestión ¿Cuánto calor se transfiere a los cuerpos para alcanzar una temperatura dada?

En este punto es donde entran en juego dos conceptos: la cantidad de energía que se transfiere y el cambio de temperatura que se produce. En este sentido, para adentrarnos en el tema, Joseph Black encontró un notable acuerdo con los experimentos del Dr. Martín, descritos en su “Essay on the Heating and Cooling of Bodies”. Estos experimentos demostraron que el mercurio se calienta y enfría más rápidamente que el agua cuando ambos son expuestos a la misma fuente de calor. Martín observó que, aunque el mercurio tiene una mayor densidad y peso, requiere menos calor para aumentar su temperatura en comparación con el agua. Estos hallazgos coincidieron con los principios establecidos por Joseph Black sobre la distribución de calor entre los cuerpos, que indican que diferentes sustancias requieren distintas cantidades de calor para cambiar su temperatura. A partir de ello, Black en Magie (1969), como se cita en Malagón (s.f), propone imaginar lo siguiente:

Si nosotros tenemos miles de masas de materia, del mismo tamaño y forma, pero de diferentes materiales, y los colocamos todos en la misma habitación hasta que alcancen la misma temperatura, y si introducimos en el cuarto una gran masa de hierro al rojo vivo; el calor que se comunica entre todos los diferentes cuerpos al mismo tiempo puede ser suficiente para elevar la temperatura de todos ellos en 20°, digamos. El calor así comunicado del hierro, aunque produce el mismo efecto

en todos, es decir eleva su temperatura en 20° , no es sin embargo igualmente repartido o distribuido entre ellos. (p. 4)

Según lo planteado por Black, revela una interacción térmica entre los distintos cuerpos que lleva a un equilibrio de temperatura entre todos, pero en el que resalta que el calor no se distribuye de manera uniforme a pesar de que los cuerpos sean del mismo tamaño y forma. Esto nos lleva a entender que cada cuerpo tiene una propiedad específica que le permite absorber una cantidad de calor por una cantidad de masa dada para elevar su temperatura a 20 grados e igualar con los demás. Este principio se relaciona con las ideas que concluye Black en Magie (1969), como se cita en Malagón (s.f) sobre el calor específico, en el que asume “que diferentes cuerpos, aunque ellos sean del mismo tamaño o tengan el mismo peso, cuando son reducidos a la misma temperatura o grado de calor, cualquiera que sea este, deben contener muy diferentes cantidades de materia del calor”.

Históricamente, se creía que la cantidad de calor que un cuerpo podía absorber para incrementar su temperatura en un número determinado de grados era proporcional a su densidad (Black en Magie, 1969, como se cita en Malagón (s.f)). Sin embargo, las experimentaciones de Black refutaron esta teoría, demostrando que existe una relación directa entre la cantidad de calor absorbido por un cuerpo y el aumento de temperatura, estableciendo así el calor como una magnitud extensiva, es decir, que depende de la cantidad de masa y de la cantidad de calor que puede almacenar ese cuerpo; en contraste, la temperatura es una magnitud intensiva que no varía con la cantidad de masa. Para ejemplificar esto, imaginemos dos barras de hierro a la misma temperatura de 20°C : una grande y otra pequeña. Aunque ambas tengan la misma temperatura, a la barra más grande se le habrá transferido más calor debido a su mayor masa de hierro. No obstante, la temperatura, permanecerá en 20°C para ambas barras, independientemente de su tamaño.

En este orden de ideas, vemos que en la dinámica de interacción térmica entre los cuerpos se produce una transferencia de energía en forma de calor, del cuerpo más caliente al más frío. Esta transferencia es unidireccional y depende de las propiedades específicas de cada material, que determinan la cantidad de calor necesaria para elevar

su temperatura al mismo número de grados y que puede ser fácilmente medida por un termómetro. No obstante, al profundizar en nuestro estudio y revisar los aportes de Joseph Black, se destaca un tipo de calor que, en contraste con el específico descrito, no induce expansión ni cambio térmico y una transferencia de calor que no puede medirse mediante el termómetro.

Al respecto, para entender mejor este fenómeno, recurrimos a las observaciones de Black sobre la fusión del hielo, donde señala “cuando el hielo o cualquier otra sustancia sólida se vuelve fluida por la acción del calor, soy de opinión de que recibe una cantidad del mismo en cantidad mucho más grande que la que es inmediatamente perceptible por el termómetro” (Black en Magie, 1969, como se cita en Malagón (s.f)).

La observación realizada por Black es sumamente interesante, ya que revela que, durante la transición del agua de su estado sólido a líquido, ocurre una transferencia de calor que no se registra en el termómetro. Black señala que la cantidad de calor involucrada es considerablemente grande y resulta en la fluidez del agua, aunque no se manifiesta como un aumento en la temperatura. El tipo de calor aquí descrito no produce dilatación en un termómetro, pero si produce otro efecto que además solo es visualizado por el efecto de la transferencia de calor; el cambio de estado.

En este sentido, Black no limitó su estudio únicamente en la fusión del hielo; también examinó la congelación del agua. Observó que, al igual que en la fusión, donde se absorbe calor sin un cambio detectable en el termómetro, durante la congelación se libera una cantidad significativa de calor para que el agua pase de líquido a sólido. Sin embargo, esta liberación de calor no se traduce en una disminución de la temperatura observable en el termómetro, manteniéndose constante a pesar de la pérdida de calor. Black en Magie (1969), como se cita en Malagón (s.f) destaca este fenómeno al señalar:

Por otra parte, cuando privamos a dicho cuerpo de su fluidez mediante una disminución de calor, una gran cantidad de calor sale del cuerpo mientras éste va asumiendo la forma sólida. La pérdida de este calor no será percibida mediante el uso común del termómetro. (p. 5)

De manera similar, Black estudió el proceso de ebullición, donde observó que, al transferir calor al agua a su punto de ebullición, la temperatura no aumenta uniformemente; se mantiene constante hasta que toda el agua se ha convertido en vapor.

Los hallazgos realizados por Black mediante sus observaciones revelan un fenómeno térmico notable: identificó un tipo de interacción térmica que no se manifiesta en un cambio de temperatura medible. Incluso con la transferencia constante de calor hacia el sistema, la temperatura se mantiene invariable en los puntos de fusión y ebullición del agua, donde se produce un cambio de fase evidente. De manera similar, este fenómeno se observa durante la condensación del agua, donde, en lugar de absorber calor, se libera energía térmica durante la transición de fase.

Esto le llevó a Black a introducir la idea de calor latente para explicar el calor involucrado en los cambios de fase que no se manifiesta en un cambio de temperatura observable que no es detectable por un termómetro, sino que incide en la transición de estado.

El análisis histórico crítico que se ha hecho hasta aquí y los aportes de Joseph Black son fundamentales para profundizar en los procesos que involucran el fenómeno de la ebullición del agua y también propicia el planteamiento de ciertas interrogantes, como:

¿Cómo se puede cuantificar el calor transferido en el cambio de estado que ocurre en la ebullición del agua? ¿Por qué solo una parte del agua se evapora instantáneamente al alcanzar su punto de ebullición y no la totalidad?

3.2 Antoine Lavoisier y De Laplace

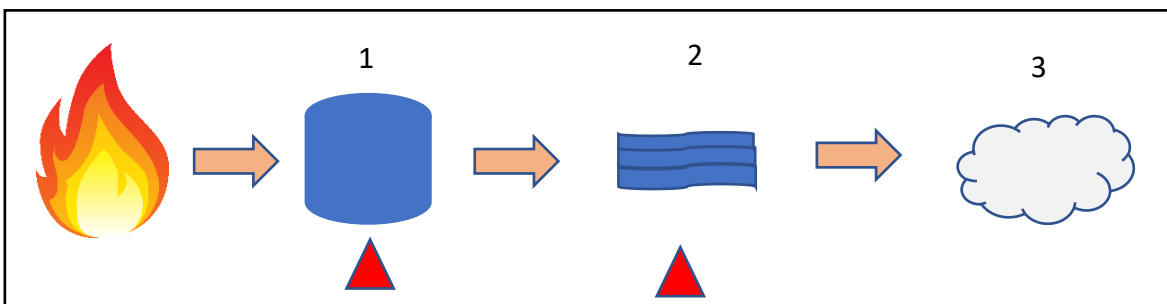
En este apartado del documento, tomamos en cuenta la lectura “Memoria sobre el calor” de Lavoisier y De Laplace, desarrollada a finales del siglo XVIII. No solo analizaremos los resultados de sus experimentos pioneros, sino también sus ideas sobre el calor y la construcción de instrumentos de medida. Estos aportes nos permitirán establecer vínculos entre nuestras preguntas y las que formularon Lavoisier y Laplace sobre los cambios de estado, revisando las conclusiones a las que llegaron. Por lo tanto, consideraremos algunos elementos históricos que nos permitirán profundizar en la comprensión del fenómeno en estudio. Además, estos elementos servirán como base para nuevos cuestionamientos que guiarán las actividades experimentales.

Empezamos explorando las observaciones realizadas por los autores sobre la causa del calor en los cuerpos, fenómeno que describen como “susceptible de acrecentamiento y de disminución”. En otras palabras, aluden a la dilatación y contracción que experimentan los cuerpos como resultado de la absorción y liberación de calor, respectivamente. Y que, la relación de causa (calor transferido o liberado) y efecto (expansión o contracción térmica) puede ser cuantificada mediante instrumentos diseñados para medir la expansión térmica resultante. Es así como mencionan Lavoisier y Laplace en 1864, traducido por Huste (1943), “Partiendo de esta observación en general: que un calor más o menos grande hace variar sensiblemente el volumen de los cuerpos, y principalmente el de los fluidos, se ha construido instrumentos aptos para determinar estos cambios de volumen” (Lavoisier y Laplace, 1864/1943, p. 18).

Según los autores, un cuerpo experimenta una variación de volumen al absorber o liberar una cantidad significativa de calor, un fenómeno perceptible tanto sensorialmente como a través de la medición. Los fluidos, que incluyen tanto líquidos como gases, son particularmente susceptibles a estos cambios. Lavoisier y Laplace destacaron que “en la ignorancia en que nos encontramos sobre la naturaleza del calor, no nos queda sino observar detenidamente sus efectos, de los cuales los más importantes consisten en dilatar los cuerpos, hacerlos fluidos y convertirlos en vapores” (Lavoisier y Laplace, 1864/1943, pp. 21-22).

Basándonos en el análisis previo, es crucial resaltar la observación de Lavoisier y Laplace sobre el efecto del calor en los cuerpos. Los autores identificaron que el calor tiene la capacidad de expandir los cuerpos, transformarlos en fluidos y, finalmente, convertirlos en vapores. Este fenómeno se observa claramente en el agua (imagen 2): al estar expuesta a una fuente de calor, se transfiere una cantidad de calor que incide en el estado de sólido (hielo (1)) cambiando el estado a líquido (agua (2)) y con la transfencia de más calor ocurre un cambio al estado gas (vapor (3)). Durante este proceso, el agua no solo experimenta una expansión térmica que puede ser medible por medio de un termómetro, sino también transiciones de estado.

Imagen 1. Efecto unidireccional del calor en el agua



Fuente: Elaboración propia.

En este sentido, los autores ponen en juego sus observaciones y experiencias sobre los cambios de estado del agua, mediante el cual afirman la naturaleza del calor en forma general que “Todas las variaciones de calor sean reales o aparentes, que sufre un sistema de cuerpo, cambiando de estado, se reproducen en un orden inverso, cuando el sistema retorna a su primer estado” (Lavoisier y Laplace, 1864/1943, p. 21).

Los autores distinguen entre los efectos reales y aparentes del calor en los cuerpos. Los efectos reales son aquellos cambios en la temperatura que podemos observar y medir directamente con un termómetro. Por otro lado, los efectos aparentes se refieren al cambio de estado en los cuerpos en donde no se refleja en un cambio de temperatura medible. Poniendo como ejemplo, el calor que “desaparece” cuando el agua se funde, pasando de sólido a líquido, o se evapora, de líquido a vapor. Este calor no se pierde, sino que “reaparece” cuando el agua se congela, retornando de líquido a sólido, o se condensa, de vapor a líquido.

A raíz de estas observaciones, los autores han cuestionado cómo determinar esta absorción y liberación de calor en los cuerpos y su relación con las transiciones de estado, las cuales no se puede medir con los métodos tradicionales. Es por ello, que han ideado un método de llevar a cabo la experiencia y validar su hipótesis referente al fenómeno.

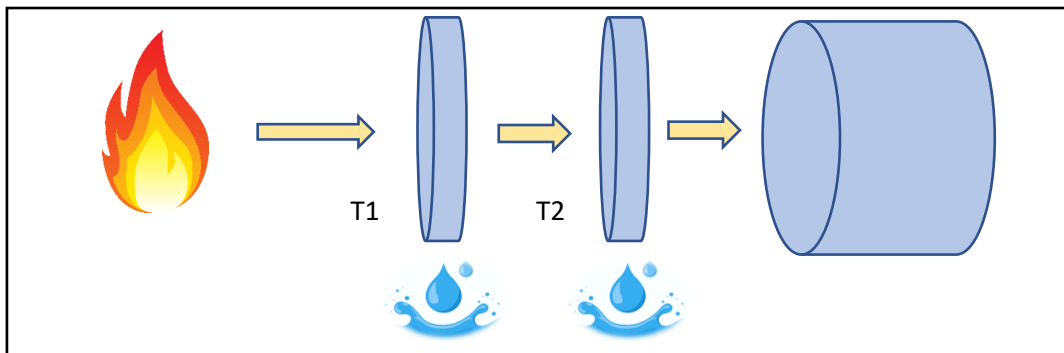
En este sentido, para una mejor comprensión del método, Lavoisier y Laplace (1864/1943) describen:

Si se transporta una masa de hielo, enfriado a un grado cualquiera, a una atmosfera cuya temperatura esté por debajo de cero del termómetro, todas sus partes sufrirán la acción del calor de la atmósfera, hasta que su temperatura haya llegado a cero. En este último estado, el calor de la atmósfera se detendrá en la superficie del hielo, sin poder penetrar en el interior; será empleada únicamente en fundir una primera capa de hielo que la absorberá, resolviéndose en agua; un termómetro colocado en esta capa se mantendrá en el mismo grado y el único efecto sensible del calor será el cambio de hielo en fluido. Enseguida el hielo recibirá un nuevo grado de calor, una nueva capa se fundirá y absorberá así todo el calor que le será suministrado; en virtud de esta fusión continua del hielo, todos los puntos anteriores de su masa se presentarán sucesivamente en la superficie, y no es sino en esta posición que comenzarán a sufrir nuevamente la acción del calor de los cuerpos adyacentes. (p. 25)

La idea presentada por los autores en el párrafo anterior es bastante interesante, ya que sugiere que el hielo no se funde completamente al transferirle calor, sino que se funde por capas. Según los autores, observaron que el hielo se funde por capas, indicando una dirección del calor desde el exterior hacia el interior. Esto se debe a que el calor se transfiere desde el entorno más cálido hacia el hielo más frío, causando que las capas externas se fundan primero. Así como se observa en la imagen 3, la llama representa la fuente de calor que se transfiere a una primera capa de hielo transformándola en agua líquida (tiempo (t_1)) para luego afectar a la siguiente capa (tiempo 2 (t_2)) y así sucesivamente, hasta fundir toda la masa de hielo. Esto nos permite inferir una direccionalidad del calor desde la fuente hacia el hielo, aunque no

necesariamente como una sustancia, sino como una transferencia de energía de manera paulatina que va penetrando y ocasionando efectos en el hielo.

Imagen 2. Representación de la fusión de las capas de hielo, efecto direccional del calor.



Fuente: Elaboración propia.

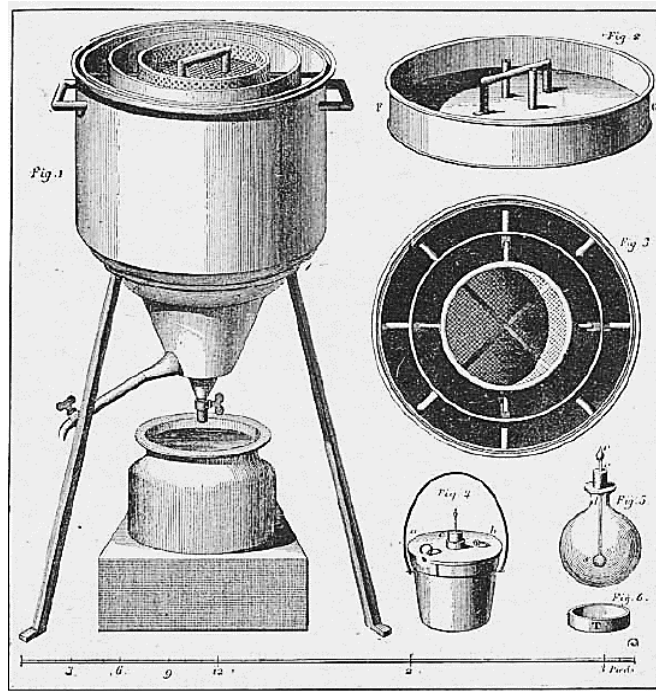
Lavoisier y Laplace (1864/1943), basándose en su experiencias y conocimiento sobre los efectos del calor, diseñaron un instrumento capaz de medir la cantidad de calor transferido por un cuerpo al fundir hielo, este instrumento se conoce como el calorímetro de hielo. El principio fundamental detrás de este instrumento es que la cantidad de hielo fundido es proporcional al calor liberado por el cuerpo. Para asegurar la precisión de la medición, el instrumento está diseñado para evitar la transferencia de calor desde el exterior hacia el interior y viceversa. Esto garantiza que cualquier cambio en el estado del hielo se deba únicamente al calor liberado por el cuerpo colocado en su interior. El calor del cuerpo se transfiere al hielo, fundiéndolo en capas sucesivas hasta que la temperatura del cuerpo alcanza 0°C . El agua resultante de la fusión del hielo se recoge y se calcula su masa, indicando la cantidad de calor liberado.

Seguidamente, se describe las partes y el funcionamiento del calorímetro de hielo (ver imagen 4):

La figura 1 de la plancha primera representa esta máquina vista en perspectiva; la figura 3 representa su corte horizontal; el corte vertical, representando en la plancha II, fig. 1, muestra su interior. Su capacidad está dividida en tres partes para mejor entendimiento, las distinguiremos con los nombres “capacidad interior”, “capacidad media” y “capacidad exterior”. La capacidad interior *ffff* (fig. 1 y 3), plancha II, está formada por un enrejado (grillage en el original) de alambre de

hierro sostenido por algunos montantes del mismo metal; es en esta capacidad que se colocan los cuerpos sostenidos a la experiencia; su parte *LM* se cierra por medio de la tapa *HG* representada separadamente (plancha II, fig. 2), está enteramente abierta por arriba, y la parte inferior está formada por enejado de alambre de hierro. La capacidad media *bbbb* (fig. 1, plancha II), está destinada a contener el hielo que debe rodear la capacidad interior, y que debe fundir el calor del cuerpo puesto en experiencia; este hielo está sometido y retenido por un enrenaje *mm*, bajo el cual hay un tamiz *nn*; uno y otro están representados separadamente (plancha II, fig. 4 y 5). A medida que el hielo es fundido por el calor del cuerpo colocado en la capacidad interior, el agua corre a través del enejado y del tamiz; cae luego a lo largo del cono *ccd* (plancha II, fig. 1) y el tubo *xy*, y se recoge en el vaso *P* colocado debajo de la maquina; *k* es un robinete por medio del cual se puede detener a voluntad el escurrimiento del agua interior. Finalmente, la capacidad exterior *aaaaa* está destinada a recibir el hielo que debe anular el afecto del calor del aire exterior y el de los cuerpos vecinos; el agua del calor que produce la fusión de este hielo corre a lo largo del tubo *ST*, que se puede abrir por la tapa *FG* (plancha I, fig. 2) enteramente abierta por su parte superior y cierra en su parte inferior. (Lavoisier y Laplace, 1864/1943, p. 30)

Imagen 3. Instrumento creado por Lavoisier y Laplace.



Fuente: CHEMIA, 1943.

Lavoisier y Laplace (1864/1943) asumen una relación directa: una mayor cantidad de hielo fundido indica una mayor cantidad de calor liberado.

Imagínese en una atmosfera cuya temperatura esté por debajo de cero, una esfera hueca de hielo a la temperatura de cero grados, en cuyo interior se coloca un cuerpo calentado a un grado cualquiera; de lo que hemos dicho anteriormente se deduce que el calor exterior no penetrará en la cavidad de la esfera y que el calor del cuerpo no pasará al exterior, y se detendrá en la superficie interior de la cavidad, la cual se fundirá continuamente por capas sucesivas, hasta que la temperatura del cuerpo haya llegado a cero; no hay por qué alegar que la fusión del hielo interior se deba a otras causas que al calor perdido por el cuerpo, puesto que este hielo es una garantía contra la acción del todo calor exterior dado el espesor que la separa de la atmosfera, y por la misma razón, se debe tener por seguro que todo el calor del cuerpo es detenido, al disiparse, por el hielo interior, y empleado únicamente en fundirlo. De ahí resulta que, si se recoge con cuidado el agua encerrada en la cavidad de la esfera, cuando la temperatura del cuerpo

haya llegado a cero, su peso será exactamente proporcional al calor perdido por el cuerpo a pasar de su temperatura primitiva a la del hielo fundente; puesto que está claro que una doble cantidad de calor debe fundir dos veces más hielo, de manera que la cantidad de hielo fundido es una medida muy exacta del calor empleado en producir tal efecto. (Lavoisier & Laplace, 1864/1943, pp. 25-26)

En ese sentido, el calorímetro permite medir el calor liberado por un cuerpo al determinar la cantidad de masa de hielo que se funde. Además, dado que el hielo se funde por capas, se requiere una cantidad específica de calor para que el hielo pase del estado sólido al líquido. Este método proporciona una medida del calor transferido, demostrando la equivalencia entre la masa del hielo fundido y el calor liberado por el cuerpo.

3.3 Michael Faraday

Físico y químico británico Michael Faraday, en el libro titulado: *Las fuerzas de la materia*, expone su análisis experimental sobre la naturaleza de los cambios de estado de la materia, explicando para ello utiliza un modelo corpuscular en la que explica que la materia está compuesta por partículas que se mantienen unidas gracias a la fuerza de cohesión y cómo estas partículas se comportan cuando son afectadas por el calor, lo que nos permite comprender el comportamiento de la materia durante los cambios de fase. Estos análisis son fundamentales para entender los procesos que intervienen en la ebullición del agua, que es nuestro interés de estudio. Partiendo de sus experimentos, describe lo que sucede con el alumbre en polvo en agua caliente y luego presenta sus análisis experimentales realizados con hielo y agua. En ese sentido, Michael Faraday (1860) menciona:

He aquí uno de los recipientes utilizados en dicha oportunidad. Nadie lo ha tocado desde entonces, pero encontrarán, al examinarlo, que ya no contiene trazas de polvo, sino una cantidad de hermosos cristales. También vemos los pedazos de coque que coloqué en el otro recipiente, rodeados de un bello conjunto de cristales. Dejaré ese otro recipiente tal como está. No le sacaré el agua que contiene, porque les permitirá ver que las partículas de alumbre han hecho algo más que unirse y cristalizarse. Se han desprendido de las trazas de impurezas que tenían, dejándolas alrededor del borde exterior de los cristales inferiores, como si las hubieran expulsado por efecto de la fuerte atracción de las partículas de alumbre entre sí. (p. 58, traducción Sandoval y Aldana, comunicación personal, febrero de 2024)

Faraday da una breve semblanza sobre los experimentos que ha realizado y proporciona indicios sobre las fuerzas de atracción que existen entre ciertas partículas para la formación de otras sustancias, mientras que otras partículas quedan separadas uniéndose entre ellas mismas formando otras sustancias. Del mismo modo introduce el término partículas en los cuerpos sólidos que se atraen entre sí, también menciona cómo el calor puede superar esta atracción, causando que las sustancias se derritan, se vuelvan líquidas y éstas en vapor. Faraday aborda la idea de que la materia está

compuesta por partículas que interactúan entre sí a través de diversas fuerzas, lo cual es un concepto fundamental de la teoría corpuscular.

En este sentido, la idea de que la materia está compuesta por partículas, como moléculas, introduce un modelo corpuscular. Este modelo, sugiere que todas las sustancias están formadas por pequeñas partículas en constante movimiento. Faraday, a través de sus experimentos y observaciones, contribuyó significativamente a la comprensión de la materia a nivel molecular.

En las aulas, desarrollamos y utilizamos modelos corpusculares para explicar los cambios de fase de la materia. Por ejemplo, al enseñar la evaporación del agua, utilizamos el modelo corpuscular para ilustrar cómo las moléculas de agua en estado líquido ganan energía térmica y se separan, pasando al estado gaseoso.

En este sentido, Faraday (1860) muestra cómo el alumbre en polvo se transforma en cristales cuando se disuelve en agua caliente, y cómo este proceso no solo involucra la unión de las partículas de alumbre entre sí, sino también la expulsión de las impurezas presentes en el alumbre, en el que se menciona:

Nosotros también, para disminuir esta fuerza de atracción entre las partículas de hielo, hicimos uso de esa fuerza llamada calor: quiero que comprendan ahora que cuando el agua pasa del estado sólido al líquido es debido siempre a la acción del calor, aunque derrita el hielo utilizando otros procedimientos, no puedo prescindir del calor. Tenemos, en efecto, medios para derretir el hielo sin recurrir exclusivamente a la acción del calor, es decir, sin que éste sea la causa directa. Como ilustración supongan que con este pedazo de hojalata confeccioné un recipiente (doblando la hoja de estaño hasta formar un platillo). He elegido una sustancia metálica porque quiero que el calor la atraviese de inmediato. Verteré un poco de agua en esta tabla, sobre la cual colocaré el nuevo recipiente. Si ahora pongo un poco de hielo en el platillo y lo licúo, por cualquiera de los métodos de que disponemos, deberá obtener la cantidad de calor que necesita para tal transformación de alguna fuente, y en este caso lo tomará del recipiente, del agua que está debajo y de las demás cosas que le rodean. La adición de un poco de

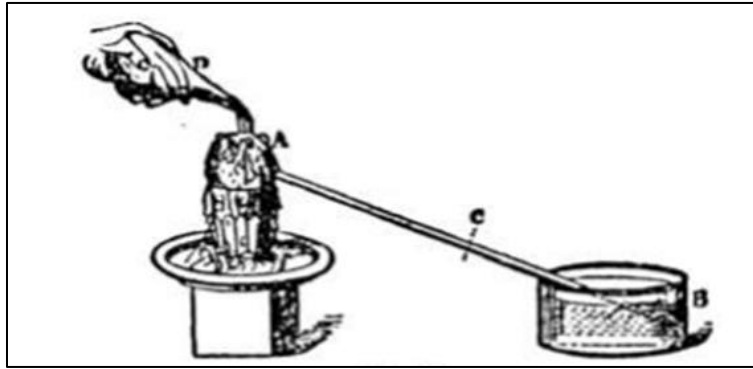
sal al hielo tiene la facultad de derretirlo, y muy pronto veremos que la mezcla se licúa y que después el agua que está debajo se congela, pues se ha visto obligada a entregar el calor que era necesario para que el hielo permaneciera en estado líquido. Todo porque la sal tiene la facultad de disminuir la atracción entre las partículas de hielo. (p. 62 traducción Sandoval y Aldana, comunicación personal, febrero de 2024)

En este apartado Faraday nos brinda explicaciones sobre la atracción entre partículas de cuerpo sólidos y cómo este comportamiento previo nos permite entender cómo se cristalizan ciertas sustancias. Luego nos lleva gradualmente a entender cómo podemos romper las fuerzas de cohesión que unen a las partículas de manera intencionada haciendo uso del calor, y, además, cómo esta acción puede ayudarnos en la comprensión de ciertos fenómenos naturales que ocurren a diario en el ambiente. También esta acción lleva a entender cómo el aumento de la temperatura puede cambiar el estado de la materia, pasando de sólido a líquido y luego a gas.

Faraday utiliza ejemplos cotidianos, como la observación del hielo en diferentes condiciones climáticas, para ilustrar cómo el cambio de temperatura puede afectar el estado de la materia. También menciona cómo la adición de sal al hielo puede acelerar su derretimiento, mostrando cómo otros factores además del calor pueden influir en estos cambios de estado.

Este experimento no puede por menos de fijar en sus mentes el hecho de que siempre que un cuerpo sólido pierde algo de esa fuerza de atracción por medio de la cual permanece sólido, hay absorción de calor: si, por otra parte, convertimos un líquido en un sólido, por ejemplo, agua en hielo, se desprende una cantidad correspondiente de calor. Conozco un experimento que demuestra este aserto. Aquí (Fig. 21) hay una ampolla A. Llena de aire, de la cual sale un tubo que está sumergido en el líquido coloreado del recipiente B. Ustedes sabrán que, si con mi mano caliente la ampolla A, el líquido coloreado que se encuentra ahora en el tubo C avanzará. (p, 64 traducción Sandoval y Aldana, comunicación personal, febrero de 2024)

Imagen 4. Experimento de fuerzas de cohesión de Faraday.



Fuente: (Faraday, 1869)

En este experimento Faraday da muestras de cómo el calor afecta a los cambios de estado de la materia. Para el mismo utiliza una ampolla (llamada A) llena de aire conectada a un tubo que está sumergido en un líquido coloreado en un recipiente (llamado B). Cuando se calienta la ampolla A con la mano, el líquido coloreado dentro del tubo C avanza. Este avance del líquido coloreado en el tubo C ocurre porque el calor aplicado a la ampolla A hace que el aire dentro de la ampolla se expanda y aumente su presión. Esta presión aumentada empuja el líquido coloreado hacia arriba por el tubo. Este fenómeno demuestra que cuando un cuerpo sólido pierde la fuerza de atracción que lo mantiene sólido (por ejemplo, cuando se calienta), absorbe calor. Por otro lado, cuando un líquido se convierte en sólido (como cuando el agua se convierte en hielo), se libera calor.

Ustedes han visto que el agua sólida se licúa por la acción del calor, pues éste disminuye la fuerza de atracción entre las partículas; sin embargo, queda aún una buena cantidad de fuerza de atracción, sigamos otro paso más adelante. Vimos que al aplicar más calor al agua —como en efecto ocurrió con nuestro pedazo de hielo—, llegábamos a romper esta atracción que mantiene a los líquidos unidos. Elegiré ahora otro de éstos —cualquier líquido nos servirá, pero el éter nos dará mejores resultados— para ilustrar lo que acontece cuando se rompe esta cohesión. Ahora bien: este éter líquido al ser expuesto a una temperatura muy baja se convierte en un sólido: pero si le aplicamos calor, se transforma en gas: quiero mostrarles el inmenso volumen relativo que ocupa dicha substancia en esta nueva condición. Cuando convertimos hielo en agua, disminuimos su volumen, pero al convertir agua en vapor lo aumentamos. Es evidente que mientras aplico

calor al líquido, disminuye su atracción de cohesión. Ahora hierve; encenderé el vapor para que ustedes puedan juzgar por el tamaño de la llama cuál es el espacio ocupado por el éter cuando asume esta forma. Vean qué gran volumen ocupa la llama proveniente de esa pequeña cantidad de éter situado debajo de ella. El calor de la lámpara de alcohol se utiliza no para calentar el éter, sino para convertirlo en vapor. Si deseara ahora recuperar este vapor y condensarlo —lo que podría hacer sin mucha dificultad—, tendría que proceder lo mismo que si quisiera convertir vapor en agua o agua en hielo; en cualquier caso, sería necesario aumentar la atracción de las partículas por la aplicación de frío o por otro medio. (p. 69 traducción Sandoval y Aldana, comunicación personal, febrero de 2024)

Faraday (1860) comienza explicando cómo el calor disminuye la fuerza de atracción entre las partículas en el agua sólida, lo que la convierte en líquido. Luego, menciona cómo aplicar más calor al líquido rompe la cohesión entre sus partículas, convirtiéndolo en gas. Destaca que el gas ocupa un volumen mucho mayor que el líquido o el sólido, lo que se puede ver claramente al encender el vapor de éter y observar la gran llama que produce.

El autor menciona que el calor de la lámpara de alcohol se utiliza para convertir el éter en vapor, no para calentarlo. Si se quisiera volver a convertir el vapor en líquido, se necesitaría aplicar frío o utilizar otro método para aumentar la atracción entre las partículas, similar al proceso de convertir el vapor en agua o el agua en hielo.

Luego del análisis de las experiencias realizadas por Faraday, hemos comprendido que las fuerzas de cohesión se refieren a la atracción entre las moléculas de una sustancia que mantienen unidas las partículas en un estado particular de la materia, ya sea sólido, líquido o gaseoso. Por otro lado, conociendo el concepto introducido por otros autores, el calor latente es la cantidad de calor necesaria para cambiar el estado de la materia sin cambiar su temperatura. Podemos mencionar que, estos dos conceptos están relacionados, porque el calor latente está asociado con los cambios de estado de la materia, como la fusión (cambio de sólido a líquido) y la vaporización (cambio de líquido a gas), donde las fuerzas de cohesión juegan un papel crucial.

Cuando se transfiere calor a una sustancia sólida, como el hielo, las partículas comienzan a vibrar más intensamente, lo que debilita las fuerzas de cohesión entre ellas. A medida que se transfiere más calor, estas fuerzas de cohesión se rompen por completo y las moléculas se deslizan unas sobre otras, lo que resulta en el cambio de estado de sólido a líquido. La cantidad de calor necesaria para este proceso es el calor latente de fusión.

Del mismo modo, cuando se transfiere calor a un líquido, como el agua, las moléculas comienzan a moverse con mayor energía, lo que debilita aún más las fuerzas de cohesión entre ellas. A medida que se sigue suministrando calor, las fuerzas de cohesión se rompen completamente y las moléculas se dispersan en forma de vapor, lo que representa el cambio de estado de líquido a gas. La cantidad de calor necesaria para este proceso es el calor latente de vaporización.

Por lo tanto, las fuerzas de cohesión entre las moléculas de una sustancia se relacionan con una cantidad de calor que se necesita para vencer estas fuerzas y cambiar su estado, lo que está directamente relacionado con el concepto de calor latente.

Ante todo lo expuesto, surge la siguiente interrogante:

¿Por qué algunos cambios de fase de la materia requieren más calor que otros?

3.4 Conclusión general del estudio histórico-crítico

A partir del análisis histórico crítico de los aportes de Lavoisier y Laplace, complementamos las ideas presentadas por Black y Faraday sobre el calor y su efecto en los cuerpos. Estos estudios resaltan la relación unidireccional de la transferencia de calor, que siempre fluye de un cuerpo más caliente a uno más frío. Además, se destacan los efectos del calor en la dilatación de los cuerpos y en los cambios de estado, como en el caso del agua. Faraday también aportó valiosas ideas sobre las fuerzas de cohesión, explicando cómo estas fuerzas influyen en la estructura y comportamiento de los materiales cuando se someten al calor. El modelo corpuscular, ampliamente utilizado en los programas de estudios del Ministerio de Educación y Ciencias en Paraguay, se beneficia de estas ideas. Por esta razón, es importante para nosotros comprender mejor este modelo y relacionarlo con el estudio de nuestro fenómeno.

El calor específico descrito por Black en Magie (1969), como se cita en Malagón (s.f), puede variar la temperatura de un cuerpo medible con un termómetro, se refiere a la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un cuerpo. Sin embargo, el calor latente, que es el calor utilizado para los procesos de cambio de estado, no se refleja en un cambio de temperatura y, por lo tanto, no puede medirse directamente con un termómetro. El calor latente es crucial para entender los cambios de estado, como la transición del hielo a líquido y de líquido a vapor, proporcionando una comprensión más profunda de los procesos térmicos en la materia.

Los aportes de Lavoisier y Laplace (1864/1943) sobre el calorímetro de hielo y la transferencia de calor proporcionando elementos conceptuales y experimentales para aplicar estos principios. En su trabajo con el calorímetro de hielo, demostraron que la cantidad de hielo fundido es proporcional al calor liberado por un cuerpo. Esto nos lleva a preguntarnos:

¿Cómo cuantificar el calor latente en función a la cantidad de masa de agua vaporizada, aplicando el principio de proporcionalidad entre masa y calor liberado desarrollado por Lavoisier y Laplace?

CAPÍTULO 4: ACTIVIDAD EXPERIMENTAL

Desde nuestro punto de vista, la actividad experimental constituye una forma de ampliar la experiencia básica, construyendo nuestro propio conocimiento de manera significativa y organizada a partir de las comprensiones alcanzadas sobre el fenómeno en estudio. Acudimos a Malagón et al. (2011, p. 4), quienes exponen que el experimento “es la concreción de los presupuestos teóricos, y que es imposible afirmar que únicamente se constituya en un criterio de comprobación o de validación de los cuerpos teóricos de las Ciencias”. Asimismo, mencionan la actividad experimental “como un espacio donde se establece una relación íntima y dinámica entre la construcción de fenomenologías y el desarrollo de procesos de formalización” (Malagón, et al., 2013, p. 1).

Desde esta perspectiva, encontramos discrepancias en la manera en que hemos venido trabajando la actividad experimental en el aula, abordándola como una forma de corroborar la teoría, siguiendo ciertos pasos como protocolo lineal sin llegar a cuestionar lo que acontece a nuestro alrededor. Esto ha llevado que el aprendizaje sea mayoritariamente memorístico, sin crear espacios que fomenten el pensamiento crítico en Ciencias.

Teniendo en cuenta lo expuesto y con el objetivo de ampliar las comprensiones referentes a nuestro fenómeno en estudio, consideramos desarrollar la actividad experimental bajo una perspectiva fenomenológica. Según Malagón et al. (2013) un estudio fenomenológico exhibe:

Las descripciones e interpretaciones que demanda la comprensión de una fenomenología exigen la organización de una serie de experiencias y observaciones intencionadas, esto es una descripción detallada del fenómeno, la cual está imbricada en la actividad experimental que exige una comprensión conceptual que acompañe a la intervención y disposición experimental. (p. 1)

De esta manera, la actividad experimental en la enseñanza de las Ciencias Naturales constituye una forma de describir y organizar las cualidades de un fenómeno natural para comprenderlo adecuadamente. Por lo tanto, en los casos donde el fenómeno

no es observable directamente, se debe construir una base conceptual desde la construcción teórica mediante el estudio histórico-crítico. Esto se expone en el capítulo anterior y en el diseño experimental, lo cual permite cuestionar, analizar y comprender el proceso más allá de la repetición y la memorización.

En este capítulo, hemos desarrollado una serie de actividades experimentales mediadas por el análisis histórico-crítico de las fuentes primarias consultadas y en relación con las preguntas que nos fuimos planteando. Estas actividades nos han permitido guiar los montajes experimentales y obtener resultados que faciliten discusiones y nuevas formas de hablar acerca del fenómeno del calor latente de vaporización del agua, ampliando especialmente las comprensiones sobre los cambios de fase y las ideas que teníamos sobre el calor. Prestando especial atención a la pregunta: *¿Cómo cuantificar el calor latente en función a la cantidad de masa de agua vaporizada, aplicando el principio de proporcionalidad entre masa y calor liberado desarrollado por Lavoisier y Laplace?*

Las actividades experimentales se dividen en tres momentos de análisis principales. En el primer momento, buscamos entender los efectos del calor en la temperatura y reconocer los tipos de calores que participan en el proceso de calentamiento y en el cambio de fase del agua. Esto nos permitió pensar y comprender que no es posible medir el calor latente en función a la temperatura, lo que nos llevó en un segundo momento a razonar que era posible en función a la masa, así como lo pensaban Lavoisier y Laplace con su calorímetro de hielo, midiendo la masa de hielo que se fundía.

Este análisis nos condujo a un tercer momento de la actividad experimental, en el que buscamos entender la relación entre la cantidad de masa de agua evaporada y la cantidad de calor transferido al sistema en el momento que la temperatura se mantuvo constante. Gracias a este razonamiento y vinculado con las ideas de Lavoisier y Laplace encontramos una proporcionalidad constante entre la cantidad de calor que se utiliza para evaporar una cierta cantidad de agua. Describimos las dificultades y limitaciones que tuvimos durante la actividad experimental que posiblemente no arroja valores exactos de calor latente, pero sí un razonamiento que nos permitió encontrar una forma

de cuantificar el calor latente en función de la cantidad de agua vaporizada. Para ello, aplicamos el principio de proporcionalidad entre masa y calor liberado desarrollado por Lavoisier y Laplace.

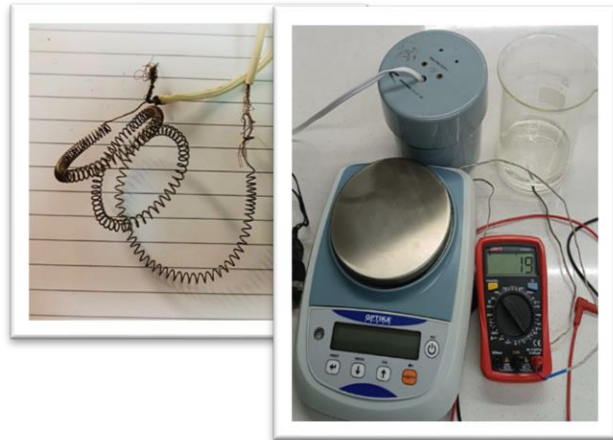
4.1 Efectos del calor en la variación de la temperatura

Para poder responder a nuestra pregunta que inicialmente nos planteamos ¿Cómo cuantificar el calor latente en función a la cantidad de masa de agua vaporizada, aplicando el principio de proporcionalidad entre masa y calor liberado desarrollado por Lavoisier y Laplace? debemos entender la relación entre el calor transferido a un medio, como el agua, y la variación de su temperatura en función del tiempo de exposición a la fuente de calor. Para este análisis, nos basamos en las lecturas de las fuentes primarias de Joseph Black para comprender esta relación, así como en los aportes de Lavoisier y Laplace, quienes utilizaron un calorímetro de hielo para medir el calor. Sin embargo, no encontramos apropiado utilizar un calorímetro de hielo, porque nuestro objetivo requiere vincular la masa vaporizada en la ebullición del agua, lo cual causa dificultades ya que el calorímetro de hielo está diseñado para medir la masa de agua fundida que, aunque permite obtener aproximaciones de calor latente de fusión del agua, no es adecuado para medir el calor latente de vaporización. Por lo tanto, realizamos ciertas adaptaciones y utilizamos un calorímetro de mezcla del laboratorio de Física de la Universidad Pedagógica Nacional (ver imagen 5), para poder llegar a mediciones de valores aproximados de calor latente de vaporización, basándonos en los principios establecidos por Lavoisier y Laplace.

En este primer momento de análisis, utilizamos el calorímetro como recipiente y una resistencia eléctrica como fuente de calor para calentar el agua. Es importante mencionar que realizamos adaptaciones a la resistencia, ya que originalmente presentaba componentes de cerámica. Por esta razón, decidimos quitar esos componentes y dejar expuesto únicamente el metal, eliminando cualquier medio que pudiera absorber calor adicional (ver imagen 5). Una vez que añadimos el agua en el calorímetro, utilizamos soportes universales para ajustar la resistencia en el mismo y que quede totalmente sumergido, esto para garantizar que el agua se caliente de manera uniforme durante el experimento.

El agua estuvo expuesta a la transferencia de calor durante 1200 segundos, comenzando desde una temperatura inicial de 20°C. A medida que la resistencia eléctrica le transfería calor, la temperatura del agua aumentó desde el segundo 0 hasta el segundo 600. Luego, la temperatura se estabilizó en 89°C por los 600 segundos restantes (ver tabla 1).

Imagen 5. Materiales utilizados para el experimento.



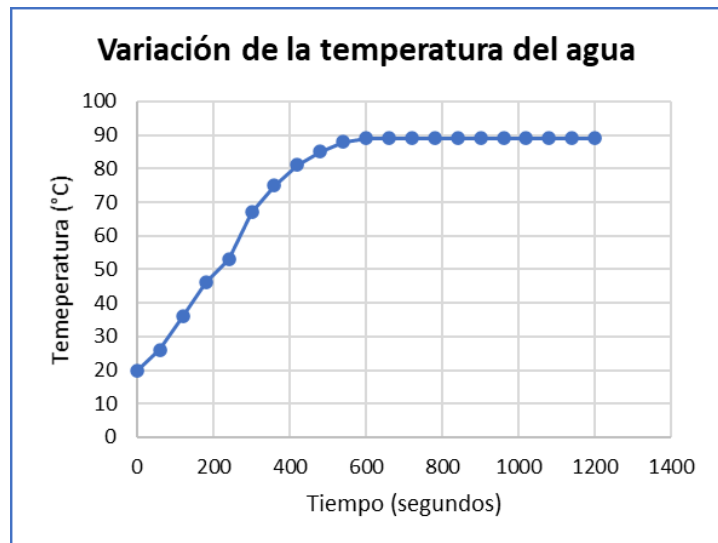
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Calentamiento y ebullición del agua.

Datos			
t (s)	T (°C)	t (s)	T (°C)
0	20	660	89
60	26	720	89
120	36	780	89
180	46	840	89
240	53	900	89
300	67	960	89
360	75	1020	89
420	81	1080	89
480	85	1140	89
540	88	1200	89
600	89	-	-

Nota: En la tabla se muestra los datos sobre los efectos del calor en la temperatura del agua durante 1200 segundos. Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 1. Variación de la temperatura del agua.



Nota: Se muestra la variación de la temperatura por efecto del calor durante 1200 segundos. Fuente: Elaboración propia.

En la Gráfica 1, se observa de manera representativa la variación de la temperatura en función del tiempo. Se evidencia que hasta el segundo 600, el calor transferido por la resistencia eléctrica tiene un efecto notable en la variación de la temperatura. Sin embargo, a partir del segundo 600 en adelante, se observa un comportamiento constante, manteniéndose la temperatura en 89°C, sin un aumento adicional.

Por lo tanto, según las interpretaciones realizadas en las lecturas preliminares de Joseph Black, podemos reconocer que el calor que tiene un efecto en la temperatura

corresponde al calor específico, de diferente naturaleza al que se vincula al cambio de estado. Por otro lado, tal como asumía Black, existe un tipo de calor que no produce dilatación en el termómetro y, por ende, no se reconoce una variación de temperatura en el agua. Sin embargo, este calor produce otro efecto evidente, observable únicamente a través de la transferencia de calor: el cual es el cambio de estado y que corresponde al calor latente.

4.2 Calor transferido vs Masa de agua vaporizada

Las primeras actividades experimentales, junto con los aportes de Joseph Black, nos permitieron comprender que existe un tipo de calor que provoca variaciones en la temperatura y que es posible medir con un termómetro en función del tiempo y la temperatura. Sin embargo, también identificamos otro tipo de calor que no se puede medir en función de la temperatura, ya que no provoca cambios en la misma.

Estas primeras aproximaciones a nuestra pregunta principal nos llevaron a considerar que este tipo de calor (calor latente) puede determinarse en función de la masa. Por ello, en este momento buscamos establecer las relaciones de proporcionalidad de la masa de agua vaporizada, desde el momento en que la temperatura del agua se mantuvo constante.

Antes de continuar con los análisis, consideramos importante describir los componentes, las interacciones y las variables de medición que se dan en el montaje experimental (Imagen 6), definido como un sistema abierto.

- a) El sistema principal está compuesto por los siguientes componentes: el primero, el calorímetro de mezcla, recipiente abierto al ambiente que contiene agua, permitiendo la transferencia de calor entre la resistencia eléctrica y el agua. El segundo, lo constituye el agua como medio que se calienta y se vaporiza. Por último, la resistencia eléctrica dispositivo que suministra energía térmica al agua, elevando su temperatura y provocando el cambio de fase.
- b) Como subsistemas y componentes tenemos a la balanza digital para registrar la masa de agua vaporizada durante el experimento, permitiendo determinar

la cantidad de agua perdida. Otro componente, forma el entorno que rodea el sistema principal ya que el calorímetro interactúa con el ambiente exterior.

- c) Las interacciones en el sistema se dan en primer lugar por parte de la resistencia eléctrica que suministra energía térmica en forma de calor al agua para aumentar su temperatura y el cambio de fase. Por otra parte, a medida que el agua se calienta y alcanza su punto de ebullición, se vaporiza y se pierde en el ambiente habiendo una transferencia de masa que son registradas por la balanza digital. Así también, al tener el sistema principal abierto permite que el calor se disipe en el ambiente y el vapor de agua escape, interactuando constante con el medio exterior.
- d) Las variables para medir: la temperatura del agua en el proceso de calentamiento y ebullición del agua por medio de una termocupla. El registro de la masa de agua vaporizada por medio de la balanza digital y la potencia de la resistencia eléctrica que permite saber cuánta energía se está transfiriendo al agua. Cruciales para calcular la cantidad de calor que se necesita para vaporizar una cierta cantidad de agua.

Al respecto, fue necesario realizar adaptaciones en el sistema, como utilizar el calorímetro destapado. Este sistema abierto tiene una razón: nos inspiramos en el trabajo de Lavoisier y Laplace, donde el calor transferido al hielo lo fundía, y la masa de agua resultante equivalía al calor transferido para fundir el hielo. Siguiendo esta analogía, necesitábamos medir la masa de agua perdida por evaporación, sin embargo; si dejábamos el calorímetro tapado, el vapor se condensaría al contacto con la superficie, generando posibles errores en las mediciones. Para evitar esto, optamos por dejarlo abierto, permitiendo que la masa de agua evaporada se disipara completamente en el ambiente exterior. De esta manera, los datos registrados por la balanza reflejaron los valores más acertados posibles.

Teniendo en cuenta que nuestro calorímetro lo utilizamos destapado, podría ser una limitante ya que no se aísla por completo del ambiente, pero consideramos que al utilizar este instrumento las paredes de este están bien aisladas que reducen la pérdida de calor, aunque haya una pérdida por mantener el sistema abierto, pensamos que el impacto sería mínimo para la medición que estábamos pretendiendo hacer, cuantificar el calor latente.

Como se puede observar en la imagen 6, el calorímetro se mantuvo destapado y se colocó sobre una balanza digital para registrar la masa de agua perdida por la ebullición. Además, se utilizó una termocupla para registrar las variaciones de temperatura. Para documentar el proceso, se grabó todo el procedimiento, lo que permitió observar detalladamente las variaciones de temperatura y masa del agua.

Imagen 6. Sistema abierto del calorímetro.



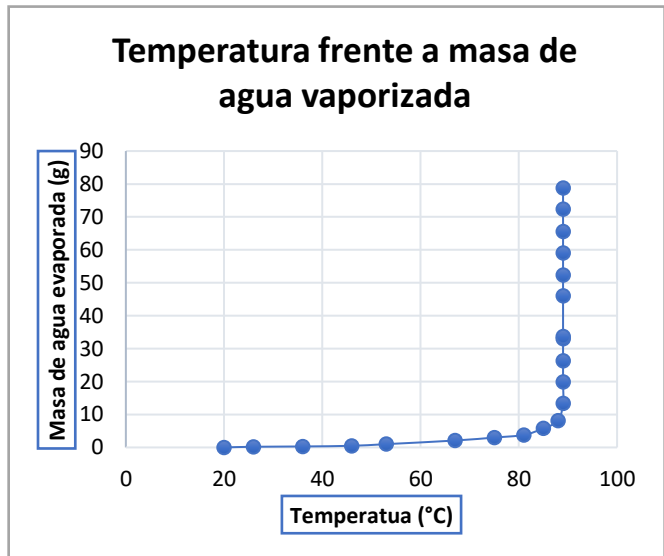
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Relación temperatura y masa de agua vaporizada.

Datos					
t (s)	T (°C)	M (g)	t (s)	T (°C)	M (g)
0	20	0	660	89	19,9
60	26	0,2	720	89	26,3
120	36	0,3	780	89	33
180	46	0,5	840	89	33,7
240	53	1	900	89	46
300	67	2,1	960	89	52,4
360	75	3	1020	89	59,1
420	81	3,8	1080	89	65,6
480	85	5,8	1140	89	72,4
540	88	8,1	1200	89	78,8
600	89	13,4	-	-	-

Nota: Esta tabla muestra la relación entre la temperatura y masa de agua vaporizada. Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2. Relación temperatura frente a masa de agua vaporizada.



Nota: En la gráfica se muestra el aumento variable y constante de la masa de agua vaporizada. Fuente: Elaboración propia.

En la Gráfica 2, se puede observar que antes de que la temperatura se mantuviera constante a 89°C, hubo una pérdida de masa de agua por evaporación desde el segundo 60 hasta el segundo 600 (ver Tabla 2). Asociamos esta pérdida de masa de agua al calor transferido por la resistencia eléctrica, especialmente en las zonas en contacto directo con ella. Este calor provoca un aumento de temperatura en las capas de agua más cercanas a la resistencia, así como Lavoisier y Laplace manifestaron que el hielo se funde por capas, podemos asumir que en el agua líquida sucede algo similar. Por lo tanto, entendemos que aún no existe una uniformidad en el sistema, y las capas de agua más cercanas a la resistencia son las primeras en cambiar de fase. La resistencia al producir una cierta cantidad de calor, que se transfiere directamente al agua, hace que las primeras masas de agua alcancen el nivel suficiente para romper las fuerzas de cohesión entre las moléculas de agua, tal como lo describió Faraday, y pasar de la fase líquida a la fase gaseosa, formando burbujas de vapor que se adhieren a la superficie de la resistencia (ver imagen 7). Estas burbujas se observaron claramente utilizando un recipiente de vidrio. Observamos que las burbujas se desprendieron de la superficie de la resistencia y ascendieron a través del agua y al llegar a la parte superior, estas burbujas se liberaron en el ambiente en forma de vapor.

Imagen 7. Formación de burbujas sobre la resistencia eléctrica.



Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la potencia eléctrica transferida por la resistencia, que tiene un valor en términos de energía, utilizamos la Ley de Ohm, que establece la relación entre voltaje, corriente y resistencia. La ley de Ohm expresada matemáticamente es $P = V \times I$, pero como no conocíamos la corriente, utilizamos la variante $P = V^2 / R$. Resolvimos la ecuación de la potencia eléctrica: $P = V^2 / R$, donde la potencia (P) está en relación con el cuadrado del voltaje (120 voltios) y la resistencia medida con un multímetro (108 ohmios). Sustituyendo los valores conocidos: $P = 120^2 / 108$, obtuvimos como resultado

que la potencia eléctrica transferida por la resistencia es de aproximadamente 133 vatios (W).

Conociendo la potencia eléctrica transferida al agua, empezamos a tomar en cuenta esa pérdida de masa a partir de los 89°C donde la temperatura se mantuvo constante. La pregunta que nos hacemos ¿Por qué considerar a partir desde este punto y no desde el comienzo que se encendió la resistencia? La respuesta a esta pregunta es porque a partir de que la temperatura se mantuvo constante, empezamos a considerar que la masa de agua perdida está en relación con el calor transferido que correspondería al calor latente (ver gráfico 2). Pensando como Lavoisier y Laplace, empezamos a reconocer que existe una proporcionalidad entre la masa de agua que se pierde por evaporación y la cantidad de calor que se le transfiere al medio. Es decir, que a partir de este razonamiento ya no nos enfocamos en la variación de la temperatura, sino que empezamos a pensar que la cantidad de energía transferida es proporcional a la masa de vapor de agua que se está liberando en el ambiente.

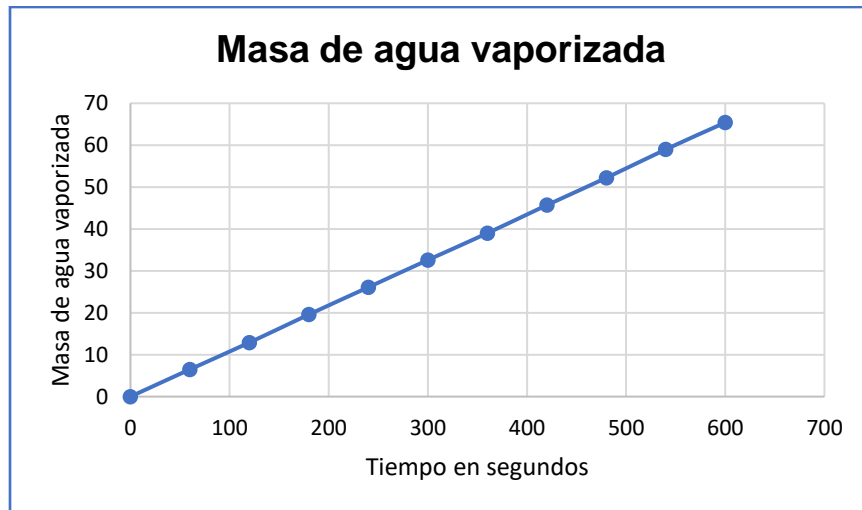
Esta interpretación de los resultados nos ayudó a reconocer que existe un calor que se está transfiriendo de forma constante, no mediado por la variación de la temperatura, sino por la cantidad de masa de agua vaporizada. Según lo que se puede apreciar en la Tabla 3, se detallan los valores registrados durante la actividad experimental. A partir del momento en que la temperatura se mantuvo constante, se registró la masa de agua vaporizada cada 60 segundos durante 600 segundos. La masa inicial en el segundo 0 era de 370,1 gramos y la masa final en el segundo 600 fue de 304,7 gramos, totalizando una pérdida de 65,4 gramos de agua por vaporización. Además, se observa que la tasa de masa de agua vaporizada se mantuvo constante con un promedio de 6,5 gramos a intervalos de 60 segundos (ver Gráfico 3). Por lo que deducimos que, desde el momento en que la temperatura se mantuvo estable, hay una cierta cantidad de calor constante que provoca una pérdida constante de masa de agua.

Tabla 3. Datos masa de agua vaporizada durante la ebullición.

T °C	t (s)	Masa (g)	Pérdida de masa (g)	Gramos c/ 60s
89	0	370,1	0	0
89	60	363,6	6,5	6,5
89	120	357,2	12,9	6,4
89	180	350,5	19,6	6,7
89	240	344	26,1	6,5
89	300	337,5	32,6	6,5
89	360	331,1	39	6,4
89	420	324,4	45,7	6,7
89	480	317,9	52,2	6,5
89	540	311,1	59	6,8
89	600	304,7	65,4	6,4
Promedio				6,5

Nota: En la tabla se registra pérdida de la masa de agua vaporizada desde el momento en que la temperatura del agua se mantuvo constante. Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3. Cantidad de masa de agua vaporizada en el punto de ebullición en relación con el tiempo.



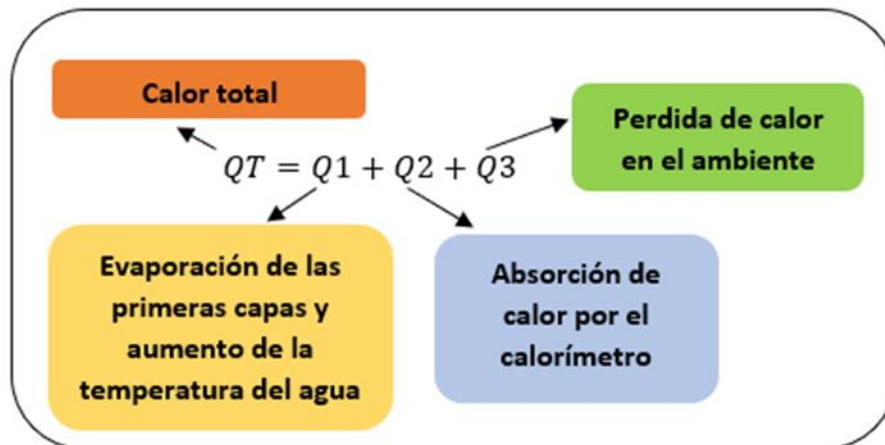
Nota: Se muestra la relación constante entre la masa de agua vaporizada en gramos y el tiempo en segundos. Fuente: Elaboración propia.

En este sentido, al parecer hay una constante que indica que el calor transferido por la resistencia es proporcional a la masa de vapor que se está perdiendo, lo cual está relacionado con el calor latente. Esta constante no puede ser el calor específico, ya que la relación sería entre masa y tiempo, y las unidades del calor latente no incluyen el tiempo, sino que se relacionan con la masa y el calor transferido.

4.3 Cuantificación del calor latente de vaporización

A partir de los resultados obtenidos y el estudio realizado por los autores, consideramos que el calor total durante el proceso de calentamiento del agua se distribuye de la siguiente manera: una parte se utiliza para la evaporación de las primeras capas del agua próximas a la resistencia y para aumentar su temperatura. Otra parte importante por considerar es que el calorímetro también absorbe calor, y al estar destapado, podría disipar calor en el ambiente durante el proceso de aumento de la temperatura del agua (ver imagen 8). Lavoisier y Laplace (1864) en su estudio sobre la determinación del calor específico de las sustancias mediante el método de mezclas, tuvieron en cuenta las limitaciones prácticas mencionadas, asumiendo que “es necesario después tomar en consideración el calor absorbido por los vasos y por la atmósfera en el periodo en que la temperatura de la mezcla llega a la uniformidad, lo que exige un cálculo cuidadoso y sujeto a errores”. (p. 24)

Imagen 8. Distribución del calor transferido durante el calentamiento del agua.



Nota: Se muestra la distribución del calor transferido por la resistencia al sistema.
Fuente: Elaboración propia.

Tras tener estas primeras consideraciones sobre el calor transferido en el sistema, nos abocamos a continuación a responder la pregunta que nos habíamos planteado, de determinar la cantidad de calor latente de vaporización durante la ebullición del agua, aplicando el principio de proporcionalidad entre masa y calor liberado desarrollado por Lavoisier y Laplace. Además de encontrar un valor aproximado de calor latente nos interesa llegar a unos razonamientos que nos permita encontrar una forma posible de

medir la cantidad de calor que se transfiere en el momento que la temperatura se mantiene constante ya que no se puede en función de la temperatura.

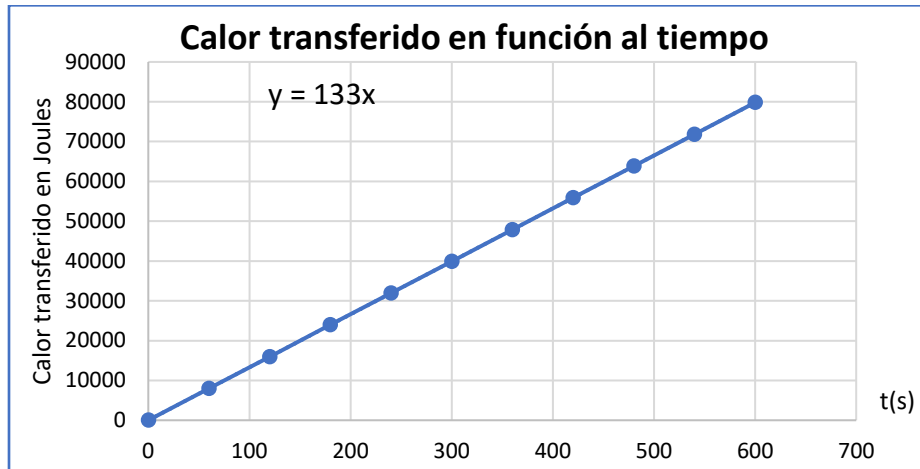
Con los datos obtenidos en la tabla 3 se empieza a determinar el calor total transferido al sistema por la resistencia durante los 600 segundos en donde la temperatura se mantuvo constante, para calcular el calor total transferido al agua durante este tiempo, se ha considerado la potencia de la resistencia, que es de 133 vatios (W), y el tiempo de exposición. En este caso, el calor total (QT) equivale a la potencia de la resistencia por el tiempo en segundos para obtener la energía total en Joules ($QT = P \cdot t$). Esto significa que la resistencia, por cada 1 vatio, está transfiriendo 1 joule de energía cada segundo. Se ha determinado que durante 600 segundos se ha transferido un total de 79.800 Joules (ver tabla 4).

Tabla 4. Calor total y calor latente por unidad de masa durante la ebullición del agua.

T °C	t (s)	Masa (g)	Pérdida de masa (g)	Gramos c/ 60s	QT (Joules)
89	0	370,1	0	0	0
89	60	363,6	6,5	6,5	7980
89	120	357,2	12,9	6,4	15960
89	180	350,5	19,6	6,7	23940
89	240	344	26,1	6,5	31920
89	300	337,5	32,6	6,5	39900
89	360	331,1	39	6,4	47880
89	420	324,4	45,7	6,7	55860
89	480	317,9	52,2	6,5	63840
89	540	311,1	59	6,8	71820
89	600	304,7	65,4	6,4	79800
Promedio				6,5	

Nota: Los datos muestra la masa de agua vaporizada y el calor total transferido durante 600 segundos. Fuente: Elaboración propia.

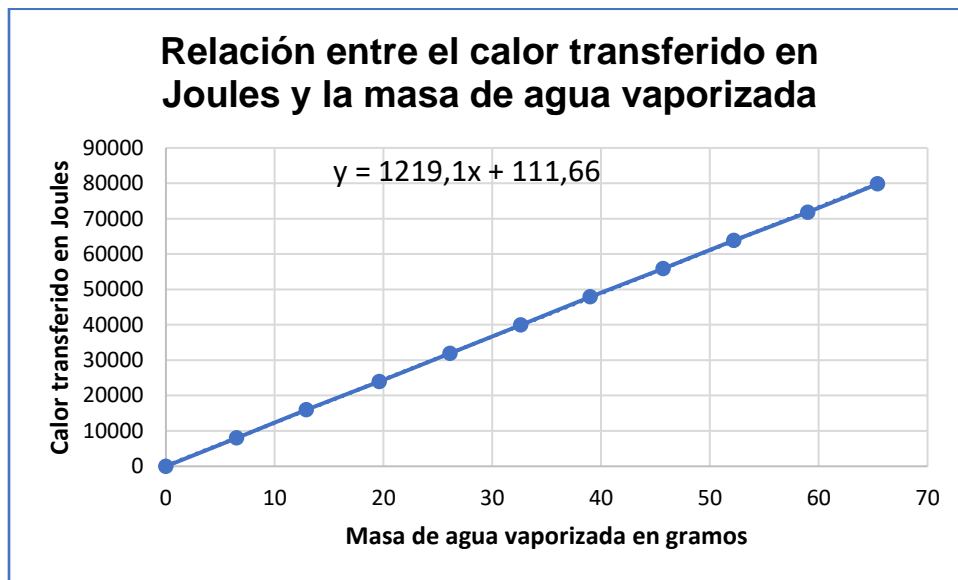
Gráfico 4. Relación entre el calor transferido en función al tiempo.



Nota: La gráfica muestra un comportamiento lineal del calor transferido por la resistencia al sistema durante los 600 segundos de exposición. Fuente: Elaboración propia.

A partir de esta razón, en la gráfica 4 deducimos un comportamiento lineal entre el calor transferido (en Joules) y el tiempo de exposición (en segundos). Esto nos sugiere que el calor que se está transfiriendo es de manera constante al agua durante el proceso de ebullición.

Gráfico 5. Relación entre el calor transferido en Joules y la masa de agua vaporizada.



Nota: La gráfica muestra el comportamiento lineal y constante entre el calor transferido en Joules y la masa de agua vaporizada en gramos. Fuente: Elaboración propia.

Al poner en contraste con la Gráfica 5, se puede observar igualmente un comportamiento lineal y constante entre el calor transferido en Joules y la masa de agua vaporizada en gramos, cuya pendiente de la ecuación lineal representa un valor constante de 1219 joules/gramo. De tal manera que esta constancia sería el valor del calor latente de vaporización bajo las condiciones con la que se ha realizado el experimento. Según Joseph Black, este calor está involucrado en los cambios de fase que no se manifiestan en un cambio de temperatura observable, es decir, no detectable por un termómetro, sino que incide en la transición de estado, a pesar de la continua adición de calor. Aplicando los principios de Lavoisier y Laplace, encontramos un valor constante de calor latente, gracias a que la cantidad de masa de agua vaporizada es directamente proporcional al calor suministrado para el cambio de fase. Esto implica que, si se duplica la cantidad de calor suministrado (mayor potencia), también se duplicará la cantidad de agua vaporizada, manteniéndose esta relación de forma constante.

A partir de lo presentado, empezamos a considerar calcular el calor latente utilizado en el cambio de fase por cada gramo de agua, dividiendo el calor total transferido entre la masa del agua vaporizada durante el intervalo de tiempo de 600 segundos. Por lo tanto, a pesar de las limitaciones ya mencionadas, se pudo llegar a un valor aproximado de calor latente, que se determinó dividiendo el calor total entre la masa de agua vaporizada ($QL = QT \div m$). Reemplazando los datos, $QL = 79800j \div 65,4g$ lo que equivale a un resultado de 1220,18349 J/g. Haciendo un contraste con la constante de la ecuación lineal de la gráfica 5 se puede evidenciar en los valores que las diferencias son mínimas, lo cual resulta sumamente interesante para nosotros poder llegar a cuantificar el calor latente de vaporización del agua mediante la organización e interpretación de los resultados obtenidos en la experimentación.

Para llegar a estos análisis, tuvimos en cuenta varios aspectos. Primero, comprendimos que hay un tipo de calor que afecta la temperatura y otro que no incide en la variación de la temperatura, sino que participa en el cambio de fase del agua, a pesar de la continua adición de calor. Según Joseph Black, estos se denominan calor específico y calor latente.

Esto nos llevó a pensar que existe una cantidad de calor que no provoca cambio térmico utilizando un termómetro. Por lo tanto, lo medimos por la diferencia de masa, aplicando los principios de proporcionalidad entre masa y calor transferido, desarrollados por Lavoisier y Laplace.

Utilizando una resistencia eléctrica, determinamos la potencia en términos de energía transferida al sistema gracias a la Ley de Ohm. Desde que comenzamos a calentar el agua, hubo una pérdida de masa de agua por vaporización, ya que la resistencia caliente vence las fuerzas de cohesión entre las moléculas de agua, como lo describió Faraday.

Para evitar errores al determinar la relación entre el calor transferido y la masa de agua vaporizada, consideramos solo el período en que la temperatura se mantuvo constante. Concluimos que existe una relación lineal y constante entre la cantidad de masa que se pierde y la cantidad de calor transferido al sistema. Es decir, se requiere una cantidad específica de energía para evaporar una cierta cantidad de masa en gramos, lo que define el calor latente.

A partir de esto, encontramos una forma de medir la cantidad de calor utilizada para vaporizar una cantidad de agua. Aunque el valor de calor latente que hallamos no es exacto debido a posibles pérdidas en el ambiente o absorción por el calorímetro, nos permitió cuantificar el calor latente en función de la cantidad de agua vaporizada, aplicando el principio de proporcionalidad entre masa y calor liberado desarrollado por Lavoisier y Laplace.

Estos conocimientos no solo amplían nuestra comprensión, sino que también ofrecen importantes herramientas para nuestro ejercicio docente. Esto permitirá mejorar nuestras prácticas de enseñanza frente a este fenómeno, diseñando propuestas de aula transformadoras, con actividades que conjuguen la teoría y la práctica, involucrando a los estudiantes en el proceso de observar los hechos desde una perspectiva fenomenológica y construir su propio conocimiento a partir de ello. Esto fomentará un aprendizaje más profundo y significativo, tal como lo hemos experimentado nosotros, conectando la teoría con la práctica y desarrollando habilidades críticas para nuestro desarrollo académico y profesional.

CAPÍTULO 5: DISEÑO DE PROPUESTA DE AULA

La siguiente propuesta de aula, en el contexto de este trabajo de grado, surge a partir de una reflexión sobre las oportunidades que tenemos para mejorar nuestras prácticas educativas relacionadas con los conceptos de calor, temperatura, calor específico y calor latente. Por lo tanto, es necesario proponer una intervención basada en una unidad didáctica, a través de la cual se ofrezca una serie de referentes conceptuales tanto desde el ámbito disciplinar como pedagógico, así como todas las reflexiones derivadas del estudio histórico-crítico de los aportes de grandes científicos sobre el fenómeno del calor. Además, junto con actividades experimentales, esta intervención permitirá fomentar una comprensión más profunda y significativa del fenómeno.

En los últimos años, en Paraguay, la enseñanza de las ciencias ha mantenido un enfoque tradicionalista en la cual los docentes se desempeñan como transmisores de una serie de conceptos que luego son sometidos a verificación mediante diseños experimentales. Desde la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales la enseñanza se enfoca con una mirada crítica donde el maestro reflexiona sobre sus saberes, los contrasta con los nuevos saberes para luego elaborar nuevos criterios que ayuden a redireccionar de forma positiva su labor en el Colegio.

En este sentido, la propuesta está diseñada para aplicarse a los estudiantes del 3° curso Nivel Medio del Colegio Nacional Dr. Víctor Natalicio Vasconsellos de la ciudad de San Juan Bautista Misiones – Paraguay. A través del desarrollo de unidades didácticas impartidas mediante talleres, estas herramientas ayudarán a organizar y estructurar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Este plan, que se implementará en un periodo de tiempo específico, se centra en un temario determinado con el objetivo de facilitar el aprendizaje de los estudiantes y promover un mayor desarrollo de sus habilidades.

5.1 Descripción de la población

Los grupos con los que se llevará a cabo la intervención de aula pertenecen a la población de tercer curso del nivel medio (finalizando su etapa escolar), las cuales comprenden las edades de 17 y 18 años. El Colegio cuenta con cuatro cursos de tercer año en los que se desarrollará la intervención. Teniendo en cuenta que el Colegio se organiza en horas cátedras de 40 minutos (equivalente a 1 hora cátedra) y considerando que se desarrollaran 5 talleres de 80 minutos y atendiendo el programa de estudios las actividades se realizaran en forma presencial en las salas de clases y también, a distancia desde las casas bajo previas orientaciones de los tutores responsables. El desarrollo de estas actividades se llevará a cabo mediante una serie de interrogantes que guiarán el proceso, así como la realización de una bitácora que incluya fotografías, evidencias de las actividades realizadas. Estas evidencias serán debidamente revisadas y se culminará con la elaboración de un escrito final.

5.2 Descripción del contexto institucional

El Colegio Nacional “Dr. Víctor Natalicio Vasconellos”, originalmente fundado como Escuela Normal Elemental en 1918, se construyó gracias al esfuerzo conjunto del Estado, la población y una comisión presidida por Don Felipe Benicio Del Puerto Cerone. En 1929, bajo la dirección de Don Venancio Paiva, se elevó a Escuela Normal Superior. Posteriormente, en 1942, la señora Dionisia Roca de Pésole la transformó en Escuela Normal de Profesores N° 6. En 1972, con la dirección de la señorita Teodora Gavilán Sanabria, pasó a ser el Colegio Nacional Ex Normal de Profesores N° 6, y desde 1975 lleva el nombre del ilustre historiador, maestro y formador de juventudes, “Dr. Víctor Natalicio Vasconellos”.

Durante esos años, comenzaron a funcionar el Ciclo Básico, compuesto por los cursos de 1° a 3°, y el Ciclo Bachillerato, que abarca los cursos de 4° a 6°. Actualmente, tras la reforma de 1992 y una reestructuración del Ministerio de Educación y Ciencias, la institución cuenta con dos niveles: el 3° Ciclo de la Educación Escolar Básica, que incluye los grados de 7° a 9°, y el Nivel Medio y Técnico, que comprende los cursos de 1° a 3°, impartiendo educación a jóvenes de entre 12 y 18 años.

En 2011, se inauguró un moderno laboratorio y una sala de informática, y se inició la construcción de la biblioteca. En 2012, se habilitó el 1° curso del Bachillerato Técnico en Química Industrial y el 2° curso del Bachillerato Científico con énfasis en Letras y Artes.

El actual director del Colegio Nacional Dr. Víctor Natalicio Vasconsellos es el Lic. Luis María Silva Melgarejo, quien asumió el cargo tras ganar el Concurso Público de Oposición en 2016. Lo acompañan en la labor docente 12 funcionarios técnico-administrativos y 74 profesionales docentes altamente calificados en diversas áreas del saber.

La institución ofrece las siguientes modalidades: Tercer Ciclo de la Educación Escolar Básica, Bachillerato Científico con énfasis en Ciencias Sociales, Ciencias Básicas, Artes y Letras, y Bachillerato Técnico en Química Industrial. Cabe destacar que, a lo largo de su trayectoria, esta casa de estudios ha visto a sus docentes y alumnos destacarse en concursos a nivel local, departamental y nacional. En 2017, la comunidad educativa se enorgulleció al recibir el Premio a la Excelencia Docente “Profesora Adela Speratti y Profesor Ramón Indalecio Cardozo” en la modalidad grupal - equipo docente, según la Resolución Ministerial N° 11684 del 9 de mayo de 2017.

5.3 Condiciones institucionales, formas de trabajo y recursos disponibles

El Colegio Nacional Dr. Víctor Natalicio Vasconsellos es una institución mixta que atiende a 600 estudiantes del 3° ciclo de la Educación Escolar Básica (7°, 8° y 9° grados) y del Nivel Medio (1°, 2° y 3° cursos), tanto en modalidades científicas como técnicas. La institución es reconocida a nivel departamental y nacional por brindar una educación de calidad, permitiendo a la mayoría de sus egresados ingresar a universidades de renombre y obtener becas de estudio, ya sea por promedios o exámenes de concurso. Sus egresados se han destacado en carreras como Medicina, Veterinaria, Educación, Derecho y Relaciones Internacionales, y han ocupado cargos de alta relevancia como intendentes, gobernadores, diputados y candidatos a la presidencia de la República del Paraguay.

El Proyecto Educativo Institucional lleva por lema: “Una nueva educación para una nueva cultura”, y su misión es brindar una educación de calidad acorde a los cambios científicos y tecnológicos, teniendo siempre presentes los valores humanos, el espíritu crítico, la solidaridad y la dignidad de las personas a lo largo de sus vidas. La institución se presenta como un espacio abierto a los jóvenes sin distinción política, económica, social o religiosa, generando cambios en el pensar y actuar, y promoviendo una cultura inclusiva, solidaria, responsable, respetuosa y honesta, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas y la sociedad.

La reflexión conjunta sobre la praxis ha llevado a la comunidad educativa a tomar conciencia y planificar acciones conjuntas para lograr cambios significativos. Estas acciones buscan brindar a los estudiantes la posibilidad de acceder a una educación de calidad acorde a las necesidades del contexto socioeconómico. Las acciones se han estructurado en las dimensiones de organización operativa, pedagógico-curricular, administrativo-financiera y área comunitaria.

Los temas transversales que impregnan el currículo son: la educación en valores, la educación ambiental, la educación democrática, la educación inclusiva, la educación tecnológica y la educación familiar. Se busca ofrecer una educación de calidad e integradora, sin discriminación de ninguna naturaleza. Este enfoque considera la realidad pluricultural, la presencia de diversas colectividades de inmigrantes, la adquisición de conocimientos y el dominio de dos o más lenguas maternas, así como el respeto hacia las necesidades y discapacidades de las personas, favoreciendo el pleno acceso, la conclusión de estudios y los logros de aprendizaje para todos, con especial atención a quienes se encuentren en situación de vulnerabilidad o riesgo.

5.4 Estructura general de la propuesta de aula

En el siguiente cuadro se presenta la estructura de la propuesta de aula, la cual se describe a continuación.

Tabla 5. Estructura general de la propuesta de aula.

Institución		Colegio Nacional Dr. Víctor Natalicio Vasconsellos de la ciudad de San Juan Bautista Misiones – Paraguay.		
Actores		Estudiantes del tercer curso del Nivel Medio.		
Unidad didáctica		“El poder del Calor: del concepto a la práctica”		
Objetivo General		Fomentar en los alumnos del 3er curso del Nivel Medio una comprensión de los elementos conceptuales del calor, temperatura, calor específico y calor latente, mediante la realización de actividades experimentales que integren la teoría y la práctica.		
Temas	Objetivos Específicos	Talleres	Actividad	Intenciones
1. Calor, Temperatura y Equilibrio térmico.	Comprender la relación entre calor, temperatura y equilibrio térmico.	Taller N° 1 (ver anexo)	Actividad 1	Reconocer que la sensación térmica a través del tacto puede ser alterada y que no es un método fiable para medir la temperatura.
			Actividad 2	Utilizar el principio de dilatación en un termómetro como un método fiable para medir la temperatura, reconociendo que existen formas más precisas de organización de la temperatura que la percepción sensorial.
		Taller N° 2 (ver anexo)	Actividad 1	Asociar la idea del calor con la diferencia de temperatura, a través de la experiencia, para que puedan reconocer el sentido de transferencia del calor, que cuanto mayor es la diferencia de temperatura entre los cuerpos mayor será la interacción térmica.
			Actividad 2	Ampliar las comprensiones sobre la transferencia de calor a través de mezclas de agua con diferentes temperaturas, entendiendo el principio del equilibrio térmico.

2. Calor Específico	Organizar diferentes tipos de materiales y sustancias según sus propiedades específicas relacionadas con la absorción y retención del calor.	Taller N° 3 (ver anexo)	Actividad 1	Organizar diferentes tipos de materiales desde el más caliente al más frío, o viceversa, utilizando el tacto reconocer que algunos materiales absorben más calor que otros.
			Actividad 2	Observar y comparar cómo diferentes sustancias, con la misma masa y expuestas a la misma fuente de calor, absorben y retienen calor de manera distinta.
3. Calor Latente	Determinar las diferencias entre el calor específico y el calor latente en el proceso de calentamiento y ebullición del agua.	Taller N° 4 (ver anexo)	Actividad 1	Reconocer cómo el calor aumenta la temperatura del agua hasta provocar un cambio de estado. Observar que, inicialmente, el calor eleva la temperatura del agua y, al alcanzar la ebullición, la temperatura se mantiene constante mientras el agua cambia de líquido a gas.
			Actividad 2	Discutir en grupo las observaciones y mediciones registradas durante el calentamiento y ebullición del agua, preparando materiales para su socialización en clase. Complementando esta actividad con un fragmento de la lectura de Joseph Black sobre la vaporización y el calor latente.

		Taller N° 5 (ver anexo)	Actividad 1	Facilitar discusiones grupales sobre las actividades realizadas, permitiendo a los estudiantes compartir y organizar sus observaciones experimentales para comprender mejor la diferencia entre calor específico y calor latente. Guiar a los estudiantes en la construcción de formalizaciones basadas en los experimentos, aportes históricos, la gráfica de la curva de calentamiento del agua y la observación de un video, consolidando así su comprensión de los conceptos de calor específico y calor latente
Presentación de Escrito Final			Actividad de cierre	Redactar de manera individual un escrito final que aborde la problemática planteada, argumentando con base en las comprensiones adquiridas a partir de las actividades experimentales, lecturas y consultas realizadas, con el objetivo de construir un discurso sobre los temas desarrollados.

Recursos:

- Materiales didácticos que incluyen guías de trabajo y fragmentos de lecturas.
- Materiales de laboratorio para la realización de las actividades experimentales.
- Materiales informáticos para la presentación y socialización de las experiencias.

Criterios de Evaluación:

- **Participación en clases:** se busca la intervención activa de los estudiantes en cada uno de los talleres, tanto en el trabajo en equipo, plenaria y socialización de los trabajos.
- **Bitácora:** la realización de un documento escrito a mano ya sea en carpeta o cuaderno, en donde se relate los elementos conceptuales y experimentales abordados en cada uno de los talleres, incluyendo dibujos, gráficas y/o fotografías.
- **Escrito final:** la realización de un escrito final en el que se expongan las ideas del estudiante respecto a la problemática que se le plantea, argumentando desde las actividades experimentales, lecturas y consultas realizadas. (el escrito final se hace como cierre de la unidad y se debe anexar a la bitácora para entregar al docente)

El cumplimiento de los criterios de evaluación implica la valoración del docente para sacar una calificación final.

Nota: estructura general de la unidad didáctica. Fuente: Elaboración propia.

5.5 Descripción de los elementos históricos y experimentales que configuran la propuesta de aula.

La propuesta de aula se fundamenta en una serie de talleres diseñados para integrar los aportes históricos y experimentales de destacados científicos como Joseph Black, Michael Faraday, Antoine Lavoisier y Pierre-Simón Laplace. Estos talleres abordarán conceptos teóricos apoyados con actividades experimentales, lo que permitirá una comprensión práctica y significativa de los principios del calor, la temperatura, el calor específico y el calor latente.

La misma, se enmarca en una unidad didáctica, que según Escamilla (1992, como se citó en Corrales, 2010) expresa que:

La unidad didáctica es una forma de planificar el proceso de enseñanza-aprendizaje alrededor de un elemento de contenido que se convierte en eje integrador del proceso, aportándole consistencia y significatividad. Esta forma de organizar conocimientos y experiencias debe considerar la diversidad de elementos que contextualizan el proceso (nivel de desarrollo del alumno, medio sociocultural y familiar, Proyecto Curricular, recursos disponibles) para regular la práctica de los contenidos, seleccionar los objetivos básicos que pretende conseguir, las pautas metodológicas con las que trabajará, las experiencias de enseñanza-aprendizaje necesarios para perfeccionar dicho proceso. (p. 4)

Al respecto, es necesario organizar los aprendizajes de manera planificada. Para ello, es fundamental abordarlos adecuadamente, estableciendo objetivos y contenidos, describiendo las actividades de desarrollo y evaluación, y previendo los recursos necesarios. Las unidades didácticas, independientemente de su organización, se estructuran en torno a una serie de elementos clave, que deben incluir: Descripción de la Unidad Didáctica, Objetivos Didácticos, Contenidos de Aprendizaje, Secuencia de Actividades, Recursos Materiales, Organización del Espacio y Tiempo, y Evaluación (Escamilla, 1993, como se citó en Corrales, 2010).

Definiendo estos aspectos nos permite, como docentes, llevar a cabo la propuesta de aula de manera efectiva. Además, resultará muy beneficioso para el colegio, ya que creará una especie de “banco de datos” que sin duda facilitará la labor de otros compañeros y enriquecerá nuestras propias actividades.

CAPÍTULO 6: REFLEXIONES FINALES

Al iniciar este trabajo de grado reflexionamos sobre, nuestras inquietudes y debilidades en la práctica docente, lo que nos llevó a querer profundizar en un tema específico del área de Ciencias Naturales del programa curricular de la Educación Media Paraguaya. A partir de nuestros intereses iniciales, delimitamos nuestra problemática, gracias a una serie de interrogantes y actividades experimentales previas que nos guiaron hacia un aspecto particular de la evaporación del agua. Nos centramos en profundizar cómo la temperatura del agua se comporta de manera constante en su punto de ebullición, dirigiendo nuestro estudio hacia el calor latente de vaporización.

A partir de la contextualización y la identificación de la problemática consideramos que esta manera de proceder nos proporcionó una forma de reflexionar sobre las bases teóricas y experimentales del fenómeno y desarrollar explicaciones frente a él, lo que a su vez consideramos, se constituye en una forma para mejorar nuestras prácticas de enseñanza.

En lo que respecta al estudio histórico - crítico se realizó un análisis juicioso de los elementos que caracterizan al calor latente de vaporización del agua, lo que permitió establecer un diálogo sobre las preguntas surgidas y las actividades experimentales que estos autores llevaron a cabo, para la concreción de los principales ejes conceptuales que caracterizan nuestra problemática de estudio y reflexionar cómo estos conceptos han sido abordados y comprendidos a lo largo de la historia.

En este sentido, como profesores de Ciencias Naturales, hemos aprendido a analizar la teoría de una manera que trasciende la repetición y la memorización, tomando en cuenta los aportes históricos no solo como datos a recordar, sino como un recurso para rescatar argumentos históricos para mostrar que la ciencia no es estática sino como una actividad donde interviene la razón (Ayala, 2016, p. 3). Al principio, este enfoque fue un desafío, ya que no estábamos acostumbrados a cuestionar y analizar lo que leíamos; sin embargo, a partir de varias lecturas juiciosas, contrastando los aportes históricos con nuestras propias ideas, y con el apoyo de las socializaciones y orientaciones de nuestros asesores, logramos superar dichas limitaciones. Este proceder

nos enseñó a valorar la importancia de analizar y cuestionar las fuentes originales, profundizando en los aspectos disciplinares necesarios para comprender nuestro fenómeno de estudio y generar explicaciones frente a ella, lo que ha enriquecido nuestra capacidad de enseñar de manera crítica y reflexiva.

Al respecto, en la construcción de explicaciones, logramos profundizar en los elementos disciplinares de calor, temperatura, calor específico y calor latente de vaporización con los aportes conceptuales y experimentales de Joseph Black, comprendiendo como el calor afecta la variación de la temperatura del agua y su participación en el cambio de estado. Además, articulando con las actividades desarrolladas en los seminarios de la maestría, como son; Organización de los fenómenos físicos donde se analizaron las fuentes primarias y Fenomenología de la transformación de las sustancias, esta última, permitió la profundización en el estudio histórico-crítico y las prácticas experimentales de Michael Faraday que nos ayudó entender cómo el calor influye en las fuerzas de cohesión que hace posible que el agua presente distintos comportamientos, donde las partículas se debilitan o aumentan su fuerza de cohesión en los diferentes cambios de fase. Este conocimiento fue importante para comprender cómo el calor afecta a las partículas del agua al disminuir las fuerzas de cohesión que las mantienen unidas, permitiendo el cambio de estado de líquido a gas.

En este punto de la revisión histórica, otros de los científicos estudiados fueron Antoine Lavoisier y De Laplace en este caso, los aportes se centraron en los aspectos experimentales. Sus observaciones les permitieron desarrollar instrumentos como el calorímetro de hielo para la medición del calor, lo que nos resultó especialmente interesante, ya que nos permitió analizar y comprender los principios que lo rigen. En particular, el hecho de que según la cantidad de hielo fundido en el instrumento se pudo establecer una proporcionalidad con el calor liberado por un cuerpo, aspecto fundamental para establecer diferentes formas de proceder experimentalmente en este trabajo.

Los elementos disciplinares y experimentales de los autores consultados nos brindaron información valiosa que enriqueció nuestro entendimiento. A la vez, nos abrieron la posibilidad de cuestionarnos aspectos alrededor del fenómeno de ebullición del agua, lo cual es una de las grandes ventajas de estos estudios.

Al realizar la actividad experimental, pudimos profundizar en los elementos disciplinares y pedagógicos involucrados en la revisión histórica. Nuestro estudio se estructuró desde una perspectiva fenomenológica, facilitando la interpretación de los resultados y una comprensión significativa, ya que pudimos contrastar nuestros hallazgos con los aportes históricos y discutirlos de manera práctica. Bajo esta perspectiva, aprendimos a abordar las actividades experimentales de un modo diferente, no siguiendo unas instrucciones ni sometidos a corroborar la teoría, sino a través de ensayo y error, explorando el fenómeno por nosotros mismos, centrándonos en la observación y el análisis de los resultados obtenidos para la construcción de magnitudes y comprender el fenómeno de manera más profunda. Esta forma de proceder consideramos la más adecuada para la enseñanza de las ciencias naturales porque permite interpretar las cualidades del fenómeno desde la perspectiva del sujeto, ayudando a generar discursos frente a un fenómeno natural.

La profundización en los aspectos disciplinares, pedagógicos y didácticos ha enriquecido nuestra comprensión del objeto de estudio. Este enfoque metodológico, que combina análisis histórico-crítico y fenomenológico, nos permitió interactuar con contribuciones teóricas y experimentales de diversos autores. En este sentido, las experiencias vividas no solo ampliaron nuestro entendimiento, sino que también transformaron nuestra percepción del fenómeno. Esto nos impulsó a reflexionar sobre nuestra labor docente, ya que en Paraguay nos centrábamos sólo en desarrollar los contenidos proporcionados por el Ministerio de Educación y Ciencias, sin realizar análisis que puedan cuestionar tales teorías, aceptándolas como verdades absolutas.

Con la realización de este trabajo de grado pudimos reflexionar una nueva forma de comprender los fenómenos naturales, reestructurando nuestras maneras de pensar, organizar, describir y entender el fenómeno desde una perspectiva distinta a la habitual.

Por consiguiente, desarrollamos una propuesta de aula² a través de una unidad didáctica para fomentar en los alumnos del 3er curso del Nivel Medio del Colegio

² Vinculados en las actividades desarrolladas en el Módulo de Organización de los Fenómenos Físicos de la Maestría, coincidiendo con algunas ideas presentadas en la misma.

Nacional Dr. Víctor Natalicio Vasconellos de San Juan Bautista, Misiones, Paraguay, una comprensión de los elementos conceptuales del calor, temperatura, calor específico y calor latente, mediante la realización de actividades experimentales que integren la teoría y la práctica.

Por lo tanto, en este trabajo de grado se ha vinculado la experiencia, el lenguaje y el conocimiento, pilares del proceso cognitivo según Arcá et al. (1990), con una metodología que integra la teoría y la práctica. Estos pilares se han entrelazado a lo largo de todo el proceso de este trabajo. Es decir, la revisión histórica y la actividad experimental han sido fundamentales para desarrollar una comprensión más profunda y un lenguaje más coherente frente al fenómeno estudiado. Este enfoque integral no solo ha enriquecido nuestro conocimiento teórico y práctico, sino que también ha mejorado nuestras habilidades docentes, permitiéndonos una perspectiva renovada sobre cómo desarrollábamos nuestras actividades anteriormente, y con el firme compromiso de presentar propuestas de aula más efectivas y significativas.

Por último, presentamos a continuación algunas consideraciones para tener en cuenta si el trabajo se desea replicar y/o profundizar:

- El trabajo experimental se centró principalmente en la cuantificación del calor latente. Sería interesante profundizar más en este estudio, considerando los factores ambientales que pueden influir en los resultados ya que en nuestro estudio no consideramos la presión atmosférica o la humedad ambiental.
- Para un estudio de esta naturaleza, es necesario conjugar elementos teóricos y prácticos para una mejor comprensión del fenómeno, lo cual puede redundar en la mejora de las prácticas en el aula. Las lecciones memorísticas tendrían un mejor resultado si se aplican actividades prácticas desde una perspectiva fenomenológica, que vayan más allá de la experiencia básica.
- Es importante dedicar tiempo a estas actividades, ya que no siempre se logran resultados en la primera práctica y requieren de una observación

minuciosa y una organización cuidadosa de los hallazgos para responder a las preguntas planteadas.

REFERENCIAS

- Arcá, M., Guidoni, P., y Mazzoli, P. (1990). *Enseñar Ciencia. Cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base*. Ediciones Paidós, Barcelona.
- Ayala, M. (2006). *Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades*. Pro-Posições, vol. 17, núm. 1, enero-abril, 2006, pp. 19-37 Universidade Estadual de Campinas Campinas, Brasil. Recuperado de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://148.215.1.155:89/temporal/P_ortadilla/4009/44002/400944002003.pdf
- Corrales, A. (2010). *La programación a medio plazo dentro del tercer nivel de concreción: las unidades didácticas*. EmásF Revista Digital de Educación Física, Año 1, Num. 2. Recuperado de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://emasf.webcindario.com/La_programacion_a_medio_plazo_dentro_del_tercer_nive_%20de_concrecion_unidades_didacticas.pdf
- Díaz, A. (2019). *Análisis del discurso del aula en dos actividades del Ciclo del Agua en Primaria*. REIDOCREA., 458-466.
- Faraday, M. (1860). *A course of six lectures on the various forces of matter and their relations to each other*. Editado por William crookes, Richard Griffin y compañía, editores de la Universidad de Glasgow. London and Glasgow.
- Giordan, A., y Vecchi, G. (1995). *La Curiosidad. Los Orígenes del Saber*. Capítulo 8. Serie Fundamentos N° 1, Colección Investigación y Enseñanza, Diada Editora S. L. Sevilla.
- Lavoisier., A y Laplace, S. (1864). *Memoria sobre el Calor*. (J. Furtado, R. Huste y H. Damianovich, trad.).1943. Tomo 13 (90-91) CHEMIA Revista del centro estudiantes del doctorado en química. Faculta de ciencias exactas, físicas y naturales. Buenos Aires. Recuperado de http://hdl.handle.net/20.500.12110/chemia_v13_n090y091
- Magie, W. F. (1969). *A source book in physics* (F. Malagón, Trad.). Harvard University Press. Recuperado de <https://silo.tips/download/calor-especifico-calor-latente-del-vapor-y-la-vaporizacion-1>

- Malagón, F., Ayala, M., y Sandoval, S. (2011). *Construcción de magnitudes: el caso de los fenómenos térmicos*. En: El experimento en el aula. Comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, D.C., pp. 39-51
- Malagón, F., Sandoval, S., y Ayala, M. (2013). *Construcción de Fenomenologías y procesos de formalización*. Un sentido para la enseñanza de las ciencias, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.
- Ruíz, F. (2007). *MODELOS DIDÁCTICOS PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES*. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia), vol. 3, núm. 2, julio diciembre, 2007, pp. 41-60. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia

ANEXOS

Taller N° 1: La temperatura

Colegio Nacional Dr. Víctor Natalicio Vasconellos

UNIDAD DIDÁCTICA: “EL PODER DEL CALOR: DEL CONCEPTO A LA PRÁCTICA”

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:

NOMBRE DEL DOCENTE:

AÑO:

Curso: 3°

OBJETIVO:

Comprender la relación entre calor, temperatura y equilibrio térmico.

A menudo, en nuestra vida cotidiana, utilizamos el tacto para determinar si algo está “caliente o frío”. Pero la percepción que tiene nuestro cuerpo a la temperatura puede variar dependiendo a las condiciones ambientales al cual está expuesta.

Por lo tanto, es común en nuestra vida cotidiana confundir o considerar sinónimos los conceptos de calor y temperatura. En este primer taller, utilizaremos las sensaciones térmicas como una forma inicial de organizar nuestras percepciones de calor y frío. Esto nos permitirá introducirnos a la idea de temperatura y a la necesidad de contar con un instrumento fiable para medirla, a través de una serie de actividades experimentales y preguntas orientadoras, reflexionaremos y comprenderemos mejor dicho concepto.

Taller N° 1: La Temperatura

Instrucción: Conformamos grupos de trabajo de cuatro integrantes y con los materiales disponibles realizamos actividades experimentales según los procedimientos indicados, atendiendo que todos puedan participar y aportar en los planteamientos.

Actividad 1.

Materiales: tres botellas de agua a diferentes temperaturas (fría, caliente y a temperatura ambiente) dos cubetas y agua.

Procedimientos: Nos dividimos en parejas y utilizando el tacto, ordenamos las botellas de agua desde la más fría hasta la más caliente. Registramos el orden en nuestro

cuaderno y enumeramos las botellas con un marcador (Ejemplo: botella 1 es la más fría, botella 2 es menos fría y botella 3 es la más caliente). Cada pareja realiza la misma organización.

A continuación, una pareja introduce ambas manos en una cubeta con agua fría, mientras que la otra pareja introduce sus manos en una cubeta con agua caliente (no en ebullición). Esperamos un minuto. Luego, cada pareja vuelve a tocar las botellas y las organizamos nuevamente desde la más fría hasta la más caliente. Cada pareja debe realizar la organización de las botellas y enumerando cada una como el procedimiento anterior.

Planteamientos:

- ¿Cuál es la diferencia entre la primera organización y la segunda, después de introducir las manos en las cubetas? ¿Por qué hubo un cambio en la percepción del tacto? Explique.
- Con lo experimentado, nuestras sensaciones térmicas ¿Constituyen un medio fiable para medir la temperatura? ¿Por qué?
- ¿Qué instrumento podemos utilizar para medir la temperatura de una sustancia?

Actividad 2.

Materiales: dos vasos precipitados, agua caliente, agua con hielo, termómetro de mercurio.

Procedimiento: en un vaso precipitado colocamos el agua caliente y en la otra, agua con hielo. Luego, introducimos el termómetro en cada vaso y registramos la temperatura indicada en el termómetro.

Planteamientos:

- ¿Por qué el mercurio sube en el termómetro cuando se calienta y baja cuando se enfría? Argumente.
- Según lo experimentado, ¿Qué indica el termómetro? ¿Qué principio físico permite que el mercurio en el termómetro suba o baje con los cambios de temperatura?

Actividad de cierre: cada grupo comparten sus experiencias y respuestas a los planteamientos.

Taller N° 2: El calor y el Equilibrio térmico

Colegio Nacional Dr. Víctor Natalicio Vasconellos

UNIDAD DIDÁCTICA: “EL PODER DEL CALOR: DEL CONCEPTO A LA PRÁCTICA”

NOMBRE DEL
ESTUDIANTE:
NOMBRE DEL
DOCENTE:

AÑO:

Curso: 3°

OBJETIVO:

Comprender la relación entre calor, temperatura y equilibrio térmico.

En el taller anterior, discutimos que las sensaciones térmicas, es decir, el sentido del tacto, no pueden determinar con certeza la temperatura de un cuerpo. Esto se debe a que la percepción térmica varía según las condiciones ambientales a las que estamos expuestos. Nuestras sensaciones de frío y calor no nos informan exclusivamente sobre las temperaturas de los cuerpos que tocamos. Por lo tanto, es necesario contar con un instrumento de medición de temperaturas que cumpla con criterios físicos, como la expansión y contracción de las sustancias: el termómetro.

Taller 2: El calor y el Equilibrio térmico

Actividad 1.

Materiales: cubos de hielo, vasos precipitados, termómetros, cronómetro, agua caliente y fría.

Procedimientos: Llenamos dos vasos precipitados, uno con 200ml de agua caliente y otro con 200ml de agua fría. Colocamos un cubo de hielo de igual tamaño en cada vaso. Usamos los termómetros para medir la temperatura del agua en cada vaso antes y después de agregar los cubos de hielo. Mantenemos el termómetro dentro del agua en cada vaso y anotamos las variaciones de temperaturas en una tabla con relación al tiempo de fusión del hielo. Observamos que sucede con los cubos de hielo en cada vaso.

Planteamientos:

- ¿Cómo explica que se funde el hielo en el agua caliente?
- En la siguiente tabla registre la variación de la temperatura cada 30 segundos, hasta que se funde todo el cubo de hielo (agregue filas si hace falta). Construya

una gráfica para cada vaso según los datos obtenidos (Y=temperatura) (X=tiempo). ¿Cómo explica la variación de la temperatura del agua en cada vaso después de agregar el cubo de hielo? Argumente.

Vaso con agua fría		Vaso con agua caliente	
Tiempo (s)	Temperatura (C°)	Tiempo (s)	Temperatura (C°)
0s		0s	
30s		30s	
60s		60s	
90s		90s	
120s		120s	

- Según la experiencia ¿Cuál es el sentido de la transferencia del calor? Explique.

Actividad 2.

Materiales: cuatro vasos, agua caliente, agua con hielo, agua a temperatura ambiente y termómetro de mercurio.

Procedimientos: utilizamos los vasos precipitados según las combinaciones a realizar y llenamos hasta la cantidad de 200ml. Registramos la temperatura inicial del agua en cada vaso e introducimos el termómetro de mercurio en cada una de ellas.

A continuación, realizamos las siguientes mezclas y registramos la temperatura final de cada combinación.

1. Agua caliente y agua con hielo.
2. Agua caliente y agua a temperatura ambiente.
3. Agua con hielo y agua a temperatura ambiente.
4. Agua a temperatura ambiente y agua a temperatura ambiente.

Planteamientos:

- Al mezclar aguas a temperaturas diferentes ¿Qué sucede con la temperatura final de la combinación? ¿Por qué ocurre esto? Argumente.
- ¿Hay algún cambio en la temperatura cuando se mezclan dos vasos de agua a temperatura ambiente? ¿Por qué?
- Para que haya una transferencia de calor ¿Cuál es la condición que se debe tener en cuenta? Explique.

Actividad de cierre: cada grupo comparten sus experiencias y respuestas a los planteamientos.

Taller N° 3: EL calor específico

Colegio Nacional Dr. Víctor Natalicio Vasconellos

UNIDAD DIDÁCTICA:	“EL PODER DEL CALOR: DEL CONCEPTO A LA PRÁCTICA”	
NOMBRE DEL ESTUDIANTE:		
NOMBRE DEL PROFESOR:		
AÑO:		Curso: 3°

OBJETIVO:

Organizar diferentes tipos de materiales y sustancias según sus propiedades específicas relacionadas con la absorción y retención de calor.

En anteriores talleres, discutimos como tema: el calor, la temperatura y el equilibrio térmico. Entendemos, que el calor se transfiere entre cuerpos con diferentes temperaturas, transfiriéndose del cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura hasta alcanzar un equilibrio térmico, es decir, la igualdad de temperaturas. En esta sesión del taller, tendremos en cuenta la siguiente pregunta, que guiará nuestras actividades: ¿Se calientan de la misma manera los cuerpos de diferentes materiales al estar expuestos a una fuente de calor?

Taller N° 3: El calor Específico

Actividad 1: formamos cuatro grupos de trabajo para llevar a cabo la actividad experimental y analizar los planteamientos presentados según nuestras observaciones.

Materiales: un termo con agua caliente, vasos de diferentes materiales (metal, cartón, icopor y porcelana)

Procedimientos:

- ❖ Añadimos la misma cantidad de agua caliente en cada vaso.
- ❖ Con la mano, tocamos los vasos para organizarlas de las más fría a la más caliente o viceversa.

Respondemos:

- Si todos tienen la misma cantidad de agua caliente ¿Por qué algunos vasos se sienten más fríos o más calientes que otros?
- Procedemos a realizar la siguiente actividad: en un vaso añadimos agua caliente y en ella introducimos una cuchara de metal y una de plástico. La dejamos por un minuto y luego, tocamos con la mano.
- ¿La composición del material afecta la capacidad para absorber y retener el calor? ¿Por qué? Explique y argumente.

Para comprender más ampliamente a lo que se refiere este fenómeno, acudimos a otra actividad experimental en la que utilizaremos sustancias líquidas.

Actividad 2: con el grupo formado anteriormente prestamos atención para realizar la siguiente actividad experimental y analizar los planteamientos presentados según nuestras observaciones.

Materiales: vaso precipitado, estufa, agua, aceite, balanza, termómetro y cronómetro.

Procedimientos:

- Con la balanza pesamos 200 gramos de cada sustancia (agua y aceite) en un vaso precipitado.
- Utilizamos un termómetro para medir y registrar la temperatura inicial de cada sustancia en una tabla.
- Calentamos las sustancias en una estufa hasta la temperatura de 60°C, y utilizamos el termómetro para registrar como va variando la temperatura cada 30 segundos. (Agregue filas según haga falta)

Agua		Aceite	
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	Tiempo (s)	Temperatura (°C)
0s		0s	
30s		30s	
60s		60s	
90s		90s	
120s		120s	

- Una vez alcanzada la temperatura de 60°C, retiramos las sustancias de la estufa y continuamos registrando la temperatura de enfriamiento durante 5 minutos. (Agregue filas según haga falta)

Agua		Aceite	
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	Tiempo (s)	Temperatura (°C)
0s		0s	
30s		30s	
60s		60s	
90s		90s	
120s		120s	

- Realizamos gráfica para cada sustancia (calentamiento y enfriamiento) con relación a la variación de temperatura y el tiempo.

Respondemos:

- ¿Por qué algunas sustancias tardaron más en alcanzar la temperatura de 60°C, a pesar de tener la misma masa y estar en la misma fuente de calor? Explique y argumente.
- ¿Cómo varió la temperatura de cada sustancia durante el período de calentamiento y enfriamiento? ¿Cómo explican que ciertas sustancias se calientan y se enfrían más rápido que otras?

Actividad 3: Cada grupo socializa las actividades realizadas y las respuestas a las preguntas planteadas.

Taller N° 4: El calor latente

Colegio Nacional Dr. Víctor Natalicio Vasconellos

UNIDAD DIDÁCTICA:	“EL PODER DEL CALOR: DEL CONCEPTO A LA PRÁCTICA”		
NOMBRE DEL ESTUDIANTE:			
NOMBRE DEL PROFESOR:			
AÑO:	Curso: 3°		
OBJETIVO:			
Determinar las diferencias entre el calor específico y el calor latente en el proceso de calentamiento y ebullición del agua.			

Taller N° 4: El calor Latente

Para comprender este nuevo concepto, primeramente, nos abocaremos a una actividad experimental que nos permitirá ampliar nuestra experiencia básica sobre este tipo de calor.

Actividad 1: conformamos nuevamente cuatros grupos de trabajo para llevar a cabo la siguiente actividad experimental.

Materiales: vaso precipitado, estufa, balanza, agua, termómetro y cronómetro.

Procedimientos:

1. Con la balanza pesamos 100 gramos de agua en un vaso precipitado. Introducimos un termómetro en el agua y registramos la temperatura inicial. Encendemos la estufa y colocamos el recipiente sobre ella para calentar el agua hasta que hierva. Al mismo tiempo, utilizamos el cronómetro para registrar la variación de la temperatura con relación al tiempo de exposición.
2. Completamos el siguiente cuadro registrando el cambio de temperatura cada 30 segundos hasta que el agua alcance la ebullición. Una vez que llegue a la ebullición, continuamos registrando la temperatura durante 5 minutos. (Agregue filas según haga falta)

Tiempo (s)	Temperatura (°C)	Tiempo (s)	Temperatura (°C)
0s		150s	
30s		180s	
60s		210s	
90s		240s	
120s		270s	

3. Elaboramos una gráfica en la que exprese comportamientos del cambio de temperatura del agua con relación al tiempo.
4. Repetimos el mismo procedimiento 1, 2 y 3 pero con 200gramos de agua.
5. En equipo respondemos las siguientes preguntas en base a las observaciones y registros realizados en la actividad experimental.
 - ¿Cómo varió la temperatura del agua a medida que se calentaba? Explique
 - ¿Qué diferencias y similitudes notaron al calentar y hervir el agua de 100gramos y 200gramos? Explique utilizando la gráfica.
 - La temperatura del agua de 100gramos y 200gramos se mantuvieron constantes en el termómetro durante el proceso de ebullición ¿A qué se debe este fenómeno? y ¿Con qué cambios en el agua lo asocian?
 - Por último ¿Una transferencia de calor siempre genera una variación en la temperatura del otro cuerpo? Explique y argumente.

Actividad 2: Cada grupo prepara material (carteles o una presentación multimedia) para presentar en el próximo taller. Este material debe incluir el cuadro, las gráficas y las respuestas a las preguntas planteadas, así como los puntos más importantes y dudas del fragmento de la lectura de Joseph Black (1803).

¡Importante!

Según la experiencia realizada, vimos que el agua experimentó un aumento de temperatura a medida que se le transfería calor, hasta llegar a un punto en el que se mantuvo constante y el cambio de fase fue evidente al transformarse el agua líquida en vapor. Por lo tanto, podemos asumir que hay dos tipos de calor: uno que hace que aumente la temperatura del agua y que es medible con el uso del termómetro, y otro calor que provoca el cambio de fase del agua sin causar variaciones en el termómetro, a pesar de que se sigue transfiriendo calor.

Actividad para la casa: Para ampliar la comprensión sobre el tema, leemos el siguiente fragmento de los aportes de Joseph Black (1803)³ sobre la vaporización y el calor latente.

Una más justa explicación se le debe ocurrir a cualquier persona, quien quiera tomar esta materia con paciencia y atención.

En la forma ordinaria de calentar el agua, el calor usado es aplicado a las partes inferiores del fluido. Si la presión sobre la superficie no se incrementa, el agua rápidamente adquiere el calor más grande que puede tener, sin asumir la forma de vapor. Cualquier adición subsecuente de calor, por lo tanto, en el mismo instante en el cual ellos entran en el agua, debe convertir en vapor esa parte que afecta. Como estas adiciones de calor entran todas por la parte inferior del fluido, exige una constante producción de vapores elásticos ahí, los cuales como ya es sabido no pesan casi nada, deben, elevarse a través del agua que las rodea y aparecer atravesando la superficie con violencia y de ahí ser difundida a través del aire. El agua es así gradualmente gastada, tanto como la ebullición continúe, pero su temperatura jamás es incrementada, al menos en esa parte que permanece después de una larga, continuada y violenta ebullición.

Las partes efectivamente en contacto con el fondo de la vasija, podemos suponer que reciben un poco más de calor, pero este es instantáneamente comunicado a los alrededores del agua a través del cual los elásticos vapores se elevan.

Esto tiene la apariencia de ser una idea simple y una completa descripción de la producción de vapor, y de la ebullición de fluidos. Esta era la única descripción que era dada antes de que yo empezara a hacer estas lecturas. Pero yo estoy convencido de que esto no es todo lo que se puede decir al respecto. De acuerdo a esta descripción y a la forma como concebimos la formación del vapor, nosotros podríamos afirmar que, después de que el cuerpo es calentado hasta su punto de vaporización, no es necesaria ninguna cosa más que añadir una pequeña cantidad de calor para transformarla en vapor. Se supone además de otra forma, que cuando el vapor de agua es enfriado para alcanzar su condensación, esta condensación o retorno al estado de agua, puede suceder a causa o en consecuencia de haber perdido solo una pequeña cantidad de calor.

Pero yo puedo fácilmente mostrar, en la misma forma que en el caso de los fluidos, que una gran cantidad de calor es necesario para producir el vapor, aunque el cuerpo esté ya calentado a esa temperatura que no puede sobrepasar, por lo más pequeños posibles grados, sin ser convertida en vapor.

La innegable consecuencia de esto debería ser una explosión de toda el agua igual a la de la pólvora. Pero yo puedo mostrar, que esta gran cantidad de calor entra en el vapor gradualmente, mientras se está formando, sin hacer perceptiblemente más caliente el fenómeno. El vapor si es examinado con un termómetro tiene el mismo calor que el agua hirviendo de la cual se eleva. El agua debe ser elevada a cuarta temperatura, porque, a

³ Black, J. (1803a) Calor específico, calor latente, del vapor y la vaporización. MAGIE. A (1969) Source book in physics. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. Traducido por Francisco Malagón.

esa temperatura únicamente, ella está dispuesta a absorber calor y no explota instantáneamente, porque en ese instante, no puede hacer una suficiente cantidad de calor atravesando la masa de agua.

De otra manera, yo puedo mostrar que cuando el vapor de agua es condensado en un líquido, la misma gran cantidad de calor sale fuera de él y entra a enfriar la materia por la cual él fue condensado.

La materia del vapor, o el agua a la cual es cambiado, no esté sensiblemente más fría por la pérdida de esta gran cantidad de calor. No se empieza a enfriar en proporción a la cantidad del calor obtenible de ella durante su condensación.

Todo esto empieza a ser evidente, cuando consideramos con atención la formación gradual del vapor a consecuencia de la continua aplicación de una causa de calor (fuente) y de la misma manera, cuando se observa una gradual condensación, cuando nosotros continuamos aplicándolo a un cuerpo que es enfriado.

Yo, entonces, llego con este experimento a confirmar la sospecha que yo tenía concerniente a la ebullición de fluidos. Mi conjetura, cuando la pongo en esta forma, tenía este propósito. Yo imagino que, durante la ebullición, el calor es absorbido por el agua y entra, dentro de la composición del vapor producido por ella, de la misma manera como éste es absorbido por el hielo que se derrite y entra en la composición del agua producida. Y el ostensible efecto del calor, en este último caso, consiste no en calentar, los alrededores del cuerpo, sino que entrega el hielo fluido, así, en el caso de la ebullición, el calor absorbido no calienta los alrededores del cuerpo, sino que convierte el agua en vapor. En ambos casos, no la consideramos como la causa del calentamiento, no percibimos su presencia, está escondido o latente; y yo le doy el nombre de **calor latente**.

Taller N° 5: Cierre de la Unidad

Colegio Nacional Dr. Víctor Natalicio Vasconellos

UNIDAD DIDÁCTICA:	“EL PODER DEL CALOR: DEL CONCEPTO A LA PRÁCTICA”	
NOMBRE DEL ESTUDIANTE:		
NOMBRE DEL PROFESOR:		
AÑO:		Curso: 3°
OBJETIVO:		
Determinar las diferencias entre el calor específico y el calor latente en el proceso de calentamiento y ebullición del agua.		

En la lectura del taller 4 estudiamos los hallazgos realizados por Joseph Black, que mediante sus observaciones revela un fenómeno térmico notable: identificó un tipo de interacción térmica que no se manifiesta en un cambio de temperatura medible. Incluso con la transferencia constante de calor hacia el sistema, la temperatura se mantiene invariable en los puntos de fusión y ebullición del agua, donde se produce un cambio de fase evidente. De manera similar, este fenómeno se observa durante la condensación del agua, donde, en lugar de absorber calor, se libera energía térmica durante la transición de fase.

Esto le llevó a Joseph Black introducir la idea de calor latente para explicar el calor involucrado en los cambios de fase que no se manifiesta en un cambio de temperatura observable que no es detectable por un termómetro, sino que incide la transición de estado.

Taller N° 5: El calor latente

Actividad 1: socialización de la actividad experimental del taller 4 pendientes por presentar.

Para continuar con la explicación del concepto de calor latente, tomemos como ejemplo un experimento en el que se suministra calor a un cubo de hielo. Dado que el hielo se encuentra a una temperatura de -40°C (según la gráfica), necesita estar

expuesto a una fuente de calor para alcanzar su punto de fusión, que es de 0°C , y así revertir el proceso y pasar al estado líquido.

Desde el momento en que el hielo alcanza los 0°C y hasta que se haya fundido por completo, su temperatura no cambiará. Esto se debe a que el calor latente se utiliza para producir la fusión, no para aumentar la temperatura del cuerpo. Una vez que el trozo de hielo se haya fundido, la temperatura del agua comenzará a elevarse debido al calor específico, hasta alcanzar el siguiente punto de cambio de estado: la ebullición, que ocurre a 100°C a una presión atmosférica a nivel del mar. En este punto, la temperatura se mantendrá estable hasta que toda la sustancia se evapore. Este proceso se indica en la siguiente gráfica.

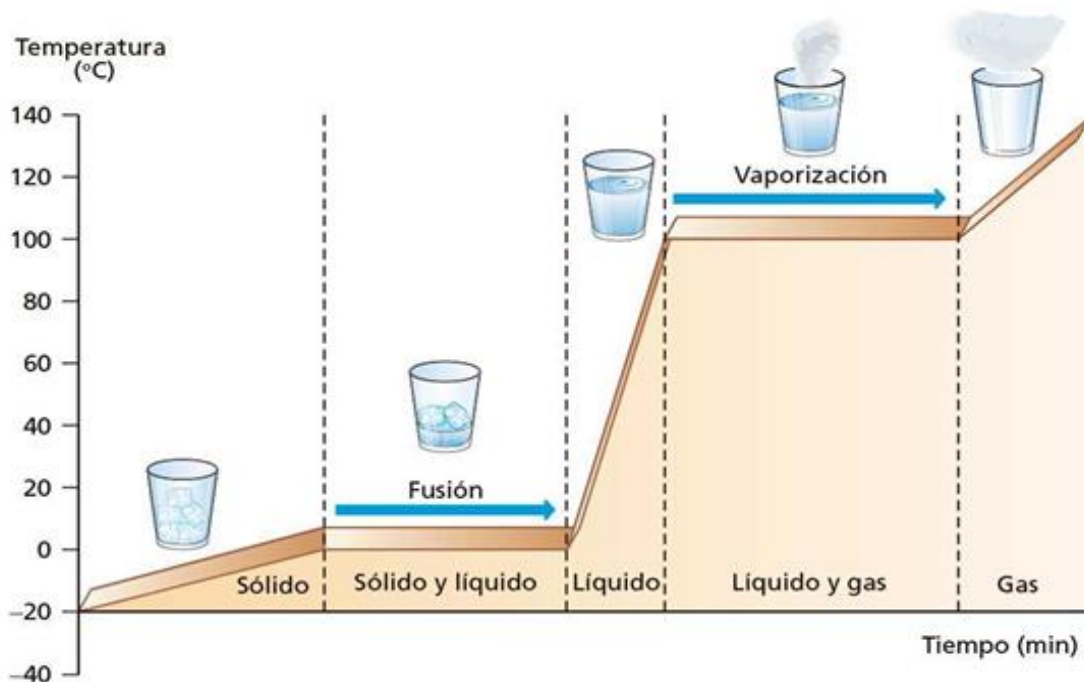


Gráfico 1: Curva de calentamiento del agua. Fuente <https://acortar.link/ytZWwH>

✓ Ahora observa el siguiente video escaneando el Qr:



Actividad a distancia - Cierre de la Unidad Didáctica

Hemos llegado al final de este hermoso recorrido. A través de los talleres, hemos estudiado el calor, la temperatura y el equilibrio térmico, así como los tipos de calor: específico y latente.

Es importante que, a partir de los estudios y análisis realizados durante este tiempo, hayan adquirido comprensiones más significativas en su aprendizaje. Por ende, como actividad final, se requiere que elaboren un escrito de manera individual que incluya los siguientes puntos, atendiendo las consideraciones para la evaluación y que debe ser entregada al docente junto con las anotaciones realizadas en la bitácora.

Actividad Individual: elaborar un escrito que responda las siguientes preguntas.

- Las sensaciones térmicas pueden darnos una aproximación a la temperatura de un cuerpo, pero no son fiables. En este caso, ¿Cuál es el instrumento que nos ayuda a medir la temperatura de un cuerpo y en qué se basa su funcionamiento?
- ¿Cuál es la condición principal para que haya una transferencia de calor entre dos cuerpos? ¿Cuándo se dice que existe un equilibrio térmico? Explique y argumente su respuesta basándose en las actividades experimentales realizadas.
- Existen dos tipos de calor: específico y latente. ¿En qué se diferencian y cómo participan en el proceso de calentamiento y ebullición del agua? Explique detalladamente utilizando las bibliografías estudiadas en los talleres y ejemplifique con la gráfica realizada en la actividad experimental del taller 4.

Consideraciones para la evaluación:

- El documento debe basarse en las preguntas señaladas en el punto anterior, incluyendo citas textuales o parafraseadas de los autores consultados.
- Debe apoyarse en los registros y análisis de las actividades experimentales realizadas, incorporando fotografías, dibujos y/o tablas de datos elaboradas por ustedes y presentadas en los talleres.
- El documento debe tener un título que refleje adecuadamente el contenido desarrollado.
- El documento debe contener una sección de referencias bibliográficas.