REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR
INSTITUTO PEDAGÓGICO DE CARACAS
Maestría en Educación mención Enseñanza de la Química
Línea de investigación: *Epistemología en la Formación Docente en Ciencias*

PROGRESIVIDAD DEL APRENDIZAJE SOBRE EL CONCEPTO DE CALORIMETRÍA EN EL LABORATORIO DESDE UNA ORIENTACIÓN EPISTÉMICA TOULMINIANA

Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar
al título de Magíster en Educación mención Enseñanza de la Química

Autor: Fernando Enrique Rodríguez Bernal
Tutora: Julia Luisa Flores Espejo

Caracas, octubre 2026

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR
INSTITUTO PEDAGÓGICO DE CARACAS
SUBDIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
Coordinación de Estudios de Postgrado

Nº _____

"PROGRESIVIDAD DEL APRENDIZAJE SOBRE EL CONCEPTO DE CALORIMETRÍA EN EL LABORATORIO DESDE UNA ORIENTACIÓN EPISTÉMICA TOULMINIANA"

POR: FERNANDO ENRIQUE RODRÍGUEZ BERNAL
C.I. Nº V- 18.024.310

Trabajo de Grado de la **Maestría en Educación mención Enseñanza de la Química,** aprobado en nombre de la *Universidad Pedagógica Experimental Libertador* por el siguiente Jurado, a los treinta y un días del mes de julio de 2026.

Dra. Julia Flores
C.I.: 5.339.090
(Tutor)

Dr. Loimar Torres
C.I.: 14.451.611

Dra. Margarita González
C.I.: 9.956.075

La presente acta se encuentra registrada en la Coordinación de Estudios de Postgrado del Instituto Pedagógico de Caracas, bajo el N° de Control:

2 026077 122511

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN 7
INTRODUCCIÓN 8
SECCIÓN I 11
EL PROBLEMA 11
Abordaje contextual del problema de investigación 11
Propósitos de la investigación 17
Justificación e Importancia de la investigación 18
Línea de investigación de adscripción 19
SECCIÓN II 21
SUSTENTACIÓN TEÓRICA Y EPISTEMOLÓGICA 21
Antecedentes relacionados con la Investigación 21
Bases teóricas 25
Enfoques de aprendizaje 25
Las características clave del enfoque por competencias son las siguientes: 30
La epistemología de Stephen Toulmin: potencialidad educativa 30
La hermenéutica 34
Fundamentación legal 36
Base conceptual definicional 38
El aprendizaje cognitivo epistemológico 40
SECCIÓN III 43
CAMINO METODOLÓGICO 43
Enfoque cualitativo – método hermenéutico 43
Sujetos actuantes 44
Escenario educativo 45
Estrategias didácticas aplicadas para el aprendizaje de la calorimetría 45
Técnicas e instrumentos de investigación 46
Procesamiento de la información 50

Fases de la investigación desarrollada en función del método hermenéutico 56
Criterios de rigor científico 59
Principios éticos 59
SECCIÓN IV 62
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS HALLAZGOS 62
A. Hallazgos derivados de la prueba de conocimientos previos 63
B. Hallazgos derivados de los mapas conceptuales 67
C. Hallazgos derivados del informe de laboratorio 73
D. Hallazgos derivados de la prueba de conocimientos desarrollados por participante 79
E. Hallazgos derivados de la observación participante 83
F. Hallazgos derivados de la triangulación cognitivo-epistémica del aprendizaje 87
SECCIÓN V 92
Develar los conocimientos previos sobre el concepto de calorimetría 92
Comprender la progresividad conceptual del aprendizaje sobre calorimetría en el contexto de situaciones problema 96
Identificación de elementos constructivos del concepto de calorimetría desde una orientación epistémica toulminiana 99
Análisis toulminiano a través de la guía de observación participante 100
Relación del aprendizaje significativo sobre calorimetría desde una orientación epistémica toulminiana 102
CONSIDERACIONES GENERALES, REFLEXIONES Y APORTES 106
Reflexiones sobre la investigación 106
Aportes a la enseñanza de la calorimetría 106
REFERENCIAS 110
ANEXO A-1 115
ANEXO A-2 119
ANEXO A-3 126
ANEXO A-4 144

LISTA DE TABLAS

CUADRO	TÍTULO	pp.
1	Modelo de aprendizaje cognitivo: enfoque y mecanismo de aprendizaje	24
2	Marco Legal	35
3	Matriz de evaluación de las pruebas escritas	48
4	Matriz de evaluación de los mapas de conceptos	49
5	Matriz de evaluación de los informes de laboratorio	49
6	Matriz de evaluación de los informes de laboratorio de acuerdo con el modelo toulminiano	51
7	Matriz de evaluación de la guía de observación participante	52
8	Hallazgos de conocimientos previos por estudiante participante	61
9	Análisis de la prueba de conocimientos previos por el grupo de estudiantes	63
10	Matriz de análisis del mapa conceptual 1 por estudiante participante	65
11	Hallazgos del análisis grupal del mapa de concepto 1	66
12	Hallazgos derivados del mapa conceptual 2 por estudiante participante	69
13	Hallazgos del análisis grupal derivados del mapa conceptual 2	70
14	Hallazgos derivados de los informes de laboratorio	72
15	Evaluación grupal del informe sobre el aprendizaje cognitivo-epistémico	75
16	Hallazgos derivados de la prueba de conocimientos desarrollados	77
17	Hallazgos grupales derivados de la prueba teórica	79
18	Matriz de análisis de la guía de observación participante por estudiante participante desde el modelo toulminiano de la captación de conceptos	81
19	Hallazgos de la observación participante del grupo desde el modelo toulminiano de la captación de conceptos	83

LISTA DE FIGURAS

GRÁFICO	TÍTULO	pp.
1	Representación de la progresividad conceptual sobre calorimetría	101

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR
INSTITUTO PEDAGÓGICO DE CARACAS
Maestría en Educación mención Enseñanza de la Química
Centro de Investigación en Ciencias Naturales Manuel Ángel Sponga
Línea de investigación: *Epistemología en la Formación Docente en Ciencias*

PROGRESIVIDAD DEL APRENDIZAJE SOBRE EL CONCEPTO DE CALORIMETRÍA EN EL LABORATORIO DESDE UNA ORIENTACIÓN EPISTÉMICA TOULMINIANA

Trabajo de grado presentada como requisito parcial para optar
al título de Magíster en Educación mención Enseñanza de la Química

Autor: Fernando Enrique Rodríguez Bernal
Tutora: Dra. Julia Luisa Flores Espejo
Fecha: octubre 2026

RESUMEN

Esta investigación, inscrita en el paradigma interpretativo con un enfoque cualitativo, tiene como propósito principal interpretar la progresividad del aprendizaje sobre el concepto de calorimetría en situaciones problema, bajo una orientación epistémica toulminiana. El estudio se fundamenta en el método hermenéutico para comprender cómo los estudiantes reconstruyen significados conceptuales en su contexto natural. El escenario fue el laboratorio de Fisicoquímica del Instituto Pedagógico de Caracas (UPEL), y los participantes fueron tres estudiantes del tercer período de 2025 de la especialidad de Química. Para la recolección de datos, se emplearon instrumentos como la observación participante, pruebas de conocimientos previos y finales, mapas conceptuales e informes de laboratorio. Los resultados identifican una progresión del aprendizaje en cuatro fases: percepción y medición, caracterización del sistema, dinámica de transferencia y formalización fisicoquímica. Se detectaron dificultades en la formalización matemática y el fenómeno de "ceguera gráfica"; no obstante, se evidenció una alta madurez epistémica, ya que los sujetos logran autorregular su aprendizaje e invalidar datos empíricos inconsistentes usando el respaldo teórico. Los principales aportes incluyen la definición de niveles jerárquicos de progresividad (empírico, relacional y abstracto) y el diseño de estrategias didácticas basadas en la clasificación de sistemas termodinámicos. El estudio concluye que el aprendizaje significativo en calorimetría requiere una articulación cognitiva y epistémica entre el lenguaje, la representación gráfica y la praxis experimental como base de la progresividad conceptual.

Descriptores: aprendizaje, calorimetría, orientación epistémica, progresividad del aprendizaje, modelo toulminiano.

INTRODUCCIÓN

La calorimetría es la técnica de medición cuantitativa de intercambio de calor, donde dichas mediciones se realizan con la ayuda de un instrumento llamado calorímetro que, por lo general, es un recipiente aislado que permite una pérdida de calor mínima al entorno (idealmente, ninguna). (Jiménez, 2016)

En ese mismo orden y dirección, la calorimetría, como ciencia de la medición del calor, juega un papel fundamental en diversas áreas del conocimiento, desde la física y la química hasta la ingeniería y la biomedicina. Sin embargo, su enseñanza y aprendizaje tradicionalmente se ha basado en enfoques memorísticos y descontextualizados, lo que limita la comprensión profunda de los conceptos y su aplicación en la resolución de problemas.

Según Flavell (1970), el conocimiento sobre los procesos cognitivos permite ampliar la memoria ante una tarea determinada, identificando la dificultad y reflexionando sobre las diversas explicaciones o respuestas que se pueden obtener en la ejecución de una tarea específica. En correspondencia, la autorregulación de los procesos cognitivos posibilita la planificación de acciones que se desarrollan durante la tarea, repasando los elementos fundamentales que permiten estar más atentos a las acciones, a fin de internalizar la explicación sobre la tarea a ejecutar (Flavell, 1970). En este sentido, la calorimetría, con sus conceptos abstractos y su dependencia de modelos matemáticos, representa un desafío particular para el aprendiz.

Es aquí donde se enfatiza la necesidad de que los estudiantes consoliden la progresividad conceptual de los fenómenos térmicos, ya que sus representaciones influyen en la forma en que interpretan los experimentos y resuelven problemas. Luego, los esquemas conceptuales**,** que parten de la organización del conocimiento de los estudiantes sobre la calorimetría, pueden ser rígidos y dificultar la adaptación a nuevas situaciones. Por último, el razonamiento analógico, el cual los estudiantes utilizan a menudo para comprender conceptos abstractos; sin embargo, las analogías pueden ser engañosas si no se utilizan correctamente.

En relación con este último, Muñoz (2013) afirma que el término del cambio conceptual ha sido utilizado con diversos significados en la enseñanza de la ciencia y la investigación acerca del aprendizaje. Significa entonces, que este término dentro de una perspectiva constructivista, se concibe como una reestructuración del conocimiento existente, donde se representa un aprendizaje profundo y difícil de lograr, comparándolo con un aprendizaje cotidiano y simple en el que se memorizan datos o se aprenden ejemplos sobre algo ya conocido.

En virtud de los planteamientos anteriores, Gutiérrez (2010) expone lo siguiente:

> la expresión "enseñanza por cambio conceptual" se refiere a la aplicación de estrategias que tomen en cuenta el conocimiento previo y experiencias del estudiante, identifiquen preconcepciones comunes, orienten la planificación de actividades más adecuadas para el entendimiento de los conceptos en ciencia y estimulen al Estudiante A modificar o crear una estructura cognitiva para el nuevo conocimiento modificado o construido Por lo tanto, la enseñanza y aprendizaje bajo este modelo exige que los docentes en su planificación metodológica deban tomar en cuenta tanto las preconcepciones de los alumnos como las estrategias que favorezcan la creación y solución de conflictos entre las ideas previas y las nuevas ideas científicas. Las estrategias de enseñanza han de incluir explícitamente actividades que asocien el cambio conceptual con la práctica de aspectos clave de la metodología científica, tal como ocurrió históricamente (p.11-20).

Sin embargo, es importante destacar que las preconcepciones aprendidas de forma significativa no son reemplazables como supuestamente se esperaba desde la teoría del cambio conceptual. Al respecto, desde la perspectiva del aprendizaje significativo de David Ausubel se ofrece una interpretación a esta situación, como se puede apreciar a continuación (Moreira y Greca, 2004):

> el cambio conceptual, en el sentido de sustituir significados no existe. El aprendizaje significativo no es borrable; significados internalizados significativamente (i.e. incorporados a la estructura cognitiva de modo no-arbitrario y no-literal) quedan para siempre en la estructura cognitiva del aprendiz, como posibles significados de un subsumidor más elaborado, rico, diferenciado. Es como si cada individuo tuviera su historia cognitiva personal y no-borrable. (p. 12)

Esta interpretación ausubeliana se relaciona más con lo que se ha denominado *progresividad conceptual del aprendizaje*, constructo destacado por Caballero (2003) y que constituirá la base interpretativa de esta investigación, realizada en torno al aprendizaje sobre calorimetría, como contenido disciplinar de la físicoquímica.

Se comprende, entonces, que la enseñanza de la fisicoquímica implica diversos procesos cognitivos involucrados en el aprendizaje significativo de la calorimetría, lo que se puede desarrollar con estrategias activas de enseñanza, entre las que se pueden mencionar las siguientes: (a) *la construcción de modelos mentales*, al utilizar actividades

que promuevan su construcción, como la creación de diagramas y la simulación de procesos; (b) *el razonamiento analógico,* guiando a los estudiantes en la construcción de analogías adecuadas y ayudarles a identificar las limitaciones de estas analogías; (c) *la resolución de problemas auténticos,* presentando problemas que requieran la aplicación de los conocimientos de calorimetría a situaciones reales; y (d) *herramientas tecnológicas*, empleando software de simulación y visualización para facilitar la comprensión de conceptos abstractos.

En coherencia con lo antes señalado, esta investigación está estructurada en las SECCIONES que se indican a continuación:

- SECCIÓN I. Se encuentra conformado por el abordaje contextual del problema de investigación, sus propósitos, su justificación e importancia, así como la línea de investigación en la cual se desarrolla el proyecto.
- SECCIÓN II. Se desarrollan las teorías que sustentan la investigación como los antecedentes, las bases teóricas, los fundamentos legales y las bases conceptuales definicionales que sustenta esta investigación.
- SECCIÓN III. Está relacionado con el abordaje metodológico de la investigación, lo que implica el paradigma, enfoque, método, sujetos participantes, escenario, técnicas e instrumentos, procedimiento, el procesamiento de la información, así como los alcances y limitaciones de la investigación.
- SECCIÓN IV. Consta de los hallazgos y análisis de la investigación.
- SECCIÓN V. Contempla la discusión e interpretación de los hallazgos, así como las reflexiones y aportes de la investigación.

Finalmente, se presentan los diferentes referentes consultados y citados, así como los anexos del presente estudio.

SECCIÓN I

EL PROBLEMA

"Vi en un sueño una mesa donde todos los elementos encajaban según lo requerido. Al despertar, inmediatamente lo escribí en una hoja de papel".
Dmitri Mendeléyev.

Abordaje contextual del problema de investigación

La calorimetría, es una rama fundamental de la fisicoquímica; a menudo se presenta como un conjunto de ecuaciones y procedimientos experimentales, que se ocupa de la medición del calor que se libera o absorbe durante las reacciones químicas (Hemminger y Hohne, 1984). Sin embargo, para una comprensión profunda y significativa, es crucial que los estudiantes construyan un marco conceptual sólido que les permita relacionar los conceptos teóricos con fenómenos reales. Es un tema fundamental en la química, ya que proporciona información importante sobre la termodinámica de las reacciones químicas. No obstante, la enseñanza tradicional de la calorimetría suele ser abstracta y memorística, lo que puede dificultar el aprendizaje de los estudiantes.

Con respecto a las consideraciones anteriores, esto implica no solo la adquisición de conocimientos teóricos, sino también la capacidad de aplicar estos conocimientos a situaciones reales y de resolver problemas. La progresividad del aprendizaje conceptual de calorimetría desde orientaciones epistemológicas toulminiana ofrece un marco teórico poderoso para abordar este desafío, enfatizando la consolidación activa del conocimiento por parte del estudiante y la importancia de los contextos históricos y culturales en la producción del conocimiento científico.

Es crucial comprender que el concepto de calorimetría a través de situaciones problemáticas, consolida epistemológicamente un aprendizaje más crítico y reflexivo sobre la diversidad de estrategias y prácticas en el laboratorio de fisicoquímica, al

implicar mucho más que simplemente enseñar conceptos. Se trata de guiar a los estudiantes hacia una comprensión de los siguientes aspectos que permiten una progresión del aprendizaje significativo desde orientaciones epistémicas sobre el concepto de la calorimetría: (a) la naturaleza de la calorimetría**,** no solo como una técnica de medición, sino como un puente entre el mundo macroscópico (observaciones experimentales) y el microscópico (procesos a nivel molecular); (b) los conceptos fundamentales como calor, temperatura, entalpía, capacidad calorífica, así como sus relaciones entre sí; (c) las aplicaciones desde la industria farmacéutica hasta la investigación en materiales, mostrando la relevancia de la calorimetría en el mundo real; y (d) la evolución histórica de los conceptos y sus técnicas a lo largo del tiempo.

La consolidación de conceptos desde una orientación epistémica, ofrece un marco teórico sólido para la enseñanza de la calorimetría. Al enfatizar sobre la progresividad activa del aprendizaje por parte del estudiante y la importancia de los contextos históricos y culturales, esta perspectiva permite a los estudiantes desarrollar una comprensión profunda y significativa de los conceptos fundamentales de la calorimetría. La implementación de estrategias didácticas basadas en este enfoque puede contribuir a mejorar el aprendizaje.

Ante los postulados anteriores, es preciso mencionar el planteamiento de Johnstone (1982), el cual aborda el nivel simbólico de la química, haciendo referencia al uso de símbolos y fórmulas químicas para representar sustancias y reacciones químicas. Este nivel es esencial para la comunicación y comprensión en química, ya que permite a los químicos expresar ideas complejas de manera concisa y universal, relacionados con el nivel submicroscópico (el mundo de partículas no observables sensiblemente) que fundamenta el nivel macroscópico de la química (sensible).

Entre las características principales del nivel simbólico, se pueden mencionar las siguientes: (a) Lenguaje universal: Los símbolos químicos y las fórmulas son comprendidos por químicos de todo el mundo, lo que facilita la comunicación y el intercambio de conocimientos; (b) Concisión: Los símbolos químicos y las fórmulas permiten representar información compleja de manera abreviada, lo que facilita la escritura y comprensión de las reacciones químicas, (c) Abstracción: Los símbolos químicos y las fórmulas representan entidades abstractas, como átomos y moléculas,

que no son directamente observables. Esto requiere un cierto nivel de abstracción y comprensión de los conceptos químicos subyacentes.

Siguiendo el mismo orden de ideas, el nivel simbólico es fundamental para el aprendizaje y la comprensión de la química, permitiendo a los estudiantes: a) Comprender la estructura y composición de las sustancias: Las fórmulas químicas revelan la composición y la forma en que los átomos se unen para formar moléculas, b) Entender las reacciones químicas: Las ecuaciones químicas representan las transformaciones que ocurren durante una reacción química, incluyendo los reactivos y productos, c) Comunicar ideas químicas de manera efectiva: El uso de símbolos y fórmulas químicas permite a los químicos comunicarse de manera clara y concisa.

En este punto es importante destacar que la epistemología de Stephen Toulmin se centra en la captación de conceptos, cuyo proceso es el corazón de todo su planteamiento epistemológico con base en el dominio del lenguaje científico, las técnicas de representación y los procedimientos de aplicación. A pesar de que su epistemología responde a la formalidad de la ciencia, es particularmente compatible con los procesos de aprendizaje de los estudiantes de los contenidos científicos, lo que se pudiera entender como una epistemología personal, como lo señala Flores Espejo (2014).

A pesar de su importancia, el nivel simbólico puede ser un desafío para los estudiantes de química, ya que requiere un cierto nivel de abstracción y comprensión de los conceptos químicos subyacentes. Los estudiantes pueden tener dificultades para: (a) comprender el significado de los símbolos y fórmulas químicas, (b) relacionar los símbolos y fórmulas químicas con los conceptos químicos que representan y (c) utilizar los símbolos y fórmulas químicas para resolver problemas químicos.

Es por ello que surgen las estrategias para mejorar la comprensión del nivel simbólico, logrando ayudar a los estudiantes a comprender el nivel simbólico, los profesores pueden utilizar diversas estrategias, tales como: (a) Explicar el significado de los símbolos y fórmulas químicas de manera clara y concisa; (b) Utilizar analogías y ejemplos para relacionar los símbolos y fórmulas químicas con los conceptos químicos que representan; (c) Proporcionar a los estudiantes oportunidades para practicar el uso de símbolos y fórmulas químicas en diferentes contextos y, por último; (d) Utilizar

herramientas visuales, como modelos y diagramas, para ayudar a los estudiantes a visualizar las entidades abstractas que representan los símbolos y fórmulas químicas.

En tal sentido, el nivel simbólico es un componente esencial de la química que permite a los químicos comunicarse y comprender ideas complejas de manera efectiva. Si bien puede ser un desafío para los estudiantes, existen diversas estrategias que los profesores pueden utilizar para mejorar su comprensión de este nivel.

Después de los preceptos mencionados, se plantea la calorimetría, la cual ofrece un escenario ideal para explorar la progresividad conceptual del aprendizaje en estudiantes universitarios. A través de la experimentación en el laboratorio de fisicoquímica, los estudiantes no solo adquirirán conocimientos teóricos sobre calor, energía y cambios de estado, sino que también desarrollarán habilidades prácticas y una comprensión más profunda de los fenómenos físicos y químicos involucrados.

De acuerdo con los razonamientos que se han venido realizando, se devela la complejidad de la concepción del conocimiento, al ofrecer una ruta que nos lleva por un tránsito hacia el tema y hacia el ser abstracto. El conocimiento se enfrenta con unos principios materiales, científicos, de tal manera que el cuerpo teórico del conocimiento pregunta por la verdad del pensamiento, en virtud a ello, por su concordancia con el objeto, para llegar a una explicación e interpretación del conocimiento sobre ese objeto. (Molina- Gutiérrez y Otros, 2024)

La calorimetría ofrece un escenario ideal para explorar la progresividad del aprendizaje de sus principios y preceptos conceptuales en estudiantes universitarios. A través de la experimentación en el laboratorio, los estudiantes no solo pueden aprender conocimientos teóricos sobre calor, energía y cambios de estado, sino también desarrollar habilidades prácticas y una comprensión más profunda de los fenómenos físicos involucrados, además de una mejor comprensión del proceso de construcción del conocimiento científico, lo que permite un progreso conceptual y epistemológico del aprendizaje. En este contexto de ideas, este estudio se propone comprender cómo los estudiantes consolidan el aprendizaje de forma significativa al enfrentar situaciones problemáticas relacionadas con calorimetría en el laboratorio de fisicoquímica.

Ante los preceptos mencionados, la calorimetría es la rama de la termodinámica que se encarga de medir la cantidad de calor liberada o absorbida en un proceso físico

o químico. Su objetivo principal es cuantificar los cambios de energía térmica que ocurren durante estas transformaciones. Entre sus principios se puede mencionar: (a) *Conservación de la energía*: La base de la calorimetría es el principio de conservación de la energía, que establece que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma, lo que responde a la primera ley de la termodinámica; en un sistema aislado, el calor cedido por un cuerpo es igual al calor absorbido por otro; (b) *Capacidad calorífica*: Cada sustancia tiene una capacidad calorífica específica, que es la cantidad de calor necesaria para elevar su temperatura en una unidad; esta propiedad es crucial para los cálculos calorimétricos; (c) *Calorímetro*: El instrumento utilizado para medir el calor se llama calorímetro; existen diferentes tipos de calorímetros, desde los simples vasos de Dewar hasta los sofisticados calorímetros de bomba, diseñados para reacciones de combustión. (Salvi y Schettino, 2019).

El concepto de calor ha evolucionado a lo largo de la historia, y es allí donde surge *Antoine Lavoisier* (1743-1794) considerado el padre de la calorimetría moderna. Junto con Pierre-Simon Laplace, desarrolló el calorímetro de hielo, un instrumento que medía el calor liberado o absorbido por una sustancia mediante la cantidad de hielo fundido. Las contribuciones de Lavoisier fueron fundamentales para establecer la calorimetría como una ciencia cuantitativa. Sus experimentos y mediciones sentaron las bases para el desarrollo posterior de la termodinámica y la química física. (Salvi y Schettino, 2019)

En definitiva, la calorimetría es una herramienta esencial para comprender y cuantificar los cambios de energía térmica en diversos procesos. Gracias a pioneros como Lavoisier, actualmente se cuenta con técnicas y equipos avanzados que nos permiten explorar el mundo del calor con gran precisión.

Esta investigación plantea la progresividad conceptual del aprendizaje, el cual se refiere al proceso gradual y secuencial mediante el cual los estudiantes construyen una comprensión cada vez más profunda y compleja de los conceptos. Este proceso implica la transición desde ideas iniciales, a menudo intuitivas o incompletas, hacia una comprensión más elaborada, abstracta y conectada con otros conceptos. (Monereo, 1999)

En relación con lo anterior, se plantea el desarrollo de las estrategias metacognitivas para conseguir la explicitación progresiva. Debe abordarse mediante una

doble vía: como un proceso de profundización de los niveles representacionales y como un proceso de traducción de las representaciones a lenguajes formales. Uno de los grupos más influyentes que promueve el desarrollo de las estrategias metacognitivas para profundizar en la representación del conocimiento es el liderado por Novak y Musonda (1991). Estos autores, tomando como punto de partida la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel, proponen el uso de mapas conceptuales que ayuden a los alumnos a reflexionar sobre sus propias ideas y a clarificar la forma en que están conectadas. En cuanto a las actividades que potencian la traducción de representaciones intuitivas a los lenguajes formales de la ciencia, el equipo dirigido por Lemke (Lemke, 1993; Mortimer, 1998) propone «hacer ciencia a través del lenguaje», afirmación que llevaría implícita la idea de que aprender ciencia es, en último extremo, aprender a hablar ciencia, entendiendo que el lenguaje es el instrumento por excelencia para construir significados

Siguiendo el mismo orden de ideas, la progresividad conceptual del aprendizaje es un proceso complejo y continuo que requiere un enfoque pedagógico reflexivo y centrado en el estudiante. Es decir, la progresividad conceptual vinculada con la calorimetría requiere un enfoque integral que combine la teoría, la experimentación y la reflexión. Al proporcionar a los estudiantes oportunidades para explorar, investigar y conectar los conceptos con el mundo real, se promueve una comprensión profunda y duradera de esta importante área de la fisicoquímica.

Son prácticamente inexistentes las investigaciones relacionadas con la progresividad conceptual sobre calorimetría. Sin embargo, algunas otras investigaciones en torno a progresividad conceptual se han reportado y servirán de soporte a la presente investigación. Entre ellas están las siguientes, desarrolladas en la educación venezolana sobre: (a) el concepto de ambiente (Arana y González, 2006), (b) el concepto de hidrólisis enzimática (Torres y Flores Espejo, 2019), (c) la construcción reflexiva de enunciados epistemológico sobre el concepto de ciencia (Flores Espejo, 2020), (d) el aprendizaje basado en proyectos (Torres, 2020) y (e) el concepto de fermentación alcohólica (López, 2026).

En virtud de lo expuesto, surgen las siguientes interrogantes: ¿Cuáles son los conocimientos previos de los estudiantes sobre el concepto de calorimetría? ¿Cómo los

estudiantes desarrollan la progresividad conceptual del aprendizaje sobre calorimetría en el contexto de situaciones problemas? ¿Cómo los estudiantes construyen el concepto de calorimetría desde una orientación epistémica toulminiana en el contexto de situaciones problemas? Y, por último, ¿Cómo ocurre la relación entre el aprendizaje significativo de los estudiantes sobre calorimetría desde una orientación epistémica toulminiana?

Partiendo de lo antes mencionado, resulta oportuno abordar el aprendizaje significativo, el cual es un enfoque educativo que se basa en la idea de que los estudiantes consoliden su conocimiento a través de procesos activos de interacción con el mundo que los rodea. Este enfoque enfatiza la importancia de que los estudiantes desarrollen una comprensión profunda de los conceptos científicos, así como las habilidades para investigar y resolver problemas.

Este estudio tiene como propósito abordar esta brecha de investigación al examinar situaciones problemáticas, basada en la progresividad del aprendizaje sobre el concepto de calorimetría en el laboratorio de fisicoquímica, desde una orientación epistémica.

Propósitos de la investigación

Propósito general

Interpretar la progresividad del aprendizaje sobre el concepto de calorimetría en el contexto de situaciones problemas en el curso de Fundamentos de Fisicoquímica desde una orientación epistémica toulminiana en estudiantes del Instituto Pedagógico de Caracas.

Propósitos específicos

1. Develar los conocimientos previos de los estudiantes sobre el concepto de calorimetría.
2. Comprender la progresividad conceptual del aprendizaje de los estudiantes sobre calorimetría en el contexto de situaciones problemas.

3. Identificar elementos constructivos del concepto de calorimetría de los estudiantes desde una orientación epistémica toulminiana en el contexto de situaciones problemas.
4. Relacionar el aprendizaje significativo de los estudiantes sobre calorimetría desde una orientación epistémica toulminiana.

Justificación e importancia de la investigación

El estudio de la progresividad del aprendizaje del concepto de calorimetría en el laboratorio de fisicoquímica, desde una orientación epistémica toulminiana, se justifica por varias razones fundamentales, entre las que se pueden mencionar a continuación

Naturaleza del aprendizaje significativo: La epistemología del aprendizaje significativo sostiene que el conocimiento no se transmite pasivamente, sino que se consolida activamente por el aprendiz. En este sentido, comprender la progresividad del aprendizaje de la calorimetría implica analizar cómo los estudiantes analizan y consolidan gradualmente su comprensión de este concepto, desde ideas previas hasta modelos científicos más sofisticados. Esto requiere investigar las etapas de desarrollo cognitivo, las dificultades conceptuales y las estrategias de aprendizaje que los estudiantes emplean.

Dificultades conceptuales y progresividad conceptual: La calorimetría involucra conceptos abstractos como calor, temperatura, energía interna y capacidad calorífica, que a menudo son difíciles de comprender y diferenciar. Los estudiantes suelen tener ideas previas erróneas o incompletas sobre estos conceptos, lo que dificulta el aprendizaje significativo. El estudio de la progresividad del aprendizaje permite identificar estas dificultades conceptuales y diseñar estrategias de enseñanza que promuevan la progresividad conceptual hacia una comprensión científica más precisa.

Desarrollo de habilidades científicas: La calorimetría no solo implica la comprensión de conceptos, sino también el desarrollo de habilidades científicas como la medición, la experimentación, el análisis de datos y la modelización. El estudio de la progresividad del aprendizaje permite analizar cómo los estudiantes desarrollan estas habilidades a lo largo del tiempo, y cómo se relacionan con su comprensión conceptual.

Relevancia para la enseñanza y el diseño curricular: La investigación sobre la progresividad del aprendizaje de la calorimetría proporciona información valiosa para la

enseñanza y el diseño curricular. Permite diseñar secuencias de enseñanza que se adapten a las necesidades y dificultades de los estudiantes, y que promuevan un aprendizaje significativo duradero. También permite evaluar la eficacia de diferentes estrategias de enseñanza y diseñar materiales educativos que apoyen el desarrollo de la comprensión conceptual y las habilidades científicas.

Desde la dimensión axiológica, permitirá construir significados epistemológicos a través de la progresividad conceptual sobre calorimetría, proporcionando a los estudiantes elementos para enfrentar los cambios o dinamización de los retos del siglo XXI y avance progresivo del estado nación.

En cuanto a la dimensión ontológica, se enfatiza la importancia de dicho estudio, ya que a través de este los estudiantes consolidarán nuevos conocimientos vinculados con la calorimetría en la enseñanza de la fisicoquímica para alcanzar la progresividad del aprendizaje conceptual.

Línea de investigación de adscripción

Esta investigación se encuentra registrada en la línea de investigación denominada *Epistemología en la Formación Docente en Ciencias*, del Centro de Investigación en Ciencias Naturales Manuel Ángel González Sponga (CICNAT). Responde a aspectos relacionados con la naturaleza del conocimiento científico, el cual radica en la evolución de los conceptos científicos*,* cómo se construye y evoluciona el conocimiento científico. Particularmente, el estudio de la calorimetría permite analizar cómo el concepto de "calor" ha cambiado a lo largo de la historia, desde las primeras ideas sobre el calórico hasta la comprensión moderna de la energía térmica, donde se puede examinar cómo los experimentos, las teorías y los modelos han influido en la transformación de este concepto y cambio de paradigmas científicos.

El desarrollo de la calorimetría, con sus avances y correcciones, ejemplifica cómo los paradigmas pueden cambiar a medida que se acumulan nuevas evidencias y se proponen nuevas teorías. Además, los procesos de aprendizaje científico se constituyen por la construcción progresiva del conocimiento. En este sentido, la progresividad conceptual se centra en cómo los individuos construyen su comprensión de los

conceptos científicos. La epistemología, por su parte, analiza cómo se construye el conocimiento científico en general, lo que implica la construcción conceptual que realizan los científicos y la construcción de significados conceptuales que realizan los estudiantes para comprender los conceptos científicos.

Al estudiar cómo los estudiantes aprenden calorimetría, se pueden obtener ideas sobre los procesos cognitivos involucrados en la construcción de los significados conceptuales sobre el conocimiento científico, lo que se puede comprender desde la teoría ausubeliana y la epistemología toulminiana aplicada al contexto del aprendizaje de la ciencia.

Otro aspecto es la naturaleza de las teorías y modelos científicos**,** lo que en calorimetría implica el uso de teorías y modelos para explicar y predecir fenómenos relacionados con la energía calorífica. La naturaleza de las teorías y modelos científicos, su función en la investigación y su relación con la realidad, y el análisis de cómo los estudiantes utilizan y comprenden los modelos calorimétricos pueden proporcionar información sobre su comprensión de la naturaleza de las teorías y modelos científicos como resultado de una comprensión conceptual progresiva que contribuirá a mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

SECCIÓN II

SUSTENTACIÓN TEÓRICA Y EPISTEMOLÓGICA

"No sé si estoy equivocado, pero parece que se pueden obtener más verdades importantes para la humanidad desde la química que desde cualquier otra ciencia".
Samuel Hahnemann

En esta sección se presentan los antecedentes en que se fundamenta la investigación, la gama de conceptualizaciones que servirán de basamentos epistemológicos a la investigación: modelos de aprendizaje, estrategias didácticas, la calorimetría, entre otros.

Antecedentes relacionados con la Investigación

Torres (2020), en su Tesis Doctoral titulada *Progresividad Conceptual y Metacognición en Ambientes de Aprendizaje Basado en Proyectos en Química Aplicada en el Instituto Pedagógico de Caracas, UPEL,* desarrolló una investigación cualitativa bajo el paradigma interpretativo-hermenéutico y el método fenomenológico-hermenéutico con estudiantes de la especialidad de Química, en el cual, el objetivo central fue comprender las evidencias de progresividad conceptual y las estrategias metacognitivas asociadas en escenarios de Aprendizaje Basado en Proyectos ABP.

En consecuencia, demostró que el aprendizaje de conceptos científicos evoluciona de forma progresiva e idiosincrásica desde un nivel definitorio-memorístico hacia un nivel aplicado y operativo, siendo la experiencia investigativa real el motor de esta movilidad. De este estudio emergió la propuesta teórica del Aprendizaje Conceptual Dinámico, fundamentado en cinco principios: energéticos y evolutivos, conservación, entropía, selección natural, adaptación y evolución.

De manera fehaciente, el aporte de su investigación Ofrece el fundamento empírico para comprender cómo la práctica de laboratorio promueve la transición desde

el uso declarativo de los conceptos hacia su uso operativo y contextualizado en fisicoquímica.

Torres y Flores (2019), en su investigación sobre *Progresividad del Aprendizaje sobre el Concepto de Hidrólisis Enzimática en el Laboratorio usando Mapas Conceptuales*, planteando una investigación de campo, sustentada en la teoría constructivista del aprendizaje significativo propuesta por Ausubel y enmarcada en el paradigma interpretativo, se realizó con docentes en formación de la especialidad de Biología en un curso de Bioquímica del pregrado del Instituto Pedagógico de Caracas.

Como objetivo se tuvo evaluar la progresividad en el aprendizaje significativo del concepto de hidrólisis enzimática, a través del uso de mapas conceptuales (MC), tras la aplicación de este en la resolución de un problema práctico de laboratorio abordado con una orientación investigativa. Participaron ocho estudiantes quienes elaboraron MC en tres momentos didácticos distintos donde se empleó el método de puntuación unitaria para evaluar su calidad constructiva. Las puntuaciones de los MC de cada uno de los estudiantes se usaron para analizar su calidad constructiva. Los resultados revelaron progresividad conceptual en torno a la construcción de significados conceptuales sobre la hidrólisis enzimática, en cuyo proceso se apreció la importancia de la utilidad de los MC como herramientas para evidenciar la forma en la que los estudiantes reconstruyen sus significados conceptuales. Se infiere de esta manera la modificación de la estructura cognoscitiva de los estudiantes en el contexto de aprendizaje del laboratorio de bioquímica, bajo una orientación didáctica investigativa.

A manera de conclusión, la investigación permitió valorar el uso de los MC en los procesos orientados tanto al aprendizaje significativo de conceptos científicos como a la evaluación de estos, brindando información útil con relación a la progresividad conceptual que experimenta el estudiante durante el proceso constructivo de aprendizajes significativos.

Otro aporte de relevancia se presenta en la investigación desarrollada por Flores, Caballero y Moreira (2013), el cual fue un trabajo de tipo teórico, un aporte interpretativo de la Teoría del Aprendizaje Significativo de David Ausubel, que tiene como propósito revelar su potencial de aplicación en el laboratorio didáctico de ciencias de forma coherente con sus principios básicos. En virtud de que la teoría ausubeliana tuvo sus

raíces aplicativas en el aula de clases, ha sido poco el esfuerzo realizado para entender su potencialidad en un complejo ambiente de aprendizaje como el laboratorio didáctico de ciencias bajo un enfoque didáctico constructivista, como lo señalan dichos autores. Es por ello que se hace necesario replantear los principios básicos de esta teoría, considerando las condiciones ausubelianas de aprendizaje, para poder generar una interpretación teórica que permita una actuación didáctica en el laboratorio que sea coherente, práctica y productiva. Por lo tanto, este abordaje teórico contempla los siguientes aspectos: (a) los principios básicos de la Teoría del Aprendizaje Significativo, (b) los conocimientos previos, (c) los materiales de aprendizaje, y (d) la actitud de aprendizaje.

Recientemente, López (2026) reportó una investigación sobre progresividad conceptual en torno al aprendizaje sobre fermentación alcohólica en estudiantes de tercer año de educación media general usando un abordaje indagatorio, investigativo, en el laboratorio de química. En esta investigación utilizó la herramienta heurística denominada diagrama V de Gowin, que implica 3 grandes aspectos estructurales: el marco problemático, el marco teórico-conceptual integrado a mapas conceptuales y el marco metodológico. Los hallazgos revelan un ritmo de aprendizaje diferencial entre los estudiantes, así como productos de aprendizaje con niveles diferentes de calidad constructiva, lo que es consistente con lo señalado desde la teoría del aprendizaje como conocimientos previos, la actitud de aprendizaje y la significatividad lógica y psicológica de los materiales de aprendizaje en un contexto cotidiano de la elaboración de la bebida popular denominada chicha andina.

De esta manera, este trabajo constituye un esfuerzo por darle pertinencia a la teoría en el laboratorio didáctico de ciencias, cuyo eje central es la construcción de significados durante un proceso de asimilación conceptual, que es la esencia cognitiva del aprendizaje significativo.

Por otra parte, la investigación etnográfica de Arana y González (2006) sobre enriquecimiento del concepto de ambiente tuvo un carácter crítico interpretativo con estudiantes de Educación Ambiental en educación superior. La clave interpretativa consistió en abordar el avance progresivo conceptual desde conocimientos previos muy básicos hasta conceptos muy formalizados; para ello usaron niveles de complejidad

enumerados del 1 al 22, la idea de ambiente como todo aquello que nos rodea hasta un concepto más robusto en el que se establecen relaciones e interacciones entre los sistemas.

Asimismo, la investigación de Flores Espejo (2020) en torno a la construcción de enunciados epistemológicos sobre la ciencia permitió comprender cómo los estudiantes construyeron cuatro tipos de enunciado en su proceso hasta lograr generar acercamientos que respondían más a la naturaleza de la ciencia. Así surgieron 18 conceptos en torno a la ciencia que fueron progresivamente ordenándose en el proceso cognitivo del estudiante, el cual se caracterizó a través de los siguientes dos criterios: (a) la discriminación progresiva de un enunciado epistemológico de otros tipos de enunciados con los que se le confundían, tales como los de visión de mundo (VM), los de conocimiento científico (EC) y los de aprendizaje (EA); y (b) el nivel de abstracción y complejidad, lo que requería un esfuerzo cognitivo por desmarcar el enunciado de su inmediatez empírica para darle un sentido más abstracto y con un significado que rebasaba la simple objetividad, colocando así al enunciado con un carácter filosófico para rendir cuenta de una construcción cada vez más acorde de la ciencia en su entramado de complejidad epistémica. Así se llegó a la conclusión de que este proceso constructivo se caracterizó por ser "(a) inicialmente confuso, (b) cognitivamente demandante de pensamiento abstracto, (c) reflexivo, (d) complejo, (e) sustancialmente creativo, (f) con diferenciación conceptual progresiva (g) conceptualmente discriminativo de enunciados como VM, EA y EC, y (h) explícitamente mejorable" (p. 227).

Estos antecedentes ponen de manifiesto que es importante tener en cuenta que las investigaciones realizadas desde el constructo ausubeliano denominado progresividad, evolución o enriquecimiento conceptual no responden a un dogmatismo metodológico sino que está abierto a la creatividad del investigador, manteniendo un denominador común: las ideas progresivas que se construyen del concepto científico en particular desde lo simple a lo complejo, desde lo concreto a lo abstracto, desde lo disperso a lo integrado, desde lo meramente declarativo hasta lo aplicativo, desde lo meramente aplicativo hasta lo transformativo, desde un aprendizaje pasivo hasta un aprendizaje activo, desde las respuestas a las preguntas, desde los fragmentado a lo integrado, desde lo repetitivo hasta lo argumentativo, desde lo significativo hasta lo

significativo crítico. De este modo, el proceso de investigación al respecto se mantiene abierto ante la realidad en la cual se construye constantemente el significado conceptual y ante los medios metodológicos que el investigador implementa para abordar la realidad de estudio de acuerdo con los referentes teóricos que pueden sostener su interpretación de forma coherente.

Bases teóricas

En este apartado se abordan los aspectos teóricos que sirvieron de referencia y sustento a esta investigación. Al respecto, se consideran los enfoques de aprendizaje, la epistemología de Stephen Toulmin y la hermenéutica.

Teorías de aprendizaje

Entre las teorías de aprendizaje que le dan soporte a la investigación desarrollada están los siguientes: el cognitivo, el aprendizaje significativo, el experiencial y el de competencias. A continuación, se describen las bases teóricas de cada uno de ellos.

Aprendizaje cognitivo

El aprendizaje es un proceso fundamental en el desarrollo humano, que nos permite adquirir conocimientos, habilidades y actitudes para desenvolvernos en el mundo. A lo largo de la historia, diversos psicólogos y pedagogos han propuesto diferentes modelos para explicar cómo se produce el aprendizaje. Entre los más influyentes encontramos los modelos de Jean Piaget, David Ausubel y Lev Vygotsky.

Las estrategias didácticas son herramientas que utilizan los docentes para facilitar el aprendizaje de los estudiantes. Existen diversas estrategias, cada una con sus propias características y beneficios. En este documento, se analizan tres tipos de aprendizaje de relevancia en la actualidad: el aprendizaje significativo, el aprendizaje experiencial y el aprendizaje por competencias, los cuales permiten estrategias didácticas valiosas que pueden utilizarse para crear experiencias de aprendizaje ricas y significativas para todos

los estudiantes. Las estrategias fomentan la participación activa de los estudiantes, el desarrollo de habilidades del siglo XXI y el aprendizaje a lo largo de la vida. A continuación, cada uno de estos tipos de aprendizaje se abordan desde sus propias bases teóricas.

Aprendizaje significativo

Ausubel (2000) se interesó en el aprendizaje significativo, que se produce cuando la nueva información se relaciona con los conocimientos previos del aprendiz. Propuso tres tipos de aprendizaje significativo: a) *Aprendizaje por recepción*: el aprendiz recibe la información de forma pasiva, como en una conferencia; b) *Aprendizaje por descubrimiento*: el aprendiz descubre la información por sí mismo, como en un experimento; y c) *Aprendizaje por recepción guiada*: el aprendiz recibe la información de forma organizada y con la ayuda de un guía, como en una clase.

Ausubel también destacó la importancia de los *organizadores previos*, que son conceptos familiares que se utilizan para conectar la nueva información cuando los conocimientos previos del aprendiz son muy escasos o inexistentes.

Tabla 1

Modelo de aprendizaje cognitivo: enfoque y mecanismo de aprendizaje

Modelo	Enfoque Principal	Mecanismo de Aprendizaje
Ausubel	Aprendizaje Significativo	Recepción, Descubrimiento y Recepción Guiada

El modelo de Ausubel ha aportado importantes contribuciones a la comprensión del aprendizaje. Ofrece una perspectiva única sobre cómo los estudiantes aprenden y cómo podemos diseñar entornos de aprendizaje efectivos. Es importante destacar que este modelo no es excluyente, sino que pueden complementarse entre sí. En la práctica educativa, se pueden utilizar estrategias basadas en modelos para crear experiencias de aprendizaje ricas y significativas para todos los estudiantes.

El aprendizaje significativo se produce cuando la nueva información se relaciona con los conocimientos previos del estudiante, de manera que este pueda comprenderla y retenerla a largo plazo. El aprendizaje significativo se caracteriza porque: (a) la nueva información se relaciona con los conocimientos previos del estudiante, (b) el estudiante está motivado para aprender, (c) el aprendizaje es duradero y (d) el conocimiento es transferible a otras situaciones.

Algunas estrategias para implementar el aprendizaje significativo son*:* (a) utilizar materiales potencialmente significativos como organizadores previos, mapas conceptuales o diagrama V; (b) relacionar la nueva información con la vida real del estudiante; (c) fomentar la participación activa del estudiante en el proceso de aprendizaje; y (d) evaluar el aprendizaje de manera significativa, utilizando tareas que requieran que el estudiante aplique su conocimiento.

En este sentido podemos considerar que, el Aprendizaje Significativo Crítico es, sin duda, una evolución trascendental de la teoría clásica de David Ausubel. Donde, Ausubel plantea de manera originaria que para poder aprender significativamente solo ameritábamos conectar la nueva información con lo que ya sabíamos, lo que bajo su teoría denominó como: los conceptos subsumidores o las ideas de anclaje. En correspondencia, Moreira visualizó en la entrada del siglo XXI que esto ya no era suficiente, porque nos encontramos en un mundo inundado de información, donde, puedes memorizar o comprender algo perfectamente, pero aun así su aceptación sería de forma pasiva o ingenua. En aras a estas premisas, lo que se pretende ilustrar es que, mientras que el aprendizaje significativo tradicional busca la integración del conocimiento, el enfoque crítico busca la emancipación del sujeto. En tal sentido pretende una estructura sin sumisión cultural, es decir, se pretende que el estudiante viva en su cultura, más no sea dominado por ella, entendiendo las normas sociales y de la ciencia, pero sin perder la capacidad de cuestionarlas. Por otra parte, el estudiante debe permear en la aceptación de la perplejidad, considerando que el conocimiento no es una verdad absoluta ni terminada, por el contrario, el estudiante crítico interpreta que el conocimiento humano es incierto y predomina en su evolución.

Moreira, propone una serie de principios para que su planteamiento teórico sea efectivo, que rompen con la educación tradicional. Es decir, considera enseñar no

partiendo de las respuestas, sino, de las preguntas, ya que las mismas bien formuladas son las que en efecto activan el conocimiento, guiando la búsqueda del sentido, tanto que las respuestas en cierta medida estancan el pensamiento. Como segundo principio, se basa en la pluralidad de los recursos de aprendizaje, alegando que el estudiante al consultar, por ejemplo, un solo libro de texto, este la asume como única verdad, tanto que, al contrastar, con diversas fuentes, artículos, libros, videos etcétera. Este se ve obligado a comparar la información, lo que le permitirá evaluar la misma en función de la credibilidad, para tomar su decisión. De igual manera, se basa en el principio de que el estudiante no es un consumidor de dicho contenido, sino el que construye el significado en su mente, lo que implica la capacidad de parafrasear la información, de representar la información a través de procesadores de información y aplicar el conocimiento en situaciones reales. Morera como principio, propone utilizar el error en vez de castigarlo, lo plantea como la ventana para observar cómo está estructurado el pensamiento del estudiante, y así, poder reorientar el aprendizaje.

Para efectos de esta investigación, la aplicación del aprendizaje significativo crítico, la podemos dispar entre lo que tradicionalmente se considera bajo el estudio de la calorimetría, como un aprendizaje memorístico de fórmulas como la del calor sensible, y resolver problemas de corte algebraicos de forma mecanizada, como mezclas en un calorímetro ideal, lo que pudiésemos considerar un reduccionismo. Lo que implicaría en Moreira, un aprendizaje significativo subordinado y pasivo. En este sentido, para transformarlo en crítico, debemos permear un enfoque en la calorimetría no como un conjunto de ecuaciones, sino como la ciencia que explica la transferencia de energía en el mundo real, considerando sus pérdidas, su impacto tecnológico y sus malentendidos cotidianos.

Bajo la matriz epistémica de Caballero (2003), la autora sostiene que la cognición humana en el escenario pedagógico se desmarca categóricamente de cualquier reduccionismo mecanicista o acumulación asociativa de información, para configurarse como un fenómeno de metamorfosis semántica y ontogénesis conceptual continua.

En este sentido, postula como la progresividad conceptual, no es una mera secuenciación cronológica de contenidos, sino una dinámica de reestructuración profunda en la que el andamiaje cognitivo del sujeto se somete a procesos de

desestabilización, diferenciación e integración de significados. Lo que implica, que el aprendizaje duradero emerge como una propiedad de redes conceptuales cada vez más densas y polifacéticas; es decir, una transición donde las pre estructuras nocionales del estudiante no se anulan, sino que se subsumen y complejizan a través de interacciones dialécticas con el nuevo objeto de conocimiento.

Así, se consolida la arquitectura del saber, no por la adición de datos fragmentarios, sino por la capacidad del discente para orquestar síntesis integradoras de mayor abstracción, logrando que el significado evolucione desde la intuición pragmática hacia una sofisticación conceptual críticamente transferible a las contingencias de su realidad objetiva.

En consecuencia, la integración de los aportes de Ausubel, Moreira y Caballero permite fundamentar propuestas didácticas orientadas a promover aprendizajes duraderos, críticos y progresivamente más complejos, favoreciendo que los estudiantes construyan significados relevantes y aplicables a diversos contextos de su realidad académica y social.}

Aprendizaje experiencial

El aprendizaje experiencial se basa en la idea de que los estudiantes aprenden mejor a través de la experiencia directa. De esta manera, los estudiantes participan en actividades que les permiten poner en práctica sus conocimientos y habilidades en situaciones reales.

El aprendizaje experiencial se caracteriza porque los estudiantes aprenden haciendo, la experiencia es el centro del proceso de aprendizaje y el aprendizaje es reflexivo y crítico. Las estrategias para implementar el aprendizaje experiencial pueden ser simulaciones y juegos de rol, estudios de caso, proyectos y aprendizaje servicio.

Aprendizaje por competencias

El aprendizaje por competencias es una metodología pedagógica que se centra en el desarrollo de habilidades y conocimientos que permitan a los estudiantes aplicar lo

aprendido en situaciones reales. En lugar de centrarse únicamente en la transmisión de contenidos teóricos, este enfoque enfatiza la adquisición de capacidades prácticas y la capacidad de resolver problemas (Pimienta, 2012).

Las características clave del enfoque por competencias son las siguientes:

- *Centrado en el estudiante*: El aprendizaje es activo y personalizado, y el estudiante es el protagonista de su propio proceso de aprendizaje.
- *Desarrollo de habilidades*: Se busca desarrollar habilidades cognitivas, socioemocionales y prácticas que permitan al estudiante enfrentar desafíos y tomar decisiones.
- *Aprendizaje significativo*: Los conocimientos se adquieren a través de la resolución de problemas y la aplicación en contextos reales, lo que facilita la retención y la transferencia del aprendizaje.
- *Evaluación auténtica*: La evaluación se centra en la demostración de las competencias adquiridas en situaciones reales, más allá de los exámenes tradicionales.

La epistemología de Stephen Toulmin: potencialidad educativa

Bajo la argumentación de la epistemología de Stephen Toulmin, representa una de las contribuciones más significativas para comprender la construcción del conocimiento científico desde una óptica dinámica, contextual y argumentativa. En base a sus planteamientos, estos permiten superar la visión tradicional de la ciencia entendida únicamente como acumulación de contenidos o aplicación mecánica de métodos rígidos de corte simplista, orientando el análisis hacia la forma en que los sujetos construyen, justifican y validan el conocimiento mediante procesos argumentativos.

Extrapolando estas consideraciones bajo el contexto educativo, explícitamente en la enseñanza de las ciencias, esta propuesta adquiere gran relevancia porque favorece la comprensión de los procesos mediante los cuales los estudiantes captan conceptos científicos, reorganizan sus estructuras cognitivas y desarrollan capacidades de argumentación. En el cual se puede considerar que implica reconocer que aprender

ciencias no consiste únicamente en memorizar definiciones o fórmulas, sino en construir explicaciones fundamentadas, analizar evidencias y justificar razonamientos en situaciones problemáticas.

Como sugiere Stephen Toulmin (1958), en su obra The Uses of Argument, el razonamiento humano se construye a partir de estructuras argumentativas que permiten sustentar afirmaciones mediante evidencias y justificaciones. Lo que implica que, para el autor, la argumentación constituye un proceso racional mediante el cual las personas elaboran conclusiones sustentadas en datos, garantías y respaldos teóricos. Desde esta perspectiva, el conocimiento científico no se concibe como absoluto o definitivo, sino como una construcción susceptible de análisis, revisión y validación.

Así mismo, Toulmin (1958) sostiene que toda argumentación científica se estructura mediante seis componentes fundamentales: dato (*data*), conclusión o pretensión (*claim*), garantía (*warrant*), respaldo (*backing*), calificador modal (*qualifier*) y reserva o refutación (*rebuttal*). Lo que significa que esta estructura argumentativa permite comprender cómo se construyen y validan las explicaciones científicas dentro de contextos específicos.

Considerando el ámbito educativo, esta propuesta posee una amplia potencialidad pedagógica debido a que promueve procesos cognitivos superiores relacionados con la comprensión conceptual, el pensamiento crítico y la resolución de problemas. En consideración con lo expuesto por Jiménez-Aleixandre y Díaz de Bustamante (2003), la argumentación científica favorece la construcción del conocimiento porque permite a los estudiantes relacionar evidencias con explicaciones, contrastar ideas y desarrollar habilidades para justificar sus afirmaciones.

Desde esta perspectiva, la captación de conceptos científicos ocurre cuando el estudiante logra establecer relaciones significativas entre los conocimientos previos y los nuevos contenidos. En correspondencia con Ausubel (2000), el aprendizaje significativo se produce cuando la nueva información se incorpora de manera sustancial a la estructura cognitiva del sujeto. En este sentido, la epistemología toulminiana fortalece la captación conceptual porque obliga al estudiante a explicar, justificar y defender sus ideas a partir de fundamentos científicos.

La enseñanza de la química y particularmente de la calorimetría, requiere que los estudiantes desarrollen capacidades argumentativas que les permitan interpretar fenómenos físicos y químicos desde una perspectiva científica. En consecuencia, la argumentación no se limita a expresar opiniones, sino que implica construir razonamientos sustentados en evidencias experimentales, modelos teóricos y principios termodinámicos.

Autores como Erduran, Simon y Osborne (2004) destacan que la implementación del modelo argumentativo de Toulmin en la enseñanza de las ciencias permite fortalecer la calidad del discurso científico escolar. Estos investigadores señalan que los estudiantes desarrollan mayores niveles de comprensión conceptual cuando participan en actividades donde deben justificar resultados, analizar evidencias y debatir explicaciones científicas.

Bajo la tutela Toulminiana la potencialidad educativa de la epistemología también se evidencia en el desarrollo de habilidades metacognitivas. Ya que, al argumentar, el estudiante reflexiona sobre sus propios razonamientos, identifica inconsistencias y reorganiza sus esquemas conceptuales, lo que favorece procesos de progresividad conceptual, porque el conocimiento evoluciona desde explicaciones intuitivas hacia interpretaciones científicas más elaboradas.

En relación con la captación de conceptos, Toulmin permite comprender que el aprendizaje científico implica una transición progresiva desde concepciones cotidianas hacia modelos explicativos formalizados. En esto se puede considerar que esta transformación conceptual se fortalece mediante actividades donde el estudiante interpreta datos, formula hipótesis, analiza resultados experimentales y construye conclusiones sustentadas.

Según Driver, Newton y Osborne (2000), la argumentación constituye una práctica esencial para la alfabetización científica, debido a que posibilita que los estudiantes comprendan cómo se produce y valida el conocimiento científico. Los autores señalan que el aula debe convertirse en un espacio de discusión racional donde los estudiantes aprendan a defender ideas utilizando pruebas y fundamentos teóricos.

Desde el punto de vista didáctico, la epistemología toulminiana favorece estrategias pedagógicas centradas en situaciones problemáticas, resolución de

conflictos cognitivos y construcción colectiva del conocimiento. Lo que pudiese implicar que el docente asuma un rol mediador orientado a promover el análisis crítico y la reflexión argumentativa.

Propiamente en la enseñanza de la calorimetría, por ejemplo, la aplicación del modelo de Toulmin permite que los estudiantes expliquen fenómenos relacionados con transferencia de calor, equilibrio térmico o conservación de la energía utilizando datos experimentales y fundamentos termodinámicos. Lo que facilita de esta manera, que el estudiante no solo memoriza ecuaciones, sino que comprende el significado epistemológico de los conceptos científicos.

Se puede estimar que la argumentación científica también fortalece la comunicación del pensamiento. Lemke (1997) sostiene que aprender ciencias implica aprender a hablar ciencias, es decir, apropiarse del lenguaje científico para interpretar y explicar fenómenos. En este sentido, el modelo argumentativo de Toulmin favorece el desarrollo de competencias comunicativas científicas, ya que exige coherencia, precisión conceptual y fundamentación lógica.

Otro aspecto relevante de la potencialidad educativa de la epistemología de Toulmin radica en su relación con el pensamiento crítico. Paul y Elder (2005) señalan que la argumentación favorece la capacidad de analizar evidencias, cuestionar afirmaciones y evaluar la solidez de los razonamientos. En consecuencia, la enseñanza basada en argumentación científica contribuye a la formación de sujetos reflexivos y capaces de tomar decisiones fundamentadas.

En el contexto de la presente investigación, la epistemología de Stephen Toulmin constituye un referente fundamental para comprender cómo los estudiantes desarrollan progresivamente el concepto de calorimetría bajo situaciones problemáticas de laboratorio. Lo que implica que la orientación epistémica toulminiana permite analizar la forma en que los estudiantes construyen argumentos científicos, relacionan datos experimentales con principios termodinámicos y consolidan aprendizajes significativos.

Asimismo, esta perspectiva epistemológica favorece la interpretación de los procesos cognitivos involucrados en la progresividad conceptual, permitiendo identificar cómo los estudiantes evolucionan desde explicaciones descriptivas hacia formulaciones científicas sustentadas. Por ello, el análisis argumentativo se convierte en una

herramienta esencial para interpretar la calidad del aprendizaje y la consolidación conceptual en el laboratorio de fisicoquímica.

En síntesis, la epistemología de Stephen Toulmin posee una elevada potencialidad educativa porque articula la captación de conceptos científicos con el desarrollo de la argumentación. Su aplicación en la enseñanza de las ciencias favorece el aprendizaje significativo, el pensamiento crítico, la alfabetización científica y la construcción progresiva del conocimiento. De esta manera, la argumentación se convierte en un medio para comprender la ciencia como un proceso dinámico de construcción racional sustentado en evidencias y justificaciones.

La hermenéutica

La hermenéutica se puede entender como un enfoque teórico-metodológico orientado a comprender e interpretar las acciones, discursos y símbolos humanos dentro de un contexto específico. Con respecto a su importancia en el ámbito educativo, supera la simple descripción objetiva o reduccionista de los fenómenos, en el cual permite acceder a los significados e interpretaciones subjetivas que los estudiantes dan a sus propias experiencias y aprendizajes. (Dilthey, 2000; Gadamer, 1998).

La hermenéutica se constituye en esta investigación como el enfoque epistemológico y metodológico central para comprender la progresividad conceptual del aprendizaje sobre la calorimetría en el laboratorio de fisicoquímica, distanciándose de visiones reduccionistas al centrar su interés en la interpretación de los significados que los estudiantes atribuyen a conceptos como calor, temperatura y equilibrio térmico.

Fundamentado en la premisa de que el aprendizaje es un proceso profundamente humano, histórico y contextual, este enfoque permite analizar cualitativamente las expresiones verbales y escritas derivadas de mapas conceptuales, informes de laboratorio y pruebas diagnósticas, buscando descubrir los razonamientos subyacentes y la reorganización de las estructuras cognitivas de los alumnos, reconociendo que la comprensión no es un acto mecánico sino un proceso condicionado por la historicidad y la experiencia (Gadamer, 1998) cuyo fin es captar las manifestaciones humanas desde el significado que poseen para quienes las viven (Dilthey, 2000).

Asimismo, esta perspectiva se articula de manera coherente con el modelo argumentativo de Stephen Toulmin (1958), ya que ambos reconocen el papel crucial del lenguaje en la construcción del conocimiento científico; de este modo, el análisis hermenéutico actúa como una herramienta esencial para descifrar la calidad de los elementos argumentativos tales como datos, conclusiones, garantías y respaldos producidos por los estudiantes para descubrir los significados ocultos detrás de tales expresiones (Ricoeur, 2002).

Finalmente, este entramado metodológico favorece la comprensión profunda de los fenómenos educativos mediante procesos de categorización y análisis de significados emergentes (Martínez Miguélez, 2004), sustentando su validez en la coherencia interpretativa del investigador dentro del contexto histórico y social de los sujetos (Leal, 2009), logrando así descifrar el dinamismo con el que evoluciona el aprendizaje desde explicaciones intuitivas hacia formulaciones científicas más elaboradas.

Desde la analítica existencial de Martin Heidegger, el laboratorio de química no es un mero espacio físico con variables controladas, sino un mundo donde el estudiante habita como el *Dasein*, en el cual se puede entender como Ser-ahí. De igual manera la progresividad del aprendizaje no es la acumulación lineal de datos, sino un proceso hermenéutico de desvelamiento, *alétheia.*

En el estado inicial, el concepto de calor se encuentra en la cotidianidad del estudiante como algo a la mano, es decir, *Zuhandenheit,* una noción intuitiva y pre-teórica vinculada a lo que se siente. Por otra parte, al entrar al laboratorio y enfrentarse al calorímetro, el fenómeno experimenta una ruptura, en el cual el calor deja de ser un trasfondo invisible y se convierte en algo ante los ojos, es decir, Vorhandenheit, una entidad que exige ser teorizada, medida y matematizada $\Delta H=qp$.

Por otra parte, la argumentación científica basada en el modelo estructural de Stephen Toulmin (1958) no es un mero recurso retórico o discursivo en el aula, sino el mecanismo óntico a través del cual se viabiliza la transposición didáctica y la reconfiguración de las estructuras cognitivas del estudiante en el laboratorio de fisicoquímica, en el cual concibe la ciencia escolar no como un corpus dogmático e inmutable de contenidos terminados, sino como una actividad humana, dinámica y contextualizada, cuya validación depende de una ecología conceptual basada en la

negociación del significado y la solidez del argumento, cuyo argumento o práctica argumentativa se asume como el puente metabólico indispensable para transitar desde el saber intuitivo cotidiano hacia el saber formalizado científico, transformando el laboratorio de fisicoquímica en un espacio de validación comunitaria donde aprender ciencia equivale epistemológicamente a co-construir y justificar ciencia.

Bajo la mirada hermenéutica Ausubeliana el estudiante no entra al laboratorio como una *tabula rasa*, ya que posee una estructura cognitiva cargada de preconceptos intuitivos sobre el calor, asimilado erróneamente como una sustancia o confundido con la temperatura. En el cual la progresividad implica que el nuevo conocimiento científico la calorimetría como transferencia de energía termodinámica no anula la estructura previa, sino que se integra en ella mediante la subsunción, transformándola, es decir, no se trata de un cambio conceptual sino de un enriquecimiento o progresividad conceptual que robustece al subsumidor, haciéndolo cada más potente en su capacidad de anclar nuevos significados.

Fundamentación legal

La investigación se sustenta en una jerarquía de normas que van desde la carta magna hasta planes de desarrollo nacional, orientadas a garantizar la calidad de la educación científica. Para efectos de esta investigación se considerarán artículos específicos de los siguientes documentos legales: Constitución de la República de Colombia, Ley Orgánica de Educación, Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación, así como el Plan de la Patria, a fin de contextualizar la investigación en el campo del aprendizaje sobre calorimetría como contenido científico.

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999)

- *Artículo 102*: Establece que la educación es un derecho humano y un deber social fundamental, concebida como un instrumento del conocimiento científico, humanístico y tecnológico al servicio de la sociedad.

- *Artículo 103*: Garantiza el derecho a una educación integral y de calidad, lo que justifica la búsqueda de mejores estrategias para la enseñanza de conceptos complejos como la calorimetría.
- *Artículo 110*: Reconoce como de interés público la ciencia, la tecnología y la innovación, fundamentales para el desarrollo económico y social del país.

Ley Orgánica de Educación (2009)

- *Artículo 14:* Establece que la educación es un proceso de formación integral que abarca el desarrollo de las potencialidades creativas y el pensamiento crítico.
- *Artículo 15 (Numeral 9):* Señala como fines de la educación el desarrollo de una conciencia soberana sobre la ciencia y la tecnología para resolver problemas locales y nacionales.

Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación (LOCTI)

- Esta ley promueve la formación de talento humano para la generación de conocimientos científicos, sustentando la necesidad de optimizar los procesos de enseñanza-aprendizaje en áreas técnicas como la fisicoquímica.

Plan de la Patria (2019-2025)

- *Objetivo histórico II**:*** Se enfoca en consolidar la educación pública y gratuita, promoviendo el desarrollo de la ciencia y la tecnología para alcanzar la soberanía cognitiva.

A continuación, se presenta la relación entre el marco legal y la necesidad pedagógica de estudiar la calorimetría.

Tabla 2
Marco legal y la necesidad pedagógica de estudiar la calorimetría.

Base legal	Relación con la Investigación	Interpretación aplicable en la presente investigación
CRBV Art. 102	Educación como servicio público científico	La enseñanza de la calorimetría se sustenta en el mandato educativo constitucional para el desarrollo intelectual y potencialidad aplicativa de conocimiento científico.
LOE Art. 14	Formación del pensamiento crítico	El pensamiento crítico en el aprendizaje de la calorimetría ciencias se puede formar si el estudiante pasa de la medición instrumentalista básica a la comprensión crítica y aplicativa de la Primera Ley de la Termodinámica, lo que implica progresividad conceptual.
LOCTI	Estímulo a la innovación y el conocimiento	La construcción de significados conceptuales significativos sobre sistema térmico (abierto, cerrado, aislado) es una base para la creatividad.

En general, la fundamentación legal no solo cumple un requisito formal, sino que exige que la educación sea progresiva y adecuada a las capacidades del estudiante; en la cual se destacan las siguientes premisas:

- *Garantía de calidad*: Al investigar cómo progresa el aprendizaje, se está cumpliendo con el mandato de ofrecer una educación de calidad. (Art. 103 CRBV), ya que se busca reducir la brecha entre el contenido teórico y la asimilación conceptual real del alumno, lo que implica conocimiento teórico y práctico.
- *Soberanía cognitiva*: El aprendizaje de la calorimetría y la termodinámica permite a los futuros profesionales entender procesos energéticos, cumpliendo con el fin de la LOE de utilizar la ciencia para el desarrollo nacional.
- *Integralidad*: El paso del uso del termómetro (identificación) a la aplicación de la fórmula $\Delta U = Q + W$ (formalización) refleja la formación integral y el desarrollo de "potencialidades" descritos en la primera ley de la termodinámica.

Base conceptual definicional

Los conceptos que le dan sustento a la comprensión e interpretación de esta investigación son los siguientes: calorimetría, leyes de la termodinámica y aprendizaje cognitivo epistemológico.

Calorimetría

La calorimetría, en su condición de disciplina limítrofe entre la termodinámica clásica y la empírea instrumental, se erige como un constructo metodológico y conceptual fundamental para decodificar la naturaleza dinámica de la energía. Considerando que lejos de constituir una mera cuantificación de flujos térmicos, la medición del calor representa una aproximación ontológica a la forma en que los sistemas interactúan, se transforman y disipan su potencial dentro de un marco espaciotemporal determinado (Serway y Jewett, 2018).

En este entramado, el calor se manifiesta no como una sustancia estática, sino como una categoría transicional, es decir, energía en tránsito impulsada inexorablemente por gradientes de temperatura. Por su parte, la temperatura trasciende la lectura puramente numérica para configurarse como el indicador macroscópico de la agitación molecular, a saber, de la energía cinética intrínseca que anima a las partículas constituyentes de la materia, tal como lo sostienen McCullough y Scott (1968). En el cual, se puede entender que el calorímetro, en calidad de mediador tecnológico, opera como el dispositivo epistemológico que materializa lo imperceptible, permitiendo aislar el fenómeno para su escrutinio científico.

La repercusión teórica y práctica de la calorimetría permea múltiples dimensiones del conocimiento científico, adaptando sus postulados a la especificidad de cada objeto de estudio:

- Bajo la concepción química, la calorimetría de reacción permite cartografiar la arquitectura energética de los enlaces químicos, cuantificando la entalpía liberada o absorbida, lo que implica que esto dota a la termoquímica de un soporte empírico indispensable para discernir la espontaneidad y la viabilidad de los procesos moleculares (Chang y Overby, 2020).
- En consecuencia, desde la óptica física**,** se consolida a través de la determinación de capacidades caloríficas, y se explora el comportamiento térmico de los materiales, revelando cómo la materia almacena y distribuye la energía a nivel macroscópico y microscópico (Atkins y de Paula, 2014).

- En base a las aplicaciones de la ingeniería, el análisis calorimétrico guía el diseño de sistemas termodinámicos complejos. desde infraestructuras de climatización hasta maquinaria de alta eficiencia, optimizando la transferencia de calor y minimizando la entropía parásita (Cengel y Boles, 2015).
- En el campo biológico se escatima, el ámbito de la bioenergética, ya que los organismos vivos son interpretados como sistemas termodinámicos abiertos, lo que confiere que la calorimetría metabólica descifra la economía energética celular, tanto en estados de homeostasis basal como bajo el estrés dinámico del ejercicio (Serway y Jewett, 2018).

Leyes de la termodinámica

Para comprender con rigor filosófico, el alcance de los fenómenos térmicos, es imperativo enmarcar la calorimetría dentro de los principios rectores de la termodinámica (Cengel y Boles, 2015). Estas leyes no son meras fórmulas cuantitativas, sino axiomas que gobiernan la flecha del tiempo y la conservación de la existencia material.

La energía total de un sistema aislado permanece invariable. Este principio postula un universo cerrado en términos energéticos, donde la nada no puede engendrar energía ni la destrucción aniquilarla; toda modificación responde a una metamorfosis morfológica y funcional. De igual manera, la entropía de un sistema aislado experimenta un incremento perpetuo. Filosóficamente, esta ley introduce la flecha direccional del tiempo, demostrando que el universo transita de forma espontánea hacia estados de mayor dispersión informacional y desorden macroscópico. En consecuencia, al aproximarse al límite térmico del cero absoluto, la entropía de un sistema cristalino puro converge hacia un valor nulo o constante. Este postulado establece una frontera ontológica infranqueable para la energía cinética molecular, fijando un estado de orden puro idealizado.

El aprendizaje cognitivo epistemológico

En esta investigación se comprenderá por aprendizaje cognitivo epistemológico el proceso de construcción de significados conceptuales y epistemológicos para apropiarse de su propio conocimiento a través de la interacción con el mundo, los materiales de aprendizaje, las actividades didácticas, el docente y los compañeros de clase. En el caso de la calorimetría, esto implica:

- *Construcción de esquemas conceptuales***:** Los estudiantes deben construir esquemas mentales que les permitan relacionar conceptos como calor, temperatura, energía interna, entalpía, capacidad calorífica, etc. Estos esquemas deben ser flexibles y adaptarse a nuevas situaciones.
- *Comprensión de los procesos de medición***:** Es fundamental que los estudiantes comprendan los principios físicos en los que se basan los instrumentos de medición utilizados en calorimetría, como los termómetros y los calorímetros.
- *Resolución de problemas:* La resolución de problemas permite a los estudiantes aplicar sus conocimientos a situaciones reales y consolidar su comprensión.
- *Reflexión sobre la naturaleza de la ciencia***:** Es importante que los estudiantes comprendan que la ciencia es una actividad humana en constante evolución y que los modelos científicos son construcciones humanas que buscan explicar la realidad.
- *Horizonte epistémico-cognitivo:* Implica la consideración de un referencial epistemológico que sea compatible con el aprendizaje; en este sentido, se considera pertinente que la epistemología de Stephen Toulmin, en lo concerniente a la **captación de conceptos**, es compatible con la teoría del aprendizaje significativo ausubeliano, ya que se centra en tres aspectos ineludibles en el aprendizaje de la ciencia (Flores Espejo, 2014): (a) el **aspecto lingüístico**, referido al lenguaje específico de la ciencia; (b) el **aspecto representacional**, que involucra las formas de representar la realidad de interés científico; y (c) el **aspecto de la resolución de problemas** en el campo científico que concierna. En coherencia con la teoría ausubeliana, la centralidad toulminiana en la captación

conceptual desde lo epistemológico se entrelaza con la centralidad ausubeliana en el aprendizaje conceptual desde lo cognitivo, lo que termina robusteciendo el potencial constructivista en ambos planos sin reducir el uno en el otro, sino entendiendo el tejido dinámico que permite construir en la mente de cada estudiante en un ritmo diferencial que lo termina identificando como progresivo e idiosincrático. Esta fusión de horizontes de lo epistemológico y lo cognitivo desde la captación y aprendizaje conceptual es un giro potencial para avanzar hacia una comprensión de la progresividad conceptual en el aprendizaje de la ciencia.

SECCIÓN III

CAMINO METODOLÓGICO

"*El encuentro de dos personalidades es como el contacto de dos sustancias químicas: si hay alguna reacción, ambas se transforman".*
Carl Jung

En la búsqueda de información para el presente estudio, se hizo necesario establecer todo un camino metodológico conforme al propósito que se requiere alcanzar en dicha investigación, la cual consiste en vislumbrar la progresividad del aprendizaje del concepto de calorimetría desde una orientación epistémica toulminiana y constructivista ausubeliana, partiendo de situaciones problemas, desde los saberes y haceres de los estudiantes de la especialidad de Química, en el Laboratorio de Fisicoquímica.

A juicio del autor, surgirán hallazgos que se obtendrán de la recolección de la información con respecto a la progresividad conceptual del aprendizaje sobre la calorimetría.

Enfoque cualitativo – método hermenéutico

Los cimientos de esta investigación se consideran enmarcados bajo el paradigma interpretativo, y su desarrollo se establece bajo un enfoque cualitativo. El mismo, está fundamentado en la comprensión profunda de la realidad educativa y humana desde la óptica de quienes la viven, interesándose por la forma en que los individuos construyen significados en su contexto natural. Dista del enfoque cuantitativo, que busca medir frecuencias o establecer leyes universales; en contraprestación, el enfoque cualitativo permite explorar los procesos internos, las motivaciones y las interacciones, elementos de importancia esencial cuando se trata de estudiar fenómenos educativos y cognitivos.

En este sentido, el propósito central del presente trabajo no es contabilizar el número de respuestas correctas sobre termodinámica, sino comprender e interpretar la

progresividad del aprendizaje sobre el concepto de calorimetría. Esto implicaría, que al considerar este portento mediante situaciones problema en el laboratorio de fisicoquímica, se hace indispensable observar de cerca las acciones, el lenguaje y las representaciones gráficas de los estudiantes para entender cómo reconstruyen activamente sus significados conceptuales.

El método hermenéutico que asume esta investigación permitirá lograr tal comprensión, ya que articula la interpretación a la trama de la temporalidad y la historicidad de la existencia humana, estimando su orientación a aclarar y comprender formas específicas de la vida social. Como lo considera Leal (2009) la validez de la teoría generada desde la hermenéutica reside en su coherencia, consistencia y poder interpretativo, al estudiar cómo el ser humano convive en su mundo histórico y cultural, manifestándose a través del texto y el lenguaje.

Sujetos actuantes

Los informantes clave o sujetos actuantes, son individuos que poseen conocimientos relacionados con el estudio; deben ser personas reflexivas, tener destrezas comunicativas y estar dispuestos a cooperar con el investigador; ellos pueden aportar intuiciones y sensibilidad hacia tópicos culturales específicos (Goetz y LeCompte, 1988).

Los requerimientos de los informantes clave están, en el conocimiento de la cultura del evento en estudio (Taylor y Bogdan, 1992); los sujetos actuantes son tres (3) estudiantes del 3º período académico de la especialidad de Química, que cursarán la unidad curricular denominada Fundamentos de Fisicoquímica. Los mismos participarán de forma voluntaria en las diversas actividades aplicadas en el laboratorio de Fisicoquímica. Se considera que los estudiantes objetos de estudio, poseen una concepción previa sobre términos, representaciones atómicas y moleculares para comprender fenómenos colorimétricos. ya que han cursado las unidades curriculares de química básica, química general, física y matemática aplicada a la química, las mismas de corte obligatorio bajo el diseño curricular al cual pertenecen.

Escenario educativo

La investigación se desarrolló en la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, específicamente con estudiantes del 3º período académico de la especialidad de Química, que cursaron la unidad curricular denominada *Fundamentos de Fisicoquímica*. La unidad curricular es de carácter obligatorio y netamente presencial; se imparte en el 3º periodo académico de la especialidad mencionada.

La administración de la unidad curricular se desarrolló a lo largo de un lapso de dieciséis (16) semanas, cuyo diseño instruccional se fundamenta en actividades de naturaleza teórico-práctica. Considerando este proceso formativo integrador de los momentos didácticos esenciales que incluyen la inducción, nivelación, demostraciones, simulaciones didácticas y espacios para la reflexión y generación de conclusiones. De igual manera es pertinente señalar que la sección que se encuentra bajo objeto de estudio presenta una matrícula de tres (3) estudiantes, lo que resulta idónea para los propósitos de esta investigación, ya que un grupo reducido facilita el uso de la observación participante y permite un seguimiento hermenéutico mucho más profundo de la progresividad conceptual en cada sujeto. En este escenario educativo se implementaron algunas estrategias didácticas que a continuación se describen.

Estrategias didácticas aplicadas para el aprendizaje de la calorimetría

A través de diversas estrategias que se aplicaron en el laboratorio de Fisicoquímica, se consolidó la progresividad del aprendizaje sobre la calorimetría desde una orientación epistémica toulminiana. A continuación, se mencionan las estrategias que se aplicaron para propósitos de la investigación:

- *Contextos históricos y culturales*: Se presentó la historia de la calorimetría y cómo se han desarrollado los conceptos a lo largo del tiempo. Esto permitió que los estudiantes comprendieran que el conocimiento científico es producto de un proceso histórico y social.

- *Experimentación*: Se realizaron experimentos sencillos de calorimetría en el laboratorio. La experimentación permitió que los estudiantes observaran fenómenos directamente y relacionarlos con los conceptos teóricos. Los procedimientos llevados a cabo fueron: medición de la capacidad calorífica de un metal, mezcla de agua caliente y fría, y calor de reacción.
- *Modelización*: Se emplearon modelos sencillos para representar fenómenos calorimétricos.
- *Resolución de problemas auténticos*: Se resolvieron problemas relevantes para la vida cotidiana y para otras disciplinas científicas.
- *Discusión en grupo*: Se realizaron discusiones en grupo donde los estudiantes compartieron sus ideas y construyeron un conocimiento compartido.
- *Recursos multimedia*: Presentaciones de powerpoint, videos demostrativos y laboratorios virtuales.
- *Evaluaciones*: Mapas de conceptos, prácticas de laboratorio, prueba teórica, guía de observación.

Técnicas e instrumentos de investigación

Para efectos de la investigación desarrollada se aplicaron los siguientes instrumentos: prueba de conocimientos previos, mapas de conceptos, informes de laboratorio, prueba teórica de conocimientos desarrollados y observación participante, los cuales se describen seguidamente, identificando la técnica en los que se enmarcan.

Prueba escrita: Prueba de conocimientos previos

Es un cuestionario diagnóstico estructurado para develar los conocimientos previos de los estudiantes, los cuales implican los subsumidores existentes en la estructura cognitiva y que sirven de anclaje a la nueva información. Esta prueba consta de dos partes.

- *Parte I. Selección simple*: Consta de 10 reactivos que abordan el reconocimiento de partes del calorímetro, tipos de sistemas (aislados), unidades de medida (SI), propiedades intensivas y conceptos de equilibrio térmico.
- *Parte II. Desarrollo*: Incluye preguntas abiertas que exigen al estudiante establecer analogías (ej. calorímetro vs. motor de combustión), definir trabajo en diferentes campos de la física y explicar la dependencia de las variables de estado respecto a la trayectoria

Evaluación de desempeño: Mapas conceptuales

El mapa conceptual es una herramienta gráfica que muestra de forma ordenada cómo un estudiante estructura en su mente los conocimientos de calorimetría. Basado en el enfoque de Novak y Musonda (1991) y en la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel, este recurso ayuda a los alumnos a reflexionar sobre sus propias ideas y a entender mejor cómo se conectan entre sí; por lo tanto, funciona como una prueba visible de la evolución del aprendizaje y no solo como un examen tradicional.

En este sentido, y para efectos de esta investigación, dichos mapas se aplicaron en diferentes etapas de la enseñanza para comparar cómo se transformaba la estructura mental de los alumnos a lo largo del tiempo, en el cual el análisis se centró en observar la capacidad de los estudiantes para organizar jerárquicamente e integrar conceptos clave, tales como los tipos de sistemas termodinámicos abiertos, cerrados y aislados, el equilibrio térmico, la transferencia y conservación de la energía, y el calor específico.

Para evaluar estos esquemas, se utilizaron cuatro fases de desarrollo conceptual que articula metodológicamente todo el estudio, lo que permite contrastar los mapas con los demás instrumentos de recolección de datos. De este modo, la medición abarca un espectro de progresión que va desde un nivel básico donde el alumno solo identifica el calor como una variable medible, hasta un análisis termodinámico formal, en el cual es capaz de relacionar el calor con el trabajo y la energía interna a través de la primera ley de la termodinámica.

Evaluación de desempeño: Informes de laboratorio

Son documentos escritos donde los estudiantes sistematizan su experiencia experimental, los cuales contemplaron un componente disciplinar y un componente epistémico.

- *Componente disciplinar teórico-práctico*: Deben contener la determinación de la constante del calorímetro y el cálculo de propiedades como el calor específico.
- *Componente epistémico*: Se diseñaron para que el estudiante no solo reporte datos, sino que argumente sobre las discrepancias entre valores teóricos y experimentales, identifique causas de error, valide la metodología científica empleada y sustente epistémicamente los resultados.

Prueba escrita: Prueba de conocimientos desarrollados

Este instrumento de evaluación sumativa y formativa permite contrastar el conocimiento teórico con la ejecución procedimental y matemática. Se divide en dos bloques principales:

- *Parte I: Desarrollo de conceptos fundamentales.* Implica (a) Selección de definiciones: Evalúa la capacidad de identificar la temperatura como la medida de la energía cinética de las partículas y el principio de transferencia de calor desde cuerpos de mayor a menor temperatura; (b) Identificación de equilibrio: Define el equilibrio térmico basado en la igualdad de la energía cinética promedio de las moléculas; (c) Uso instrumental: Solicita explicaciones sobre el uso de instrumentos de medición para masa, volumen y temperatura; y (d) Representación de sistemas: Requiere que el estudiante grafique un sistema termodinámico para observar su capacidad de modelado visual.
- *Parte II: Resolución de problemas y aplicación matemática.* Implica: (a) Sistemas con gases ideales: Plantea situaciones sobre difusión de gases en tanques aislados y expansiones en cilindros con pistón; (b) Análisis de trayectorias (diagramas Presión-Volumen): Exige el dibujo de procesos en diagramas de presión vs. volumen (P-V), diferenciando trayectorias isotérmicas, isobáricas y adiabáticas; (c) Cálculo de variables energéticas: Obliga a la aplicación de fórmulas para cuantificar el trabajo, calor, cambio en la energía interna y entalpía;

y (d) Análisis predictivo: Incluye preguntas sobre la variación de la temperatura en procesos adiabáticos para evaluar la comprensión de la energía interna sin transferencia de calor externa.

Este instrumento es crucial en la investigación, ya que permite detectar imprecisiones conceptuales de formalización termodinámica, en cuanto al manejo de unidades o de la convención de signos, permitiendo así comprender la "distancia" la brecha conceptual entre el conocimiento teórico y la capacidad de aplicación del conocimiento científico a problemas reales, lo que no solo revela el problema cognitivo, sino también el problema epistémico que el estudiante intenta superar para una comprensión y captación de la ciencia, en este caso, la calorimetría.

Observación: Guía de observación participante

Esta guía permitió evaluar de manera integral el desempeño de los estudiantes de fisicoquímica durante el desarrollo de las prácticas experimentales de calorimetría. A diferencia de una evaluación tradicional, esta guía permite al investigador captar no solo el resultado, sino el proceso de construcción del conocimiento en tiempo real. La investigación contempló desarrollar actividades con los sujetos actuantes, en las que se realizó observación participante como técnica de recolección de información y el instrumento usado fue una guía de observación participante, que sirvió de registro descriptivo. Este instrumento fue diseñado para que el investigador registre de manera directa el desempeño de los sujetos durante las actividades experimentales en el laboratorio; por ende, sirvió para compilar la actuación de los estudiantes durante las actividades académicas y en el desarrollo de las diversas estrategias didácticas formativas y evaluativas de acuerdo con los propósitos planteados a fin de enriquecer las fuentes informativas para propósitos hermenéuticos.

Corbetta (2003) expresa que la observación participante es la técnica mediante la cual el investigador se adentra de forma directa, durante un periodo de tiempo relativamente largo en el grupo social determinado, estableciendo interrelaciones con sus miembros, con el propósito de describir sus acciones y de comprender, mediante procesos de identificación, sus motivaciones (p. 327).

Dicha conceptualización fue un basamento útil para desarrollar la observación en las actividades que desarrollaron los sujetos actuantes en el laboratorio de fisicoquímica, en donde el docente-investigador abordó el contenido de calorimetría para la comprensión del proceso de progresividad del aprendizaje con respecto en relación con dicho contenido científico.

Procesamiento de la información

El procesamiento se organizó por instrumento y sigue una estructura interpretativa común: las cuatro fases de progresividad conceptual:

Fase I – Identificación instrumental: el estudiante reconoce instrumentos, diferenciar calor de temperatura y maneja variables básicas.

Fase II – Caracterización del sistema: clasifica sistemas termodinámicos (abiertos, cerrados, aislados).

Fase III – Cuantificación y transferencia: comprende el calor como energía en tránsito y trabaja con el calor específico.

Fase IV – Formalización termodinámica: integra la Primera Ley ($\Delta U = Q + W$) y el equilibrio sistema-entorno.

Estas fases actúan como categorías interpretativas comunes a todos los instrumentos, lo que permite comparar la progresión del aprendizaje de forma coherente y articulada.

Prueba de conocimientos previos y prueba teórica de conocimiento desarrollado

A partir de la revisión preliminar de la información encontrada en las pruebas escritas se identificaron las siguientes fases de aprendizaje: I. Identificación instrumental; II. Caracterización del sistema; III. Cuantificación y transferencia; IV. Formalización termodinámica. Estas sirvieron de base interpretativa del contenido de las pruebas como indicadores de aprendizaje.

Ambas pruebas escritas se procesaron usando las cuatro fases como indicadores de aprendizaje. La prueba de conocimientos previos contiene dos partes: selección simple (reconocimiento de conceptos e instrumentos) y desarrollo abierto (analogías,

definiciones y representaciones). La prueba teórica de conocimiento desarrollado añade resolución de problemas termodinámicos, diagramas P-V y cálculo de variables energéticas.

En la tabla 3 se presenta la matriz de evaluación de las pruebas. Esta matriz describe qué elementos se consideraron en la evaluación de los conocimientos de cada estudiante a través de la prueba de conocimientos previos y la prueba final o prueba teórica de conocimiento desarrollado y que sirvieron de base categorial para comprender el proceso de progresividad conceptual de los estudiantes en sentido de complejidad creciente desde lo concreto hasta lo abstracto pensante en las diferentes fuentes evaluativas.

Tabla 3

Matriz de evaluación de las pruebas escritas

Fase de aprendizaje (Categorías de análisis)	Descripción de la competencia	Indicador de aprendizaje
Identificación instrumental	Reconoce la diferencia entre calor y temperatura, identificando al termómetro como la herramienta de medida.	Medición con termómetro; diferencia entre calor y temperatura.
Caracterización del sistema	Clasifica el entorno donde ocurre el fenómeno térmico según sus barreras.	Clasificación en sistemas abiertos, cerrados y aislados.
Cuantificación y transferencia	Entiende el calor como energía en tránsito y reconoce la existencia del calor específico.	Transferencia de calor a través de un sistema; mención de calor específico.
Formalización termodinámica	Integra el calor en la conservación de la energía y el equilibrio del sistema.	Uso de la Primera Ley: $\Delta U = Q + W$; Ecuación de equilibrio: Sistema + Entorno = 0.

Fuente: Sistematizado por el Investigador

Mapas conceptuales

Los criterios de evaluación se basaron en el análisis del nivel de progresión desde la identificación instrumental simple hasta la capacidad de realizar un análisis termodinámico formal utilizando leyes y ecuaciones, tomando en cuenta las cuatro fases interpretativas aplicadas para las pruebas escritas.

En la tabla 4 se muestra la matriz de evaluación de los mapas de conceptos. Esta matriz describe qué elementos se consideraron en la evaluación de los conceptos relacionados con calorimetría, según los estudiantes.

Tabla 4
Matriz de evaluación de los mapas de conceptos

Nivel de progresión	Descripción del logro	Indicador de evaluación
Identificación instrumental	Reconoce que el calor es una magnitud medible y que requiere de un instrumento específico (termómetro).	Se puede medir con Termómetro.
Conceptualización de transferencia	Entiende que la calorimetría implica el paso de calor de un cuerpo o sistema a otro.	Es la transferencia de calor, a través de un sistema.
Clasificación de entornos	Capacidad de distinguir cómo los límites de un sistema afectan el intercambio de energía y materia.	Clasificación de sistemas: abierto, cerrado y aislado.
Análisis termodinámico	Vincula el calor con el trabajo y la energía interna; comprende la conservación de energía en sistemas aislados.	Uso de $\Delta U = Q + W$ y la relación Sistema + Entorno = 0.

Fuente. Sistematizado por el investigador

Informes de laboratorio

El procesamiento de la información emanada de los informes se basó igualmente en las cuatro fases interpretativas del aprendizaje. En la tabla 5 se muestra la matriz de evaluación de los informes de laboratorio, condensado como un todo que resume el progreso conceptual del estudiante.

Tabla 5
Matriz de evaluación de los informes de laboratorio

Nivel de progresión	Descripción del logro	Indicador de evaluación
Identificación instrumental	El estudiante reconoce y utiliza adecuadamente los instrumentos, materiales y variables experimentales necesarias para el desarrollo de prácticas relacionadas con calorimetría y transferencia de calor.	- Identifica correctamente los instrumentos del laboratorio. - Reconoce las variables involucradas en la experiencia experimental. - Registra masas, temperaturas y datos experimentales con precisión. - Diferencia unidades de medida y constantes físicas. - Manipula adecuadamente el calorímetro y los materiales.

		- Demuestra habilidades básicas de observación científica.
Conceptualización de transferencia	El estudiante comprende los principios relacionados con transferencia de calor, equilibrio térmico y conservación de la energía, estableciendo relaciones entre teoría y experiencia experimental.	- Explica el principio de conservación de la energía. - Relaciona calor cedido y calor absorbido en un sistema. - Diferencia conceptos de calor, temperatura y energía térmica. - Interpreta el significado físico de los signos algebraicos en ecuaciones térmicas. - Reconoce el calor específico como propiedad intensiva. - Utiliza lenguaje científico para explicar fenómenos térmicos.
Clasificación de entornos	El estudiante identifica las características de los sistemas termodinámicos y analiza las interacciones entre el sistema y el entorno durante la experiencia de laboratorio.	- Diferencia sistemas abiertos, cerrados y aislados. - Identifica pérdidas de calor hacia el entorno. - Reconoce limitaciones experimentales del calorímetro. - Analiza el efecto del aislamiento térmico. - Establece relaciones entre entorno y equilibrio térmico. - Evalúa posibles fuentes de error experimental asociadas al ambiente.
Análisis termodinámico	El estudiante construye explicaciones científicas sustentadas en evidencias experimentales y fundamentos teóricos, utilizando procesos argumentativos coherentes desde el modelo de Toulmin.	- Relaciona datos experimentales con leyes termodinámicas. - Formula conclusiones fundamentadas en evidencias. - Justifica resultados utilizando principios científicos. - Contrasta resultados experimentales con valores teóricos. - Reconoce inconsistencias y anomalías en los datos. - Propone explicaciones para los errores experimentales. - Argumenta utilizando datos, garantías y respaldos teóricos. - Demuestra pensamiento crítico y autorregulación conceptual.

Fuente: Sistematizado por el investigador

Además del procesamiento de la información de los informes de laboratorio desde las fases interpretativas de progresividad conceptual, estos fueron procesados utilizando

los criterios de la argumentación científica planteada por Stephen Toulmin (1958), la cual considera los siguientes elementos: la base empírica, construcción de la garantía, respaldo teórico, calificador modal y reserva, reivindicación epistémica y matriz de evaluación de los informes. La tabla 6 muestra la matriz utilizada para el análisis de los hallazgos con base en los elementos de la argumentación toulminiana que se constituyen en categorías de análisis de la progresividad conceptual en la construcción de argumentos científicos en torno a la calorimetría.

Tabla 6

Matriz de evaluación de los informes de laboratorio de acuerdo con el modelo toulminiano

Elementos de argumentación toulminiana (Categorías de análisis)	Indicador de aprendizaje
Establecimiento de la base empírica	Recopilación y selección de datos experimentales
Construcción de la garantía	Vinculación de evidencias con leyes termodinámicas.
Respaldo teórico	Uso de constantes y modelos teóricos universales.
Calificador modal y reserva	Reconocimiento de anomalías y fuentes de error.
Reivindicación epistémica	Evaluación de la exactitud y precisión

Guía de observación participante

La sistematización de la guía de observación participante se realizó en tres dimensiones o elementos epistemológicos toulminianos relacionadas con la captación de conceptos: lenguaje, técnicas de representación y procedimientos de aplicación, los cuales se consideraron como categorías de análisis para la comprensión de la progresividad del aprendizaje sobre la calorimetría desde lo lingüístico hasta lo aplicativo.

1. *Lenguaje (dimensión cognitiva-conceptual).* Se centra en la transposición didáctica, observando cómo el estudiante utiliza la terminología técnica para dar sentido a los fenómenos térmicos. Aquí se busca evidenciar si el alumno ha superado las concepciones alternativas (como confundir calor con temperatura) y si es capaz de explicar la termodinámica desde un modelo microscópico (energía cinética promedio) y macroscópico (funciones de estado y sistemas). En el contexto de esta investigación, esta dimensión proporciona el "Respaldo" y la "Garantía" dentro del modelo de Toulmin.

2. Técnicas de representación (dimensión simbólica-visual). Evalúa la capacidad de abstracción y modelado. La termodinámica requiere traducir fenómenos invisibles en

herramientas visuales. Se observa si el estudiante puede construir curvas de calentamiento o diagramas de energía que sean coherentes con los datos recolectados. Esta dimensión es crítica para identificar la "Conclusión" argumentativa, ya que un gráfico bien construido es, en sí mismo, una afirmación científica sobre el comportamiento del sistema.

3. Procedimientos de aplicación (dimensión procedimental-práxica). Se basa en el dominio técnico y la destreza experimental. En el Instituto Pedagógico de Caracas, la formación de docentes exige que el estudiante no solo sepa la teoría, sino que domine el "saber hacer": el uso correcto del calorímetro como sistema aislado y la precisión en la toma de medidas. La observación de esta dimensión permite recolectar las "Reservas" del modelo de Toulmin, ya que es en la práctica donde surgen las excepciones, errores de paralaje o fugas térmicas que matizan el grado de certeza del análisis.

En la tabla 7 se muestra la matriz de evaluación de la guía de observación participante conforme a las dimensiones epistemológicas de la captación de conceptos.

Tabla 7

Matriz de evaluación de la guía de observación participante

DIMENSIONES (Categorías de análisis)	ÍTEMS
Lenguaje	- Significado de universo termodinámico: sistema y entorno
	- Reconocimiento de un calorímetro en sus partes
	- Relación entre energía y materia en un sistema termodinámico aislado
	- Reconocimiento de la unidad de medida del calor en el Sistema Internacional (SI)
	- Reconocimiento de una propiedad intensiva
	- Significado de trabajo en el campo de la termodinámica
	- Significado relacional entre volumen, presión, temperatura, masa, calor y trabajo en un sistema
	- Significado diferencial entre temperatura y calor de un cuerpo o sustancia
	- Significado de energía calorífica
	- Significado de función de estado
	- Relación entre la temperatura y la energía cinética promedio de las partículas de un sistema.
	- Relación entre el trabajo realizado por o sobre un sistema y el cambio en su energía interna
Representación	- Representación de un sistema
	- Representación de gráfico de temperatura vs. tiempo

Aplicación	- Representación de curva de calentamiento - Representación de un diagrama de energía - Uso de un calorímetro - Uso de instrumentos de medición de masa, volumen y temperatura - Propuesta de experimentos

Fases de la investigación desarrollada en función del método hermenéutico

El análisis hermenéutico de la información recolectada se llevó a cabo siguiendo cinco fases secuenciales e interdependientes, las cuales permitieron transitar desde la descripción densa del fenómeno hasta la construcción de una síntesis interpretativa articulada con los propósitos de la investigación. Estas fases son: la sistematización descriptiva, la categorización, la triangulación de la información, el análisis epistémico toulminiano y la interpretación hermenéutica con análisis por propósito. Cada una de ellas se describe a continuación.

Fase de sistematización descriptiva

En esta fase se realizó desde los planteamientos de Leal (2009), quien propone iniciar el análisis hermenéutico con una descripción densa del fenómeno estudiado. Las acciones que se emplearon son:

- Sistematización de la información por instrumento de recolección: prueba de conocimientos previos, mapas conceptuales, guía de observación participante, informes de laboratorio y prueba escrita.
- Organización de los datos por sujeto actuante (Estudiante A, B y C) y por fases de progresión conceptual previamente establecidas.
- Identificación de patrones, recurrencias y divergencias entre los sujetos actuantes en cada instrumento.

Fase de categorización

Se siguieron los planteamientos de Martínez (2004), quien propone categorizar la información dividiéndola en unidades temáticas para clasificar, conceptualizar o codificar mediante términos claros. En esta fase se procedió a:

- Identificar unidades de significados desde los datos recolectados, agrupadas en torno a las categorías de análisis: lenguaje, representación y aplicación.
- Asignar subcategorías descriptivas a cada dimensión para mayor especificidad analítica.
- Codificar los hallazgos en correspondencia con las cuatro fases de progresión conceptual en función de las siguientes categorías de análisis: Fase I: identificación instrumental; Fase II: caracterización del sistema, Fase III: cuantificación y transferencia; y Fase IV: formalización termodinámica.
- Codificar los hallazgos de la argumentación en función de las categorías de análisis: establecimiento de la base empírica, construcción de la garantía, respaldo teórico, calificador modal y reserva, reivindicación epistémica.

Fase de triangulación de la información

La triangulación constituye el procedimiento metodológico central para garantizar la credibilidad de los hallazgos. Se realizó cruzando la información proveniente de múltiples fuentes:

- Triangulación por fuentes de datos: contraste de los hallazgos de la prueba de conocimientos previos con los mapas conceptuales, la guía de observación participante, los informes de laboratorio y la prueba escrita.
- Triangulación por sujeto: análisis comparativo de los perfiles de aprendizaje de los tres estudiantes actuantes para identificar progresiones individuales y grupales.
- Triangulación teórica de la progresividad conceptual (Caballero, 2003; Monereo, 1999; Torres y Flores, 2019): interpretación de los hallazgos empíricos a la luz de la teoría del aprendizaje significativo (Ausubel, 2000), el modelo toulminiano de

argumentación (Toulmin, 1958) y la epistemología toulminiada centrada en la captación de conceptos.

Fase de análisis epistémico toulminiano

Esta fase constituye el núcleo interpretativo del estudio. Cada argumentación producida por los estudiantes en los instrumentos escritos y de laboratorio fue analizada en función de los seis elementos del modelo de Toulmin (1958):

- Dato (D): Evidencia empírica o experimental que sirve de punto de partida del argumento.
- Pretensión o Conclusión (C): Afirmación o resultado al que llega el estudiante.
- Garantía (G): Principio o ley que vincula el dato con la conclusión (e.g., Ley de Conservación de la Energía).
- Respaldo (R): Marco teórico-bibliográfico que sustenta la garantía.
- Calificador Modal (Q): Grado de certeza o matización con que se presenta la conclusión.
- Reserva (Re): Reconocimiento de excepciones, limitaciones o errores experimentales.

Fase de interpretación hermenéutica y análisis por propósito

En concordancia con el método hermenéutico adoptado (Leal, 2009) y siguiendo las etapas propuestas por Spiegelberg, esta fase implicó:

- Interpretación global de los hallazgos en función de cada uno de los cuatro propósitos específicos de la investigación.
- Búsqueda del significado profundo detrás de las manifestaciones observadas, superando la descripción superficial.
- Construcción de la síntesis interpretativa que articula los hallazgos empíricos con las bases teóricas del estudio.

Criterios de rigor científico

Con relación a los criterios de rigor científico o bien sea el caso de la investigación, los criterios de credibilidad de los hallazgos vienen sustentados por la comprensión e interpretación de los hechos.

Sandín (2003) hace mención que lo fundamental en los criterios de rigor científico en el contexto de la investigación cualitativa "es la interpretación del significado de acciones humanas y sociales" (p.186). Esto quiere decir que la fiabilidad de la investigación viene dada por el proceso a través del cual se realizan afirmaciones y evaluaciones con respecto a la conformabilidad de las observaciones, interpretaciones y generalizaciones llevadas a cabo el estudio.

Cabe agregar que los criterios de esta investigación se presentaron de manera organizada, de forma tal que se comprenda la progresividad del aprendizaje sobre el concepto de calorimetría en el laboratorio de fisicoquímica desde una orientación epistémica y los sujetos actuantes.

En consideración a lo planteado por el anterior autor, podría decirse que los criterios de fiabilidad de este estudio vienen dados por la capacidad explicativa de la información analizada e interpretada por los estudiantes de fundamentos de fisicoquímica.

Principios éticos

La presente investigación, orientada a interpretar la progresividad del aprendizaje sobre el concepto de calorimetría desde una orientación epistémica toulminiana, se sustenta en principios éticos que garantizan el respeto por la dignidad humana, la integridad académica y la responsabilidad investigativa.

En el ámbito educativo y científico, toda investigación que involucre sujetos actuantes debe desarrollarse bajo criterios éticos que aseguren la protección de los participantes, la transparencia metodológica y el compromiso con la producción responsable del conocimiento.

Desde esta perspectiva, la investigación asume como eje fundamental el respeto a los estudiantes participantes, quienes intervienen de forma voluntaria en las actividades desarrolladas dentro del laboratorio de fisicoquímica.

La participación libre y consciente implica que cada sujeto actuante conoce los propósitos del estudio, las estrategias didácticas implementadas y el uso académico de la información obtenida durante el proceso investigativo. En consecuencia, se reconoce el consentimiento informado como una condición indispensable para la participación en el estudio.

De igual manera, se garantiza el principio de confidencialidad y anonimato de la información recabada. Los datos obtenidos mediante las pruebas diagnósticas, mapas conceptuales, informes de laboratorio, observaciones participantes y pruebas escritas son utilizados únicamente con fines académicos e investigativos. La identidad de los estudiantes se protege mediante el uso de categorías genéricas como “Estudiante A”, “Estudiante B” y “Estudiante C”, evitando cualquier forma de exposición personal o afectación a la integridad moral de los participantes.

Asimismo, el estudio se orienta por el principio de beneficencia, entendido como el compromiso de promover aprendizajes significativos y fortalecer las competencias científicas de los estudiantes. Las actividades desarrolladas en el laboratorio no persiguen únicamente la obtención de información para la investigación, sino también la consolidación de experiencias pedagógicas que contribuyan al desarrollo cognitivo, crítico y reflexivo de los futuros docentes de química.

En correspondencia con el principio de no maleficencia, las estrategias didácticas y actividades experimentales fueron diseñadas considerando condiciones adecuadas de seguridad, respeto y acompañamiento pedagógico.

El investigador asume una actitud responsable durante el desarrollo de las prácticas de laboratorio, garantizando el uso apropiado de instrumentos y materiales, así como la prevención de riesgos asociados a las actividades experimentales. Por otra parte, la investigación reconoce la importancia de la honestidad científica y la rigurosidad académica.

En este sentido, los hallazgos, interpretaciones y conclusiones se presentan de forma transparente, evitando la manipulación de datos o interpretaciones sesgadas. Las

referencias bibliográficas y aportes teóricos utilizados se citan respetando los principios de propiedad intelectual y ética académica, fortaleciendo así la credibilidad y confiabilidad del estudio. Desde la dimensión axiológica, la investigación se orienta hacia la formación de valores asociados al pensamiento científico, la responsabilidad social y el compromiso ético del docente investigador.

La enseñanza de la calorimetría, abordada desde situaciones problemáticas y procesos argumentativos, favorece no solo la construcción de conocimientos científicos, sino también el desarrollo de actitudes críticas, reflexivas y colaborativas frente a la realidad educativa y social.

Los fundamentos éticos de este estudio se articulan con los principios establecidos en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, la Ley Orgánica de Educación y las normativas universitarias relacionadas con la investigación educativa. En consecuencia, la presente investigación se concibe como una práctica académica comprometida con la dignidad humana, la formación integral y la construcción responsable del conocimiento científico.

Alcance y limitaciones de la investigación

Finalmente, cabe reconocer el alcance y las limitaciones de la investigación realizada. Los objetivos planteados se desarrollaron en un curso de Físicoquímica, tomando el contenido de calorimetría como el escenario didáctico con los estudiantes disponibles, lo que no constituye una limitante desde el método hermenéutico aplicado. No obstante, es necesario que su transferibilidad a otros escenarios didácticos tome en cuenta que cada proceso es único e irrepetible, aunque los hallazgos esenciales permanecen y son estos los que terminan como la materia prima sobre la cual se va configurando el conocimiento científico, en este caso, sobre la progresividad del aprendizaje en torno a la calorimetría.

SECCIÓN IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS HALLAZGOS

La ciencia es la progresiva aproximación
del hombre al mundo real
Max Planck

Esta sección presenta la información recabada y el análisis e interpretación de los hallazgos, con respecto a las actividades aplicadas en el contexto de aprendizaje abordado.

Se procedió a la sistematización de la información extraída de las cuatro fuentes proporcionadas: prueba de conocimientos previos, mapas conceptuales, informe de laboratorio, observación participante y prueba escrita de conocimientos desarrollados, cerrando esta sección con la triangulación de estas fuentes de información. Los manuscritos revelan una estructura que va desde la definición conceptual básica hasta la formulación termodinámica y la clasificación de sistemas termodinámicos. A continuación, la información organizada por ejes temáticos y la matriz de progresividad del aprendizaje.

A. Hallazgos derivados de la prueba de conocimientos previos

Con respecto a la *Prueba de Conocimientos Previos*, la información recabada se ha sistematizado para reflejar la construcción del conocimiento desde lo hermenéutico (la observación del calor hasta lo teórico-formal, referido a las leyes de la termodinámica). Los hallazgos se analizaron de forma individual por participantes (Tabla 8) y desde una perspectiva grupal (Tabla 9).

Los conocimientos previos de los estudiantes participantes

Como se observa en la tabla 8, por una parte**,** el **Estudiante A** presenta una sólida base cualitativa, pero experimenta dificultades severas al trasladar estos conceptos a la resolución de problemas técnicos o matemáticos, en el cual posee una definición precisa del calor como flujo energético y de la temperatura como su medida en términos cualitativos, e incluso identifica correctamente las definiciones teóricas de sistemas aislados y vincula el calor con la energía cinética molecular. Por otra parte, experimenta disonancia cognitiva o meras contradicciones; porque, aunque define bien los conceptos, falla al aplicarlos en ítems de selección, confundiendo intensidad térmica con magnitud energética y, por tanto, no logra interpretar representaciones gráficas ni comprende la finalidad práctica del calorímetro. En este sentido, se evidencia que es el estudiante más rezagado en la Fase IV, al omitir por completo el uso de la primera Ley de la termodinámica y se queda anclado en definiciones de la mecánica clásica, como lo son: fuerza por desplazamiento, lo que le impide analizar ciclos termodinámicos.

El **Estudiante B** muestra un dominio mucho más completo en la identificación visual y técnica, destacándose por un pensamiento que cuestiona el diseño experimental, aunque carece de profundidad ontológica. Sin embargo, demuestra dominio procedimental en el uso de instrumentos y reconoce correctamente la unidad de medida Joule. Considero que es el único que muestra pensamiento crítico al sugerir que la función de un dispositivo depende de la intención del experimento. Y, además, comprende de forma intuitiva el concepto de independencia de la trayectoria, es decir, las funciones de estado. Por consiguiente, presenta ciertas fallas en la transposición didáctica, redefiniendo conceptos físicos bajo categorías erróneas como, por ejemplo:

temperatura como "unidad" y calor como "capacidad". Así mismo, presenta dificultades para delimitar fronteras en sistemas prácticos y no asocia el trabajo con una interacción energética. En síntesis, posee las intuiciones correctas, pero carece de la estructura lógica para conectarlas con ecuaciones formales, confundiendo frecuentemente las magnitudes físicas con sus unidades de medida.

El **Estudiante C**, basa su aprendizaje en la identificación de patrones y la percepción sensorial, lo que genera errores graves de causalidad física, en el cual logra identificar correctamente el termómetro en entornos complejos y maneja impecablemente la definición de sistema aislado, así como la comprensión del flujo de intercambio entre sistema y ambiente. Por otra parte, tiende a la inversión de causalidad física; lo que se evidencia en su definición de calor, que lo entiende como algo derivado de la temperatura y basa sus definiciones en "percibir" el calor. Y, en consecuencia, comete un error diagnóstico grave al confundir procesos endotérmicos con procesos exotérmicos, interpretando un aumento de temperatura como "liberación de calor". En consecuencia, presenta una ausencia de definiciones operativas, en el cual no comprende la ley de conservación de la energía, ni reconoce variables macroscópicas esenciales como, presión, volumen, temperatura y masa como variables de estado, limitándose a decir que "ayudan a medir".

Tabla 8

Hallazgos sobre los conocimientos previos por estudiante participante

Fase de Aprendizaje (Categorías de anáñisis)	Indicador de aprendizaje	Estudiante A	Estudiante B	Estudiante C
Identificación instrumental	Medición con termómetro Diferencia entre calor y temperatura.	Se observa una disonancia cognitiva significativa. Mientras que en el desarrollo cualitativo el estudiante define con precisión el calor como flujo energético y la temperatura como su medida, falla en la aplicación práctica y técnica de estos conceptos en ítems de selección. Existe un error de categoría epistemológica. El Estudiante Atribuye al termómetro la capacidad	Dominio procedimental y visual: El estudiante identifica con éxito el instrumento de laboratorio en diagramas y reconoce su función operativa. El estudiante selecciona correctamente el Joule (J) como unidad de energía térmica. Falla en la transposición didáctica: Al redactar, el estudiante redefine los conceptos bajo categorías erróneas (calor como	Acierto en entorno complejo: El estudiante identifica correctamente el termómetro dentro del sistema de un calorímetro y comprende su rol operativo. Confusión de magnitudes: El uso de "Kelvin" para calor y la transposición de unidades de energía “J” por las de temperatura indica que el estudiante no asocia la unidad con la propiedad física que representa, tratando las

		de medir directamente la transferencia de energía (Q) en lugar de la energía cinética promedio de las partículas (T) Persiste una confusión fundamental entre intensidad térmica y magnitud energética.	"capacidad" y temperatura como "unidad").	nomenclaturas como intercambiables. El estudiante recurre a definiciones subjetivas "percibir" el calor". Al definir el calor como algo derivado de la temperatura, invierte la ley de causalidad, ignorando que la temperatura es el resultado del estado energético del sistema y no a la inversa.
Caracterización del sistema	Clasificación en sistemas abiertos, cerrados y aislados.	El estudiante identifica sin error la definición teórica de un sistema aislado. Existe una incomprensión de la finalidad del calorímetro. No logra identificar las fronteras del sistema ni los flujos de entrada y salida de energía/materia en un contexto termodinámico real.	El estudiante identifica con precisión las fronteras y restricciones de un sistema aislado. El Estudiante Cuestiona la rigidez del diseño experimental al sugerir que la función de un dispositivo "depende de la intención". Existe una dificultad para operacionalizar la teoría en analogías prácticas.	El estudiante demuestra un manejo impecable de la definición de sistema aislado. Identifica correctamente la finalidad técnica de un calorímetro. Aunque menciona la "transformación de energía", falla en la delimitación geométrica y física del sistema.
Cuantificación y transferencia	Transferencia de calor a través de un sistema mención de calor específico.	El estudiante vincula correctamente el calor con la energía cinética microscópica (movimiento de partículas). Explica con claridad la relación proporcional entre la temperatura y el volumen. incapacidad para traducir fenómenos físicos a representaciones gráficas.	El estudiante identifica con éxito el calor como un proceso de transferencia de energía térmica. El Estudiante comprende que el fenómeno macroscópico (calor) tiene su origen en el comportamiento dinámico de la materia a nivel atómico/molecular. Identifica correctamente el flujo de intercambio entre el sistema y el ambiente.	El estudiante identifica correctamente el calor como energía en tránsito y su origen en el movimiento de partículas. Existe una confusión entre escalas de intensidad y unidades de energía. El estudiante interpreta un ascenso en la temperatura como una "liberación" de calor. Este es un error conceptual grave, pues confunde un proceso endotérmico con uno exotérmico. En la fase de desarrollo, el estudiante omite el uso del calor específico como factor explicativo.
Formalización termodinámica	Uso de la Primera Ley: $\Delta U = Q + W$ Ecuación de equilibrio: Sistema + Entorno = 0.	El estudiante omite por completo las preguntas que requieren la aplicación de la Primera Ley. El estudiante no reconoce la interdependencia energética global, tratando al sistema como un ente aislado de su contexto termodinámico.	El Estudiante comprende que ciertas propiedades (como el volumen) dependen exclusivamente de los estados inicial y final, independientemente del camino seguido. El estudiante no asocia el trabajo con una interacción energética, sino con una	El estudiante no posee una definición operativa de trabajo. El estudiante no comprende la Ley de Conservación de la Energía. No logra conceptualizar que la energía interna. El estudiante no reconoce a la Presión, el Volumen, la

El estudiante se limita a la definición de trabajo como fuerza por desplazamiento. No realiza la transición conceptual al trabajo de expansión/compresión, lo que invalida su capacidad para analizar ciclos termodinámicos. La mención de la Ley de los Gases Ideales, sin una aplicación específica, sugiere una "evocación de conceptos" aprendidos de memoria que no logra vincular con la independencia de la trayectoria o la función de estado.	restricción física del recipiente. El estudiante no posee la estructura lógica para conectar sus intuiciones con la ecuación de la primera ley. El Estudiante confunde la magnitud física con la unidad de medida.	Temperatura y la masa como variables de estado.

Fuente: Sistematizado por el Investigador

Los conocimientos previos del grupo en general

A partir de las respuestas de cada estudiante, se procedió a realizar el análisis del grupo como se puede observar en la tabla 8, de la cual se puede resumir que, en correspondencia con los datos obtenidos bajo la prueba diagnóstica, se evidencia que los estudiantes enmarcados en el curso, operan bajo un modelo donde "calor" y "temperatura" funcionan como sinónimos prácticos, desconociendo la naturaleza energética del primero. Por otra parte, el concepto de aislamiento es una "definición de diccionario", que no es más que un conocimiento denotado como nominal y quizás estático, de forma abstracta y descontextualizada, que no se traduce en una capacidad de análisis espacial o físico de los sistemas. En este caso comprenden el fenómeno, pero no poseen los recursos, medios o herramientas para su debida cuantificación según sea el caso, o generar una interpretación fehaciente bajo la deducción, a través de modelos gráficos. Para concluir, se estima que el grupo presenta cierta alfabetización científica, es decir, conoce algunos términos termodinámicos, pero carece de competencias, ya que no pueden formular ni aplicar cálculos frente a situaciones problemas reales.

Tabla 9

Análisis de la prueba de conocimientos previos por el grupo de estudiantes

Fase (Categorías de análisis)	Estado
Identificación instrumental y conceptos básicos	El grupo posee un dominio visual total, pero carece de precisión técnica en las magnitudes. Existe una confusión sistemática en las unidades de medida (uso de Kelvin o Celsius para calor); solo un estudiante distingue correctamente el Joule.
Caracterización del sistema	El grupo ha internalizado la definición de Sistema Aislado de forma memorística, pero no logra aplicarla a casos de estudio reales. Ningún integrante pudo delimitar las fronteras de un sistema complejo (como un motor) ni definir la relación Sistema vs. Universo.
Cuantificación y transferencia	Poseen una excelente intuición cinética-molecular (asocian calor con movimiento), pero fallan en la interpretación de datos. Se detectó un error sistemático en la lectura de gráficas, confundiendo procesos endotérmicos (absorción) con exotérmicos (liberación). Además, el concepto de Calor Específico está ausente en sus explicaciones.
Formalización termodinámica	Esta es el área de fallo masivo; el grupo carece de herramientas matemáticas para la materia. ● No existe comprensión del trabajo termodinámico; se recurre a la mecánica clásica o definiciones coloquiales. ● Hay una omisión total de la ecuación de conservación de energía. ● Existe una incapacidad general para distinguir entre variables de estado y funciones de trayectoria.

Fuente. Sistematizado por el Investigador

B. Hallazgos derivados de los mapas conceptuales

Mapa conceptual 1

En la tabla 10 se puede observar que el **Estudiante A**, bajo su estructura conceptual, muestra una capacidad de clasificación básica, pero con omisiones técnicas que limitan su visión global de la termodinámica, lo que implica que se encuentra en un nivel digamos logrado para la identificación, pero para la distinción de conceptos se observa sólo parcial. Sin embargo, aunque identifica los tres tipos de sistemas como lo son: abierto, cerrado y aislado, sus definiciones son mínimas y comete la omisión crítica de no mencionar explícitamente la materia en sus nodos, centrando su atención casi exclusivamente en la energía. Con respecto a la integración conceptual, realiza un esfuerzo por incluir la energía interna y cinética, pero falla en la coherencia sistémica al dejar el "equilibrio térmico" como una rama aislada, sin vincularla con el proceso de transferencia de calor. En consecuencia, su comprensión es predominantemente nominal, es decir, menciona la ley de conservación sin profundidad y presenta un vacío total respecto al concepto de Trabajo, conllevando este, al reduccionismo de la termodinámica únicamente al estudio del calor.

El **Estudiante B** es quien presenta la mayor organización visual y lógica en cuanto a la categorización de los sistemas termodinámicos, en el cual logra una jerarquía clara donde el calor y la temperatura dependen de la termodinámica, asociando correctamente el Joule al calor y el Kelvin, Celsius y Fahrenheit, a la temperatura. Además, posee la sección más organizada y limpia del grupo. Utiliza conectores lógicos precisos como "intercambia" o "no intercambia" para definir con claridad las fronteras de los sistemas abierto, cerrado y aislado. En ese mismo orden de ideas, define correctamente el calor como "energía en tránsito" y establece el vínculo con la energía cinética y el movimiento de las partículas. Sin embargo, a pesar de su orden, su mapa se vuelve un poco vago al llegar a las leyes formales. Ya que no logra integrar ecuaciones como $\Delta U = Q - W$, ni vincula el trabajo con variables de presión o volumen.

El **Estudiante C**, por su parte, destaca por su precisión en las unidades de medida, pero se mantiene en una etapa descriptiva sin alcanzar la formalización matemática. Demuestra una correcta diferenciación de magnitudes y domina los sistemas de medida correspondientes para cada una. En correspondencia con la transferencia, los sistemas, y en la clasificación de entornos, supera a sus compañeros gracias a la precisión de sus conectores lógicos para describir el intercambio en las fronteras, lo cual, se puede clasificar como logrado en lo conceptual, pero permanece en proceso en lo cuantitativo. Bajo la concepción termodinámica, su conocimiento es de carácter etiquetado, es decir, su saber que está fragmentado, categorizado de forma rígida o limitado a definiciones superficiales. En consecuencia, conoce los nombres de las leyes, pero no ha logrado integrar la estructura matemática ni las ecuaciones que gobiernan los procesos termodinámicos.

Tabla 10

Matriz de análisis del mapa conceptual 1 por estudiante participante

Progresión (Categorías de análisis)	Evidencia documental	Estudiante A	Estudiante B	Estudiante C
Identificación instrumental	Se puede medir con termómetro.	Logrado (Identificación) / Parcial (Distinción).	El Estudiante coloca "Calor" y "Temperatura" como ramas hermanas que dependen de la Termodinámica. Identifica correctamente que el calor se asocia con el Joule (J) y la temperatura con Kelvin (K), Celsius (°C) y Fahrenheit (°F).	Demuestra una correcta diferenciación de magnitudes y sus respectivos sistemas de medida.

Conceptua-lización de transferencia	Es la transferencia de calor, a través de un sistema.	Aparecen los tres sistemas, las definiciones son mínimas. Hay una omisión importante: no menciona la materia de forma explícita en todos los nodos, enfocándose casi exclusivamente en la energía.	El nodo "Sistemas" se despliega en tres sub-nodos: Abierto, Cerrado y Aislado. Es la sección más organizada y limpia del mapa.	Supera a los otros estudiantes al usar conectores lógicos precisos ("intercambia", "no intercambia") para definir las fronteras del sistema.
Clasificación de entornos	Clasificación de sistemas: abierto, cerrado y aislado.	El Estudiante hace un esfuerzo por incluir la Energía Interna y la Energía Cinética. Sin embargo, coloca el concepto de "Equilibrio Térmico" como una rama aislada, casi al final, sin conectarlo con el proceso de transferencia de calor.	Aparece el concepto de "Energía" y su relación con el movimiento de partículas. Se menciona que el calor es "energía en tránsito".	Logrado (Conceptual) / En proceso (Cuantitativo).
Análisis termo-dinámico	Uso de ΔU = Q + W y la relación Sistema + Entorno = 0.	Menciona la "Ley de la Conservación" de forma puramente nominal. El vacío del Trabajo: No hay rastro del concepto de Trabajo. En su mapa, la termodinámica parece ser solo "el estudio del calor", ignorando que la esencia de esta ciencia es la conversión de calor en trabajo mecánico.	Se mencionan las "Leyes de la Termodinámica", pero el mapa se vuelve "vago" en este punto. No aparecen ecuaciones, ni el concepto de Trabajo vinculado a la presión o el volumen de forma explícita.	El Estudiante Conoce los nombres de las leyes, pero no ha integrado la estructura matemática que las gobierna.

Fuente. Sistematizado por el Investigador

En la tabla 11 se puede deducir que el grupo presenta un nivel progresivo alto y estructurado en cuanto al análisis e identificación instrumental; el mismo demuestra una base sólida en la organización de la medición. Se destaca especialmente el trabajo del Estudiante B, quien establece el estándar de oro, al separar con precisión las magnitudes calor/temperatura de sus unidades (Joule/Kelvin). Esto significa que existe una claridad jerárquica que permite al grupo clasificar correctamente las herramientas y escalas del laboratorio.

Tabla 11

Hallazgos del análisis grupal del mapa de concepto 1

Nivel de progresión	Descripción
Identificación instrumental	El equipo tiene una base sólida en la taxonomía de la medición. El mapa del Estudiante B actúa como el estándar de oro del grupo, separando correctamente magnitudes (Calor/Temperatura) y unidades (Joule/Kelvin).
Conceptualización de transferencia	Es el indicador de mayor dominio. Todos los mapas presentan la tríada abierto-cerrado-aislado con claridad. Interpretación: El equipo entiende la "geografía" de la termodinámica. Saben poner límites a la realidad, lo que es un primer paso esencial para cualquier balance de energía. Es su zona de confort cognitiva.
Clasificación de entornos	Existe una desconexión entre la Teoría Cinética (partículas en movimiento) y la Medición Práctica (calorímetro).

	Interpretación: Los mapas muestran que el grupo entiende por qué se calienta algo (movimiento de átomos), pero no tienen el puente conceptual para explicar cuánto se calienta (Calor Específico). El concepto de energía interna aparece como un dato aislado, no como una variable que cambia.
Análisis termodinámico	Los mapas son "alérgicos" a las ecuaciones. Mencionan las "Leyes de la Termodinámica" como nombres propios, pero no como herramientas operativas. Interpretación: Hay un bloqueo sistémico hacia el Trabajo (W). Al no integrar el trabajo en sus mapas, el equipo no puede visualizar la termodinámica como un sistema de transformación, sino sólo como un sistema de almacenamiento de calor.

Fuente: Sistematizado por el Investigador

Bajo la conceptualización de transferencia, presentan un nivel progresivo de dominio máximo. Este es el indicador más relevante del grupo o llámese fuerte, ya que todos los mapas logran representar la tríada de sistemas: abierto, cerrado y aislado, con total claridad. Esto implica que el grupo ha internalizado la geografía termodinámica, siendo capaces de delimitar fronteras físicas en la realidad, lo cual es el paso previo esencial para realizar balances de energía.

En cuanto a la clasificación de entornos y puentes conceptuales presentan un nivel medio un poco desconectado, en el cual se observa una desconexión crítica entre la teoría cinética, es decir, átomos en movimiento, y la medición práctica, entiéndase como el uso del calorímetro. Aunque comprenden el origen microscópico del calor, carecen del concepto de calor específico para explicar la magnitud del cambio térmico. En referencia, el grupo comprende el "por qué", es decir, la causa molecular, pero no el "cuánto" que puede entenderse como la cuantificación energética, y con respecto a la energía Interna se percibe como un dato estático y no como una variable dinámica.

Con base en el análisis termodinámico y operatividad se observa un nivel de progresión crítico bajo, ya que los mapas evidencian una anafilaxia a la formalización matemática; las Leyes de la Termodinámica se mencionan como nombres propios o etiquetas, pero no como herramientas de cálculo. Persiste un bloqueo sistémico hacia el concepto de trabajo, el cual está ausente en las conexiones lógicas. Esto evoca a que el equipo visualiza la termodinámica únicamente como un sistema de almacenamiento de calor y no como un sistema de transformación energética, es decir, conversión de calor en trabajo.

El grupo ha superado la etapa de reconocimiento y clasificación, saben qué es y dónde está, pero se encuentra estancado ante la formalización funcional. Para avanzar, es necesario romper el bloqueo hacia el trabajo y las ecuaciones, moviendo al estudiante de una descripción cualitativa hacia un análisis de procesos de transformación de energía. El área de Análisis Termodinámico (Fase IV) es el punto de falla común, mientras que el Estudiante B destaca en organización y el Estudiante C en precisión de conectores, todos comparten la ausencia del concepto de trabajo y la falta de aplicación de la primera ley de la termodinámica. En síntesis, el grupo entiende la termodinámica como una descripción de fenómenos térmicos, pero aún no como una ciencia de conversión de energía.

Mapa conceptual 2

La tabla 12 presenta los hallazgos relacionados con el mapa conceptual 2. Al respecto, el mapa conceptual del **Estudiante A** destaca por su capacidad de integrar múltiples leyes y conceptos teóricos en una visión sistémica. Bajo la identificación instrumental**,** define con precisión el calor como "energía en tránsito" y la temperatura como la medida de la energía cinética molecular, integrando además el uso de escalas. En cuanto a la conceptualización de transferencia, posee un dominio de la estructura taxonómica de los sistemas, lo que le permite identificar correctamente los intercambios de materia y energía. Así mismo, basándose en la clasificación de los entornos, aunque no utiliza fórmulas explícitas, demuestra comprender que la transferencia de calor está ligada a la naturaleza de la sustancia al incluir el concepto de calor específico, Y bajo el análisis termodinámico, es el estudiante con la formalización más completa, incorporando la tercera ley y el concepto de trabajo. No obstante, la conexión operativa entre estas leyes y la resolución de problemas de calorimetría permanece implícita.

El **Estudiante B** sobresale en la categorización técnica y la transición hacia explicaciones a nivel molecular. Con respecto a la identificación instrumental**,** su mayor fortaleza es la distinción conceptual clara entre calor y temperatura. De igual manera, en correspondencia con la conceptualización de transferencia, jerarquiza los tres tipos de sistemas: abierto, cerrado y aislado; además, define con exactitud sus límites y fronteras de estudio. En cuanto a la clasificación de los entornos, logra un salto epistémico al

conectar la energía interna con la suma de las energías cinética y potencial de los átomos, pasando de una visión macroscópica a una microscópica. En función al análisis termodinámico, presenta una mención nominal de las leyes Cero, Primera y Segunda Ley, pero carece de la integración de ecuaciones fundamentales o del concepto de trabajo en su mapa.

El mapa conceptual del **Estudiante C** refleja una orientación hacia la aplicación y la funcionalidad del proceso experimental. Con base en la identificación instrumental**,** su enfoque es funcional y práctico, centrando el uso del instrumento en el monitoreo del calor durante la práctica, y bajo la conceptualización de transferencia, vincula correctamente la transferencia de energía con los cambios en la energía interna producidos por gradientes de temperatura, para finalmente, interpretar la clasificación de los entornos. El estudiante, aunque su mapa prioriza el aislamiento térmico, demuestra entender la importancia de definir fronteras para realizar mediciones válidas. En consecuencia, bajo el análisis termodinámico, consigue establecer las leyes de equilibrio de forma conceptual, pero persiste la dificultad para la aplicación matemática rigurosa que se ha observado en otras evaluaciones.

Tabla 12

Hallazgos derivados del mapa conceptual 2 por estudiante participante

Nivel de progresión (Categorías de análisis)	Evidencia en los documentos	Estudiante A	Estudiante B	Estudiante C
Identificación instrumental	Se puede medir con termómetro.	Define el Calor como "energía en tránsito" y la Temperatura como "medida de la energía cinética de las moléculas". Incluye las escalas.	Es el punto más fuerte de este estudiante. Logra separar el Calor de la Temperatura.	El estudiante identifica el instrumento, pero se enfoca en su función práctica dentro del monitoreo del calor.
Conceptualización de transferencia	Es la transferencia de calor, a través de un sistema.	Describe correctamente el intercambio de materia y energía. Es una estructura taxonómica estándar que el estudiante domina, permitiéndole entender dónde se aplican las leyes de la calorimetría.	El estudiante jerarquiza perfectamente los tres tipos de sistemas. Define con precisión el intercambio de materia y energía. Es capaz de conceptualizar los límites o fronteras del objeto de estudio.	Vincula la transferencia con cambios en la energía interna motivados por gradientes térmicos.

Clasificación de entornos	Clasificación de sistemas: abierto, cerrado y aislado.	Incluye el calor específico, el Estudiante A demuestra que entiende que la transferencia de calor depende de la naturaleza de la sustancia, aunque no escriba la fórmula explícitamente.	Conecta la Energía Interna con la suma de las energías cinética y potencial de los átomos. Esto muestra una transición del pensamiento macroscópico al microscópico.	Aunque el mapa se centra en el aislamiento, el Estudiante comprende la necesidad de limitar las fronteras para medir.
Análisis termodinámico	Uso de $\Delta U = Q + W$ y la relación Sistema + Entorno = 0.	Es el mapa más completo en términos de formalización. Al incluir la 3ra Ley (Entropía en el cero absoluto) y el Trabajo, el estudiante muestra una visión integral del balance energético. Sin embargo, la conexión entre estas leyes y los cálculos de calorimetría sigue siendo implícita.	Menciona la Ley Cero, la Primera y la Segunda Ley. Sin embargo, es una mención nominal, es decir, solo el nombre. No aparece la ecuación fundamental ni se integra el concepto de Trabajo.	El estudiante logra establecer las leyes de equilibrio, aunque persiste la dificultad en la aplicación matemática rigurosa detectada anteriormente.

Fuente: Sistematizado por el Investigador

Tabla 12

Hallazgos del análisis grupal derivados del mapa conceptual 2

Nivel de Progresión (Categorías de análisis)	Grupo
Identificación Instrumental	El grupo identifica unánimemente la temperatura como la medida de la energía cinética promedio de las moléculas. Existe un dominio sólido de la función del calorímetro y el termómetro, aunque con variaciones entre el enfoque técnico del Estudiante B y el operativo del Estudiante C.
Conceptualización de Transferencia	Los estudiantes logran definir límites y fronteras, transitando de modelos analógicos, como: el cuerpo humano o máquina de vapor, a modelos de estados termodinámicos. Se reconoce la importancia de los sistemas aislados para la precisión experimental.
Clasificación de Entornos	Se comprende y aplica el principio de que el calor fluye de un cuerpo de mayor temperatura a uno de menor. No obstante, existe un intersticio operativo; el grupo entiende el balance de energía, pero falla frecuentemente en la resolución matemática y el manejo de unidades
Análisis Termodinámico	El grupo utiliza lenguaje técnico avanzado, procesos isotérmicos, adiabáticos, entalpía en sus mapas e informes. embargo, la debilidad principal reside en la aplicación correcta de la convención de signos en la Primera Ley

C. Hallazgos derivados del informe de laboratorio

Como se indica en la tabla 13, el **Estudiante A** destaca por una fuerte base conceptual y una notable capacidad para autorregular su aprendizaje mediante el análisis

crítico de sus propios errores. En cuanto a la dimensión cognitiva de la prueba, se revela un dominio sólido de las definiciones termodinámicas y el uso de constantes físicas, como el calor específico del agua, e identifica correctamente el equilibrio térmico como la igualdad de energía cinética promedio. En cuanto a la dimensión práctica, considerada la fase de laboratorio, aunque en la observación inicial se detectaron fallas en la interpretación de gráficas, su desempeño en el informe revela una madurez epistémica superior. Tras obtener un resultado físicamente imposible del calor específico negativo, realiza un cálculo inverso para hallar la temperatura de equilibrio teórica. El estudiante utiliza el modelo biológico, es decir, el ser humano para explicar sistemas complejos, lo que indica una alta capacidad de transposición didáctica. Se considera que la progresión del Estudiante A muestra una alta madurez epistémica, y no se limita a seguir una receta de laboratorio; es capaz de construir un argumento técnico que identifica sus propios errores mediante la contrastación entre la garantía teórica y la evidencia empírica.

El **Estudiante B** representa el perfil de mayor rigor matemático y procedimental, aunque su desempeño se ve afectado por la desconexión entre la teoría perfecta y la práctica experimental. En la prueba aplicada se revela que en su dimensión cognitiva es el más avanzado en la resolución de problemas de gases ideales y el uso de variables de estado presión, volumen y temperatura, posee un lenguaje técnico y matemático muy riguroso. Con respecto a la dimensión práctica su análisis de errores es exhaustivo, y al obtener un valor de calor específico 25.8 veces superior al teórico, desglosa las causas probables como fugas térmicas o inconsistencias en la toma de temperatura. Una evidencia digamos clave, fue que en la observación se reportaron errores de paralaje, lo que confirma su tendencia a priorizar el cálculo sobre la técnica de medición directa. El Estudiante B demuestra una alta capacidad de razonamiento lógico-matemático. Aunque su experimento falló en la obtención de un dato preciso, su proceso de pensamiento fue científicamente exitoso: identificó la anomalía, la cuantificó frente al modelo teórico y propuso hipótesis válidas para explicar la discrepancia. Su conclusión refleja una honestidad intelectual necesaria en las ciencias, reconociendo que el resultado obtenido es "físicamente imposible".

El **Estudiante C**, su perfil está orientado a la acción y al dominio del entorno de laboratorio, mostrando una gran destreza manual, pero con dificultades significativas en

la formalización matemática. Con respecto a su dimensión cognitiva, es decir, la prueba, es el Estudiante con mayor conocimiento del material de vidrio y equipos de pesaje. Sin embargo, presenta analfabetismo funcional en el uso de fórmulas, realizando cálculos con unidades incompatibles como, por ejemplo: multiplicar grados por presión. Así mismo, bajo la dimensión práctica o trabajo de laboratorio, su informe es rico en descripciones narrativas y justificaciones del método, por lo tanto, ejerce un criterio de selección de datos al descartar repeticiones inconsistentes para promediar la constante del calorímetro. Como evidencia importante, logra una aproximación aceptable al calor específico del cobre y reivindica la importancia de la inercia térmica del equipo para garantizar la fiabilidad científica. Este estudiante destaca por su capacidad de comunicación científica escrita. A diferencia de los perfiles más algorítmicos, este estudiante se enfoca en explicar la lógica detrás del experimento. Su progresión conceptual es exitosa en la fase de justificación teórica y análisis de procedimientos, aunque su informe es más descriptivo que el del Estudiante B, quien profundizó más en la cuantificación de las discrepancias.

Tabla 13

Hallazgos derivados de los informes de laboratorio

Fase de Aprendizaje	Indicador de aprendizaje	Estudiante A	Estudiante B	Estudiante C
Establecimiento de la Base Empírica	Recopilación y selección de datos experimentales	El estudiante registra con precisión las masas del agua y del cobre, así como las temperaturas iniciales y de equilibrio. Esta fase representa el dato en el esquema de Toulmin, proporcionando el soporte necesario para iniciar la argumentación fisicoquímica.	El estudiante organiza los datos de forma técnica, diferenciando claramente las masas y temperaturas iniciales del agua fría, agua caliente y el metal. Identifica las variables necesarias para el cálculo, incluyendo la constante del calorímetro y el calor específico del agua como constantes de referencia.	En cuanto a la identificación de variables el estudiante registra los valores obtenidos para la constante del calorímetro en dos repeticiones. El estudiante en cuanto a las desviaciones demuestra la capacidad de discriminación de datos al descartar una de las tres repeticiones realizadas porque el resultado no coincidía en la aproximación. Esto indica un criterio de selección para reducir el error experimental en el promedio final
Construcción de la Garantía	Vinculación de evidencias con leyes termodinámicas.	Utiliza el principio de conservación de la energía como el puente lógico que permite transitar de la simple observación de temperaturas a la determinación de la constante del calorímetro y el calor específico del cobre.	Fundamenta su análisis en el principio de conservación de la energía, estableciendo que el calor perdido por la sustancia caliente es igual al calor ganado por la fría más el absorbido por el calorímetro.	Su argumento se basa en la ley de conservación de la energía, específicamente en el balance de calor donde el calor cedido más el absorbido es igual a cero. En cuanto a la definición de conceptos, éste define con precisión la constante del calorímetro como la inercia térmica del aparato y explica

			Aplicación en función a la notación, el estudiante traduce la ley a una estructura algebraica de transferencia de calor. En cuanto a la interpretación de los signos, muestra madurez conceptual al explicitar que el signo negativo en sus cálculos matemáticos representa físicamente una pérdida de calor.	su importancia para corregir las mediciones de calor de las reacciones. En función a las propiedades de la materia caracterizar correctamente el calor específico como una propiedad intensiva, señalando que no depende de la cantidad de material
Respaldo Teórico	Uso de constantes y modelos teóricos universales.	Integra el valor teórico del calor específico del agua y compara sus resultados con el valor teórico del cobre para validar la solidez de su experimento. Aquí se observa una progresión epistémica donde el estudiante no solo opera matemáticamente, sino que sitúa su práctica dentro de un marco científico mayor.	Al calcular la constante del calorímetro, nota que es cercana a la de sus compañeros, pero cuestiona la validez de sus propias repeticiones debido a la toma de datos erróneas.	Con respecto al uso de la literatura el estudiante refuerza su análisis citando bibliografía especializada, por ejemplo: (Chang, 2008). El mismo realiza contraste con valores de referencia, es decir, compara el comportamiento térmico del cobre frente al agua, señalando que el cobre tiene un calor específico bajo, lo que justifica por qué se calienta y enfría más rápido.
Calificador Modal y Reserva	Reconocimiento de anomalías y fuentes de error.	Al obtener un calor específico negativo, el estudiante no lo ignora, sino que lo identifica como un resultado físicamente imposible que contradice las leyes fundamentales	Compara su valor, con el valor teórico del cobre, concluyendo que su resultado es 25.8 veces mayor de lo esperado. Con respecto al error, no se limita a reportar el error, sino que analiza las causas probables. Se percata que existe incompatibilidad térmica al Identificar que la temperatura final de, es inconsistente con las condiciones iniciales del sistema. Considera las fugas de calor al Sugerir deficiencias en el aislamiento del calorímetro. Se percata de errores en los registros, y atribuye la incidencia a lecturas incorrectas de masa o temperatura final.	Reconoce sus limitaciones al admitir, que su resultado final para el cobre no fue exacto. Sin embargo, en lugar de invalidar el proceso, identifica fuentes de error procedimentales. Analiza los errores operativos al señalar factores críticos como el aislamiento del sistema, la agitación adecuada para el equilibrio térmico y el error de transferir agua caliente junto con la pieza de cobre. Así mismo, el estudiante reivindica la validez del experimento como una ilustración de la ley de conservación de la energía, priorizando el aprendizaje del método y la comprensión de las propiedades fundamentales del material sobre la obtención del dato perfecto.

Reivindicación Epistémica	Evaluación de la exactitud y precisión	Realiza un cálculo inverso para determinar cuál debió ser la temperatura real para que el resultado fuera coherente con la teoría. Esta capacidad de autorregulación conceptual demuestra que ha interiorizado la estructura del pensamiento científico, priorizando la lógica del modelo termodinámico sobre el dato erróneo obtenido en la práctica.	Desmonta la validez de su propio dato comparando la magnitud del error 25,8 veces mayor contra el respaldo teórico.	El estudiante realiza una acción de autorregulación al descartar una de las repeticiones que no coincidía en la aproximación. El estudiante infiere una es una pretensión de rigor, al entender que en ciencia se deben buscar resultados consistentes y promediar sobre la base de la fiabilidad. El Estudiante Analiza la interacción con el entorno, al reconocer que el calorímetro no es un sistema perfecto y que la ejecución rápida es vital. Su reivindicación final es procedimental, ya que identifica que el error no es del concepto, sino de la transferencia de agua caliente junto con la pieza de cobre, lo que demuestra que comprende la mecánica del flujo de calor.

Fuente: Sistematizado por el Investigador

Evaluación grupal del informe en el aprendizaje cognitivo-epistémico

Con base en lo reportado en la tabla 14, el grupo presenta una base teórica consolidada y homogénea. Los tres estudiantes identificaron con éxito que la temperatura es la medida de la energía cinética promedio de las partículas. Se evidencia que existe un dominio claro del lenguaje técnico inicial, reconociendo unidades del Sistema Internacional y la diferencia entre calor y temperatura, aunque el Estudiante C tiende a usar un lenguaje más operativo que formal en esta área.

Se observa una alta competencia en el manejo de herramientas de laboratorio. Con respecto a la destreza manual, el grupo demuestra rapidez y precisión en el montaje de equipos, con el Estudiante C destacando por su conocimiento detallado de instrumentos como pipetas y balanzas. Desde la abstracción y el modelado de sistemas, el grupo logra caracterizar sistemas termodinámicos, aunque el nivel de abstracción varía mientras el Estudiante B utiliza estados matemáticos rígidos Estado 1 y 2, los estudiantes A y C recurren a modelos analógicos o biológicos para facilitar la comprensión.

Este es el punto de mayor heterogeneidad y el principal desafío pedagógico para el grupo. Con respecto a la aplicación de las leyes todos comprenden la Ley de

Conservación de la Energía y la dirección del flujo de calor. Sin embargo, bajo el intersticio del cálculo, existe una dificultad compartida para trasladar la teoría a la práctica numérica, en el cual se registraron errores en la gestión de unidades especialmente en el Estudiante C y en la aplicación de la convención de signos de la Primera Ley.

El hallazgo más valioso de este análisis es la madurez epistémica del grupo basada en el modelo argumentativo de Toulmin. Ya que en la capacidad de reserva ningún estudiante aceptó datos experimentales incoherentes como verdaderos. Ante resultados físicamente imposibles como calores específicos negativos o desproporcionados, los estudiantes recurrieron al respaldo teórico para invalidar sus hallazgos empíricos. Y en la fase de autorregulación, el grupo demostró honestidad intelectual al atribuir errores a factores externos como fugas de calor, errores de lectura o tiempo de equilibrio en lugar de cuestionar las leyes físicas fundamentales.

Tabla 14

Evaluación grupal del informe sobre el aprendizaje cognitivo-epistémico

Fase de aprendizaje	Grupo
Establecimiento de la base empírica	Con respecto al dominio conceptual, existe un consenso grupal en la definición de la temperatura como la medida de la energía cinética promedio de las partículas.
	En cuanto al manejo de instrumentos, se debe indicar que el grupo identifica con precisión el instrumental de laboratorio como: calorímetros, balanzas, termómetros y material de vidrio y comprende su función técnica en el proceso de medición de masa y volumen.
	En función a la consistencia en el lenguaje, los estudiantes reconocen y aplican correctamente las unidades de medida del Sistema Internacional y comprenden el concepto de propiedad intensiva.
Construcción de la garantía	En función al modelado y límites, el grupo logra diferenciar entre el sistema y su entorno, aunque utilizan distintos niveles de abstracción, es decir, desde modelos biológicos como el cuerpo humano y mecánicos como: la máquina de vapor, hasta modelos físicos de estados termodinámicos.
	En relación a la interacción energética, Se comprende la naturaleza de los sistemas abiertos, cerrados o aislados y cómo estos intercambian energía en forma de calor o trabajo con el entorno
Respaldo teórico	En referencia a las leyes de transferencia, los estudiantes dominan la dirección del flujo de calor de mayor a menor temperatura y la ley de conservación de la Energía.
	En cuanto al intersticio operativo, se evidencia una disparidad significativa en la capacidad de cálculo, mientras algunos aplican constantes físicas como el calor específico con rigor, otros presentan dificultades críticas en el manejo de unidades y la resolución de ecuaciones energéticas.
	Y en correspondencia con el análisis de datos, el grupo es capaz de proponer experimentos innovadores, como el uso de materiales de bajo costo para demostrar fenómenos de transferencia.
Calificador modal y reserva	Estructura Teórica: El grupo utiliza correctamente terminología avanzada como, procesos isotérmicos, adiabáticos, entalpía y energía interna, aunque la aplicación simbólica en diagramas P-V es un área de mejora común.

	En referencia a la convención de signos, se detectaron inconsistencias generales al asignar signos al trabajo y al calor según el sistema de referencia, lo que afecta la resolución de problemas de la primera ley.
Reivindicación epistémica	Con respecto al pensamiento crítico, se evidencia que el hallazgo grupal más sólido es la capacidad de todos los estudiantes para identificar resultados físicamente imposibles. Ante una anomalía, el grupo no acepta el dato erróneo, sino que lo cuestiona basándose en el respaldo teórico.
	En consonancia con la autorregulación, los estudiantes demuestran madurez al atribuir errores a fallas procedimentales, es decir, fugas térmicas, errores de lectura o manipulación en lugar de dudar de las leyes físicas fundamentales.

Fuente: Sistematizado por el Investigador

D. Hallazgos derivados de la prueba de conocimientos desarrollados por participante

A continuación, en la tabla 14 se presenta el análisis de la Prueba de Conocimiento 1, desglosado por cada estudiante, centrado exclusivamente en sus producciones escritas y resolución de problemas, sin integrar las observaciones externas previas.

Al respecto, el **Estudiante A**, se caracteriza por una excelente interpretación cualitativa de los fenómenos, aunque con vacíos en la formalización de signos. Basándose en la identificación instrumental, define los instrumentos bajo un enfoque de propiedad física; por ejemplo, asocia el termómetro con el registro de la variación de la energía cinética de la muestra. Así mismo, caracteriza el sistema, utilizando un modelo biológico, como lo es el ser humano para explicar un sistema termodinámico, identificando correctamente el intercambio de energía con el entorno para mantener el equilibrio. Es el estudiante con mejor manejo de datos específicos en la parte descriptiva para efectos de la cuantificación y transferencia. Utiliza el valor exacto del calor específico del agua para justificar por qué un globo con agua no explota, demostrando que la energía del entorno es insuficiente para romper el sistema. Esquematiza la formalización termodinámica, a través de la identificación bastante precisa de la condición de equilibrio térmico, es decir, misma energía cinética promedio; sin embargo, falla en la convención de signos, confundiendo la notación de calor al intentar explicar el trabajo realizado por el sistema.

El **Estudiante B** refleja en su prueba un perfil orientado a la organización de datos y al planteamiento de problemas físico-químicos complejos. En términos de identificación

instrumental, no detalla definiciones conceptuales, pero demuestra su uso mediante la extracción de datos técnicos como: la presión en bar, volumen en m^3 y temperatura en K para el planteamiento de los ejercicios. En cuanto a la caracterización del sistema es el más riguroso en la definición de estados, ya que estructura sus respuestas diferenciando claramente entre un estado 1 y un estado 2, lo cual es esencial para el cálculo de variables de estado. Por otra parte, en la cuantificación y transferencia posee la mayor capacidad para resolver problemas de gases ideales, y plantea correctamente las incógnitas para trabajo w, calor Q, energía interna ΔU y entalpía ΔH. Bajo la formalización termodinámica, explica la expansión del sistema no solo como un cambio de volumen, sino como una reorganización molecular debida al aumento de energía cinética, a su vez propone una visión de disipación de temperatura para explicar la estabilidad del sistema.

El **Estudiante C** muestra un alto dominio de la terminología de laboratorio, pero presenta dificultades críticas en la ejecución matemática de la termodinámica. Es el más detallado en cuanto a la identificación instrumental, en el cual menciona instrumentos específicos como pipetas y cilindros graduados, y relaciona la masa con balanzas y cálculos de densidad, utilizando diversas unidades de medida como: g, kg, mg, cm^3. En correspondencia con la caracterización del sistema, define los sistemas de forma abierta, señalando que en ellos el trabajo y el calor pueden escaparse, de hecho, utiliza la máquina de vapor como ejemplo de conversión de calor en energía interna y trabajo. En referencia a la cuantificación y transferencia, aunque identifica que un gas se expande cuando la presión disminuye a temperatura constante, sus cálculos son físicamente incorrectos, en el cual realiza operaciones multiplicando temperaturas por presiones, obteniendo unidades que no corresponden a energía. Y para efectos de la formalización termodinámica, intenta parafrasear la ley de los gases ideales: "la presión de un volumen será igual a sus moles por su temperatura", pero no logra convertirla en una ecuación operativa correcta.

Tabla 14

Hallazgos derivados de la prueba de conocimientos desarrollados

Fase de aprendizaje	Indicador de aprendizaje	Estudiante A	Estudiante B	Estudiante C

Identificación instrumental	Medición con Termómetro Diferencia entre Calor y Temperatura.	El estudiante demuestra una comprensión operativa de los instrumentos, vinculándolos con la propiedad física que miden, aunque con una precisión terminológica en desarrollo.	El desarrollo de problemas permite inferir su capacidad de Manejo Técnico	El estudiante muestra un enfoque netamente práctico y utilitario de los instrumentos, con una descripción detallada de su importancia en el laboratorio.
Caracterización del sistema	Clasificación en sistemas Abiertos, Cerrados y Aislados.	utiliza modelos biológicos para explicar conceptos físicos, mostrando una transición de lo pictórico a lo sistémico.	Demuestra una capacidad de abstracción superior, alejándose de representaciones pictóricas para enfocarse en modelos termodinámicos formales.	tiene dificultades para mantener la coherencia en la clasificación de los sistemas, mezclando conceptos de sistemas abiertos y cerrados.
Cuantificación y transferencia	Transferencia de calor a través de un sistema mención de calor Específica.	Muestra un dominio sólido de las leyes de transferencia, especialmente en contextos experimentales.	Este indicador es la mayor fortaleza del estudiante, mostrando una transición clara hacia la fisicoquímica cuantitativa.	muestra mayores errores conceptuales y procedimentales al intentar formalizar datos.
Formalización termodinámica	Uso de la Primera Ley: $\Delta U = Q + W$ Ecuación de equilibrio: Sistema + Entorno = 0.	Este es el indicador donde se observa mayor rigor teórico, aunque con algunas inconsistencias en la notación de signos.	utiliza un lenguaje técnico riguroso y una estructura lógica formal.	posee una intuición física aceptable, pero falla gravemente en la expresión matemática y simbólica de la termodinámica.

Fuente: Sistematizado por el Investigador

Hallazgos derivados de la prueba de conocimientos desarrollados en grupos

En la tabla 15 se evidencia que el grupo demuestra un conocimiento sólido de la función cualitativa de los instrumentos, aunque con distintos niveles de precisión terminológica. Es decir, respecto al consenso de la temperatura, todos los estudiantes vinculan correctamente el termómetro con la medida de la energía cinética de las moléculas. En función a las unidades, se observa que mientras el Estudiante A se enfoca en el concepto, el Estudiante C es más detallado en la identificación de unidades de medida g, kg, cm^3, mL e instrumentos específicos de vidrio como pipetas y cilindros. Y en correspondencia con la finalidad de la medición, existe una comprensión clara de que la medición es la base para obtener resultados certeros en cálculos posteriores de densidad y moles.

La prueba revela que el grupo logra identificar los componentes de un sistema, pero tiene dificultades para representarlos de manera técnica. Podemos comparar el modelo biológico y el físico propuestos, ya que el Estudiante A utiliza al ser humano como

modelo de sistema termodinámico, mientras que el Estudiante C intenta modelar sistemas abiertos y cerrados mediante el ejemplo de la máquina de vapor. Con respecto a la interacción con el entorno, hay un dominio conceptual sobre cómo el entorno afecta al sistema a través de la transferencia de calor y la búsqueda del equilibrio térmico, a su vez su nivel de abstracción, se ha detectado un intersticio ya que los estudiantes tienden a recurrir a dibujos pictóricos o analogías en lugar de diagramas de ingeniería como: cilindros-pistón o diagramas de fases para caracterizar el sistema.

Este indicador muestra una división crítica entre la comprensión del fenómeno y la capacidad de calcularlo. Con respecto a la transferencia de calor, el grupo identifica correctamente la dirección del flujo de calor de mayor a menor temperatura y la condición de equilibrio térmico basada en la energía cinética promedio. Se evidenció en el análisis del experimento del globo que, el Estudiante A utiliza la variable del calor específico para explicar por qué el sistema no colapsa, tanto que el Estudiante B analiza la capacidad de disipación de energía y la reorganización molecular ante el aumento de temperatura. Sin embargo, en cuanto a la debilidad del cálculo, se observa un manejo deficiente de las fórmulas de trabajo y calor en procesos de expansión, es decir, el Estudiante C, por ejemplo, realiza cálculos con unidades inconsistentes, lo que genera resultados sin validez física.

La formalización es el área de mayor oportunidad de mejora para el grupo, especialmente en la aplicación de la primera ley de la termodinámica. Respecto a la convención de signos, existe confusión al asignar signos al trabajo W y al calor Q, en el cual el Estudiante A mezcla variables al definir cuándo el entorno ejerce trabajo sobre el sistema. En comunión con las leyes de lo gases, aunque mencionan la relación entre presión, volumen, moles y temperatura, fallan al intentar plasmar estas relaciones en ecuaciones operativas durante la resolución de problemas; así mismo, con respecto al análisis de procesos, el grupo identifica verbalmente procesos como la expansión isotérmica, es decir, presión baja, volumen aumenta, temperatura constante, pero no logra completar la secuencia de cálculos para determinar ΔU o ΔH de manera exitosa

Tabla 15

Hallazgos grupales derivados de la prueba teórica

Fase	Estado

Identificación instrumental y conceptos básicos	El grupo muestra una comprensión sólida de la base conceptual de la termodinámica, aunque con enfoques diferenciados en cuanto a la profundidad técnica. Los tres estudiantes identifican correctamente que la temperatura es la medida de la energía cinética de las moléculas de un cuerpo. El grupo reconoce unánimemente que el calor se transfiere de un objeto de mayor temperatura a uno de menor temperatura cuando entran en contacto. Existe un conocimiento generalizado de los instrumentos de laboratorio (balanzas, pipetas, termómetros), destacando el Estudiante C en la descripción de unidades de medida y precisión de los mismos.
Caracterización del sistema	El grupo logra identificar los elementos de un sistema, pero existe una brecha significativa en la forma de modelarlos. Se observa una tendencia al uso de modelos cotidianos o biológicos; mientras el Estudiante A utiliza el cuerpo humano, el Estudiante C, utiliza la máquina de vapor. El grupo comprende la interacción sistema-entorno, identificando cómo las variables externas como el sol o una llama modifican el estado interno del sistema. El Estudiante B demuestra un nivel de abstracción superior al organizar el sistema en función de estados termodinámicos específicos, Estado 1 y Estado 2 para el análisis de gases ideales.
Cuantificación y transferencia	Este indicador revela la mayor disparidad en el desempeño del grupo, moviéndose entre la descripción cualitativa y el error operativo. Existe claridad en la transferencia de energía; el grupo utiliza el experimento del globo con agua para explicar la absorción de calor y la resistencia térmica. Se evidencia la capacidad de integrar valores específicos, como el calor específico del agua, para justificar fenómenos físicos. Se detectan errores críticos en el cálculo cuantitativo, principalmente en el Estudiante C, quien realiza operaciones matemáticas con unidades incompatibles (multiplicar temperatura por presión), lo que invalida el resultado físico.
Formalización termodinámica	La transición del lenguaje natural al lenguaje matemático-termodinámico se encuentra en una etapa de desarrollo desigual. El grupo formaliza correctamente el concepto de equilibrio como el estado donde las moléculas alcanzan la misma **energía cinética promedio**. El grupo intenta vincular el trabajo, el calor y la energía interna, pero presentan dificultades en la convención de signos y la estructura de las ecuaciones. Se identifican los procesos isotérmicos, expansiones, pero la aplicación de la fórmula P.V = nRT es mayormente narrativa o presenta fallos en la ejecución algebraica durante la resolución de problemas.

Fuente: Sistematizado por el Investigador

E. Hallazgos derivados de la observación participante

La observación participante por estudiante

A partir de la información proporcionada en la Tabla 16, Guía de Observación Participante, se presenta un análisis detallado del desempeño de los tres estudiantes evaluados en las dimensiones toulminianas de lenguaje, representación y aplicación.

El **Estudiante A** demuestra un dominio sólido de la dimensión del lenguaje, pero claudica significativamente en la representación gráfica. En referencia al lenguaje, posee una claridad conceptual notable, definiendo con precisión el universo termodinámico y la energía calorífica, en el cual es capaz de integrar leyes complejas como la primera ley y gases ideales, para explicar cambios de estado. La estructura representacional es su área más débil, en el cual no logra interpretar gráficas de temperatura vs. tiempo ni explicar curvas de calentamiento, demostrando que su enfoque es más narrativo que visual. Y respecto a términos de aplicación muestra un uso correcto de los instrumentos

y propone experimentos creativos y accesibles de bajo costo, lo que sugiere una buena capacidad de transposición didáctica.

El **Estudiante B** destaca por su precisión técnica y capacidad de abstracción, aunque presenta dificultades en la ejecución práctica por exceso de confianza. El nivel del lenguaje que utiliza es muy técnico y matemático, muy riguroso, e identifica los componentes del calorímetro, aunque muestra dudas teóricas específicas sobre la entalpía del aislante. Bajo su estigma representacional, es el perfil más fuerte en esta dimensión, es decir, construye gráficas con precisión técnica, escalas correctas y diagramas de flujo complejos que incluyen fronteras adiabáticas. Con base en la aplicación, aunque conoce la teoría, comete errores prácticos como el de paralaje al leer el termómetro, considerando que sus propuestas experimentales son sofisticadas, pero dependen estrictamente de un laboratorio equipado.

El **Estudiante C** tiene un perfil orientado a la acción y la destreza manual, con algunas dificultades en la formalización del lenguaje científico. Es decir, Su lenguaje es menos formal y más operativo, por ejemplo, describe el sistema como agua en el vaso y tiende a confundir términos como calor y temperatura en su discurso, y tiene una visión simplista de la energía calorífica como “calor acumulado". Sin embargo, sus representaciones son pictóricas y simples. Al igual que el Estudiante A, presenta dificultades con la abstracción de gráficas y la comprensión de las mesetas en las curvas de calentamiento. Y en cuanto a su aplicación, es su mayor fortaleza, ya que demuestra gran rapidez y precisión en el montaje y uso de instrumentos, es decir, al utilizar la balanza y termómetro, considerando que sus propuestas experimentales son innovadoras y utilizan materiales cotidianos.

Tabla 16

Matriz de análisis de la guía de observación participante por estudiante participante desde el modelo toulminiano de la captación de conceptos

Dimensiones (Categorías de análisis)	Ítems	estudiante a	Estudiante b	Estudiante c
Lenguaje	Significado de universo termodinámico: sistema y entorno	Tiene claro el concepto, lo define y describe perfectamente.	Define con precisión matemática el límite del sistema; usa lenguaje técnico riguroso.	Describe el sistema de forma operativa (el agua en el vaso), con lenguaje menos formal.

Reconocimiento de un calorímetro en sus partes	Reconoce a cabalidad el calorímetro.	Identifica los componentes, pero duda sobre la función del aislante en términos de entalpía.	Identifica cada parte y explica su función práctica para evitar pérdidas de calor.
Relación entre energía y materia en un sistema termodinámico aislado	Interpreta la relación basándose en la primera ley de la termodinámica y la ley de conservación de la masa.	Vincula la primera ley de la termodinámica y la ley de conservación de la masa.	Relaciona las leyes de termodinámica y la conservación de la masa
Reconocimiento de la unidad de medida del calor en el Sistema Internacional (SI)	Reconoce la unidad de medida correcta.	Identifica la unidad de medida	Identifica adecuadamente la unidad de medida
Reconocimiento de una propiedad intensiva	Maneja y aplica el concepto.	Reconoce y maneja el concepto apropiadamente	Aplica el concepto de forma adecuada
Significado de trabajo en el campo de la termodinámica	Interpreta como una forma de transferencia de energía.	Comprende la transferencia de energía de manera apropiada.	la transferencia de energía de manera apropiada.
Significado relacional entre volumen, presión, temperatura, masa, calor y trabajo en un sistema	Describe cómo la materia masa-volumen, reaccionan a los cambios de energía calor y trabajo, modificando su estado, presión, temperatura. Primera ley, y gases ideales.	Identifica y expresa como la materia masa-volumen, reaccionan a los cambios de energía calor y trabajo, modificando su estado, presión, temperatura. Primera ley, y gases ideales.	Reconoce la materia masa-volumen, reaccionan a los cambios de energía calor y trabajo, modificando su estado, presión, temperatura. Primera ley, y gases ideales.
Significado diferencial entre temperatura y calor de un cuerpo o sustancia	Interpreta como al entregarle energía en forma de calor a una sustancia sus moléculas se mueven más rápido y aumenta la temperatura.	Explica la diferencia mediante la energía cinética promedio de forma verbal impecable.	Suele confundir los términos en el discurso, aunque los diferencia en la práctica.
Significado de energía calorífica	Define como la suma de toda la energía cinética de las partículas que componen cierta cantidad de materia.	Lo asocia correctamente a la transferencia de energía por gradiente térmico.	Lo define simplemente como calor acumulado en la sustancia.
Significado de función de estado	Interpreta como el inicio y el final de un proceso.	Reconoce e interpreta el proceso desde el inicio hacia el final	Analiza el proceso desde el inicio hacia el final
Relación entre la temperatura y la energía cinética promedio de las partículas de un sistema.	Describe a través del estado gaseoso de la materia a mayor temperatura, mayor expansión del gas.	Expresa como se da la relación entre ambos factores.	Comprende la relación entre la temperatura y la energía cinética
Relación entre el trabajo realizado por o sobre un sistema y el cambio en su energía interna	Describe que, al aplicar presión sobre un sistema, se incrementa la energía del sistema a través del trabajo, tanto que al expandirse el sistema utiliza la energía interna.	Menciona que, al aplicar presión sobre un sistema, aumenta la energía de dicho sistema mediante el trabajo.	Idéntica la el trabajo realizado por o sobre un sistema y el cambio en su energía interna

Representación	Representación de un sistema	Logra describir un sistema termodinámico	Realiza diagramas de flujo complejos con fronteras adiabáticas bien definidas.	Dibuja un esquema pictórico simple del montaje del laboratorio.
	Representación de gráfico de temperatura vs. tiempo	No supo interpretar dicha gráfica.	Construye la gráfica con escalas precisas y rotulación técnica de los ejes.	Presenta dificultades para ubicar los puntos; la curva carece de una tendencia clara.
	Representación de curva de calentamiento	No supo explicar	Identifica visualmente los cambios de fase y las mesetas de equilibrio térmico	No logra explicar por qué la temperatura se mantiene constante en ciertos puntos
	Representación de un diagrama de energía	Alega que un catalizador acelera la reacción, requiriendo esta menos energía, que el que no posee catalizador.	Relaciona la energía de activación con la presencia de catalizadores gráficamente.	No utiliza diagramas para sustentar sus afirmaciones sobre la reacción
Aplicación	Uso de un calorímetro	Utiliza correctamente el calorímetro	Opera con cautela, pero se muestra lento al ensamblar el sistema físico.	Demuestra gran destreza manual y rapidez en el montaje del equipo.
	Uso de instrumentos de medición de masa, volumen y temperatura	Conoce, maneja y utiliza los instrumentos de medición correctamente.	Comete errores de paralaje al leer el termómetro por exceso de confianza teórica.	Utiliza los instrumentos (balanza y termómetro) con alta precisión y técnica correcta.
	Propuesta de experimentos	Propone realizar experimentos a bajo costo, con globos, agua, para suministrarle temperatura.	Sus propuestas son teóricas y requieren materiales de laboratorio sofisticados.	Propone experimentos innovadores con materiales cotidianos (globos, envases de anime).

Fuente: Sistematizado por el Investigador

La observación participante vista de forma grupal

En la tabla 17 se evidencia el progreso del grupo el cual posee una base conceptual robusta, pero requiere refuerzo pedagógico urgente en la alfabetización gráfica. Sin embargo, se recomienda realizar ejercicios de conversión de datos experimentales a gráficas para cerrar la brecha entre la comprensión verbal y la representación simbólica de los fenómenos termodinámicos, así como el dominio de las matemáticas los principales conceptos físicos que se correlacionan a través de los principios de la termodinámica, como eje principal en el estudio de la química, y lo que les permitirá comprender y aplicar conceptos a lo largo de su carrera.

Tabla 17

Hallazgos de la observación participante del grupo desde el modelo toulminiano de la captación de conceptos

Nivel de progresión (Categorías de análisis)	Descripción
Lenguaje	Esta dimensión es la que presenta mayor homogeneidad y dominio por parte de los tres estudiantes. El grupo identifica correctamente el universo termodinámico, el uso del calorímetro y las unidades de medida en el Sistema Internacional. Existe un dominio sólido en la vinculación de la primera Ley de la termodinámica y la ley de conservación de la masa. Aunque el Estudiante B domina la teoría de la energía cinética promedio y el Estudiante A la comprende bien, el Estudiante C representa la dificultad común de confundir términos en el discurso verbal, a pesar de entender la diferencia práctica
Representación	Esta dimensión revela la mayor brecha de aprendizaje entre los integrantes del grupo. Existe una debilidad marcada en la interpretación de gráficos de temperatura vs. tiempo. Mientras el Estudiante B destaca por su precisión técnica, los estudiantes A y C presentan serias dificultades para interpretar o ubicar puntos en una curva. La comprensión de por qué la temperatura se mantiene constante en los cambios de fase, es decir, mesetas, no es clara para la mayoría, particularmente los estudiantes A y C. El grupo tiende a preferir esquemas pictóricos simples o descripciones verbales sobre diagramas de flujo o de energía más complejos.
Aplicación	El grupo muestra una capacidad adecuada para trasladar el conocimiento al entorno de laboratorio, aunque con enfoques distintos. En general, el grupo sabe operar el calorímetro y los instrumentos de medición, aunque el Estudiante B demuestra que el exceso de teoría puede llevar a errores prácticos como la paralaje, mientras que el Estudiante C lidera en destreza manual. Existe una tendencia positiva hacia la innovación con materiales de bajo costo y cotidianos como, por ejemplo: globos y envases de anime, lo que indica una buena comprensión de la aplicabilidad de la termodinámica fuera del laboratorio escolar.

Fuente: Sistematizado por el Investigador

F. Hallazgos derivados de la triangulación cognitivo-epistémica del aprendizaje

Unas de las metodologías para tratar de entender cómo se construye el pensamiento de la mente humana se consolida al cruzar de forma sistemática las fuentes de información, los perfiles de los sujetos actuantes y los referentes teóricos, emergieron de un conjunto de hallazgos que revelan cómo se articulan, en la práctica, la construcción cognitiva del conocimiento calorimétrico y la capacidad epistémica de los estudiantes para argumentar científicamente sobre él. Su valor interpretativo reside precisamente en esa doble dimensión: no se trata solo de qué aprendieron los estudiantes, sino de cómo estructuraron el conocimiento científico en ese aprendizaje y con qué solidez argumentativa lo sostuvieron.

Desde los primeros análisis se hizo evidente que los tres estudiantes podían enunciar correctamente los conceptos fundamentales como: sistema aislado, calor, temperatura, pero esa misma fluidez verbal no se sostenía cuando debían enfrentarse a situaciones reales. En este sentido, la prueba de conocimientos previos, los mapas conceptuales del primer momento didáctico y la guía de observación participante lo corroboraron por caminos distintos. Es decir, el grupo operaba desde definiciones de diccionario que no lograban conectarse con el fenómeno en el laboratorio, lo que implica en términos cognitivos, a lo que Ausubel (2000) denomina aprendizaje mecánico, donde la información se almacena de forma arbitraria sin integrarse sustantivamente a la estructura cognitiva previa. En consecuencia, bajo términos epistémicos, desde el modelo de Toulmin (1958), estos estudiantes podían formular pretensiones, pero carecían de las garantías operativas y los respaldos representacionales necesarios para sostenerlas ante una situación problema concreta, en tal sentido, saber decir no equivalía, en este caso, a saber, argumentar.

Una correspondencia con la investigación es que uno de los hallazgos más consistentes a lo largo de todos los instrumentos fue la dificultad de los Estudiantes A y C para leer e interpretar representaciones gráficas de los fenómenos termodinámicos, obstáculo al que esta investigación denomina ceguera gráfica. Por otra parte, la prueba de conocimientos previos mostró que ningún sujeto logró interpretar curvas de calentamiento. Así mismo, la guía de observación participante reveló que los estudiantes A y C no podían ubicar puntos en una gráfica de temperatura versus tiempo ni explicar las mesetas de equilibrio térmico; de igual manera, los mapas conceptuales evidenciaron una preferencia sistemática por esquemas pictóricos simples antes que por diagramas termodinámicos formales. El Estudiante B fue la excepción: construyó gráficas con escalas precisas y diagramas de flujo con fronteras adiabáticas bien definidas. Cognitivamente, este hallazgo revela que el modelo mental de los Estudiantes A y C es estático y no procesual, lo que les impide representar la dinámica de los fenómenos térmicos. Epistémicamente, la consecuencia es igualmente grave, porque sin la capacidad de construir una representación gráfica coherente, el argumento científico queda incompleto, pues la representación actúa como la conclusión visual del modelo toulminiano, lo que significa que cuando esa transducción entre el lenguaje verbal y la

representación simbólico-visual falla, el estudiante puede formular una pretensión, pero no puede demostrarla.

Si hay un punto donde los tres estudiantes coincidieron plenamente en sus dificultades, esa fue la Fase IV de formalización termodinámica, en el cual el concepto de trabajo termodinámico estuvo ausente en todos los instrumentos sin excepción, donde los mapas conceptuales de ambos momentos didácticos no lo incorporaron; en la prueba de conocimientos previos mostró que era reemplazado por nociones de la mecánica clásica; en el cual, la prueba de conocimientos desarrollados evidenció errores persistentes en la convención de signos de la Primera Ley; y la guía de observación participante confirmó que ningún estudiante logró integrarlo en sus argumentaciones orales. Desde la perspectiva cognitiva, Moreira (2000) interpreta este fenómeno como la ausencia de reconciliación integradora entre el calor y el trabajo como expresiones complementarias de la energía en tránsito, lo que impide que los estudiantes comprendan la calorimetría como una ciencia de transformación energética. Desde la perspectiva epistémica toulminiana, este bloqueo se traduce en una argumentación incompleta, es decir, los estudiantes pueden establecer la base empírica y enunciar la garantía, pero no logran aplicar la Primera Ley como herramienta de cálculo que valide sus conclusiones con precisión matemática.

La triangulación por sujeto dejó en evidencia que la construcción cognitiva del conocimiento calorimétrico y el desarrollo de la capacidad argumentativa no siguen el mismo camino en los tres estudiantes. El Estudiante A construye desde el lenguaje, en el cual se evidencia que su comprensión conceptual es sólida y sus pretensiones teóricas son fuertes, pero encuentra un techo cuando la teoría debe traducirse en representaciones gráficas o en cálculos formales, lo que debilita las garantías y respaldos de su argumentación. El Estudiante B representa el perfil de mayor equilibrio cognitivo-epistémico del grupo, en el que demuestra fortalezas articuladas en las tres dimensiones como son: lenguaje, representación y aplicación, aunque su rigor teórico no siempre se corresponde con la precisión en la ejecución práctica. El Estudiante C recorre el proceso en sentido inverso, es decir, parte de la destreza manual y la observación directa para construir desde allí la conceptualización formal, con una creatividad instrumental notable que contrasta con sus dificultades en la expresión matemática y simbólica, lo que se

traduce en una argumentación sustentada principalmente en la garantía de la observación empírica antes que en el respaldo teórico formal. Que estos tres perfiles coexistan en un mismo grupo no es una anomalía, sino una confirmación de lo que señalan Ariza y Adúriz-Bravo (2012) el desarrollo del razonamiento científico es un proceso diversificado, profundamente condicionado por las estructuras cognitivas previas y por los modos particulares en que cada sujeto se apropia del conocimiento.

El hallazgo más significativo y transversal de toda la triangulación cognitivo-epistémica fue la capacidad de los tres estudiantes para cuestionar sus propios resultados cuando estos contradecían la teoría. Ante calores específicos negativos o valores muy alejados del referente teórico, ninguno aceptó el dato sin examinarlo, en el cual, los tres recurrieron al principio de conservación de la energía y a los valores reportados en la literatura para invalidar sus propios hallazgos experimentales, identificar las fuentes de error y reconstruir su argumentación. Este comportamiento, detectado de forma convergente en los informes de laboratorio y confirmado en la guía de observación participante, constituye la evidencia más robusta de aprendizaje significativo que produjo la investigación. Cognitivamente, representa la manifestación más avanzada de la metacognición, o sea, el estudiante no solo construye su conocimiento, sino que monitorea, cuestiona y regula su propio proceso de razonamiento. Epistémicamente, desde el modelo de Toulmin (1958), esta actitud refleja el dominio del calificador modal y la reserva, los elementos más exigentes de la argumentación científica, pues implican no solo llegar a una conclusión, sino reconocer activamente sus límites y condiciones de validez. El hecho de que los tres estudiantes hayan alcanzado este nivel, aun con los bloqueos que persisten en la formalización matemática, revela que la progresividad cognitivo-epistémica no es un proceso monolítico, lo que quiere decir, que es posible desarrollar una madurez argumentativa genuina incluso cuando todavía existen brechas en la dimensión representacional o cuantitativa del conocimiento.

La integración de los hallazgos anteriores permite afirmar que la progresividad del aprendizaje sobre calorimetría sigue una estructura de cuatro fases secuenciales e interdependientes, tales como: percepción y medición, caracterización del sistema, dinámica de transferencia y formalización fisicoquímica, cuya lógica interna responde a una complejidad cognitiva y epistémica creciente que avanza de lo concreto-perceptual

hacia lo abstracto-formal. El grupo transitó con solidez por las tres primeras fases, y esa progresión se hizo especialmente visible en la comparación entre el primer y el segundo momento didáctico de los mapas conceptuales y en la profundidad argumentativa de los informes de laboratorio. La cuarta fase permanece como el horizonte pendiente, y los hallazgos son precisos en señalar qué se requiere para alcanzarla como, por ejemplo: fortalecer la alfabetización gráfica, consolidar el dominio de la convención de signos en la Primera Ley e integrar de manera operativa el concepto de trabajo termodinámico. Esta estructura es coherente con lo que plantea Monereo (1999) sobre la progresividad conceptual como proceso gradual y secuencial, y resuena con los hallazgos de Torres y Flores (2019) en investigaciones previas sobre aprendizaje de conceptos fisicoquímicos en contextos de laboratorio. Que emerja la misma estructura en un contexto distinto sugiere que este modelo de cuatro fases podría tener validez más allá del caso específico de la calorimetría, lo que constituye uno de los aportes cognitivo-epistémicos más relevantes de esta investigación.

SECCIÓN V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS HALLAZGOS

Nada en la vida es para ser temido,
es sólo para ser comprendido.
Ahora es el momento de entender más,
de modo que podamos temer menos.
Marie Curie

Esta sección presenta el análisis e interpretación de los hallazgos derivados de la aplicación de los instrumentos de recolección de información, concretamente, la Prueba de Conocimientos Previos, los Mapas Conceptuales, la Guía de Observación Participante, los Informes de Laboratorio y la Prueba Escrita. El análisis se articula y consolida en función de los cuatro propósitos específicos de la investigación, integrando los referentes teóricos que fundamentan el estudio y adoptando el modelo argumentativo de Toulmin como eje epistémico de interpretación.

Develar los conocimientos previos sobre el concepto de calorimetría

Hallazgos de la prueba de conocimientos previos

La evaluación inicial, realizada a través de la Prueba de conocimientos previos, permitió identificar el estado de las estructuras cognitivas de los estudiantes en torno a los fenómenos térmicos. En este sentido, los resultados evidenciaron una marcada disonancia entre el conocimiento teórico memorístico y su aplicación práctica, lo que concuerda con las advertencias de Flavell (1970) sobre la importancia de que el estudiante posea conciencia sobre sus propios procesos cognitivos para identificar sus dificultades y reflexionar sobre ellas.

Fase I: Identificación Instrumental y Conceptos Básicos

Los hallazgos de esta fase revelan un estado regular e inconsistente en el grupo bajo estudio. En el cual, se observó un dominio predominantemente visual de los

instrumentos, donde el reconocimiento de objetos como el termómetro y el calorímetro no trasciende hacia una comprensión metrológica o conceptual. Es decir, que este determinado dato persiste en un nivel meramente superficial, o descriptivo anecdótico, sin alcanzar un conocimiento profundo, estructurado o de corte científico, que permita entender sus fundamentos teóricos o medirlo con precisión. Se evidenció que, una confusión sistemática persistió entre las magnitudes de calor y temperatura, con solapamiento de sus unidades de medida (Joules, Kelvin, grados Celsius), esto implica que confunden constantemente la energía entendida como calor, con el estado de agitación molecular concebida como la temperatura, permitiendo utilizar de manera errónea las unidades para mediar ambos, lo que indica que estas nociones no han sido integradas de forma sustantiva en la estructura cognitiva de los aprendices.

En consonancia con los planteamientos de Ausubel (2000), quien sostiene que "el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe", los errores de categorización identificados apuntan a la presencia de anclajes defectuosos en la estructura cognitiva previa, es decir, la forma en que interpretan la realidad viene sesgada por creencias antiguas, o conceptos coloquiales que no se ajustan a la nueva información, conllevando a conclusiones erróneas. Esto se manifiesta en lo que Nappa, Insausti y Sigüenza (2005) denominan obstáculos para generar representaciones mentales adecuadas en fisicoquímica, derivados de la tendencia del alumno a asimilar nueva información a sus propias estructuras previas desde un marco sustancialista, donde el calor es concebido como una sustancia que se posee en lugar de un proceso de transferencia de energía.

En correspondencia con los hallazgos, el Estudiante A presentó una disonancia cognitiva significativa, lo que se puede interpretar como una experimentación de conflicto interno e intenso de forma notable, entre lo que se piensa, cree o valora en contraste con lo que realmente experimenta, ya que definió con precisión el calor como flujo energético y la temperatura como su medida en términos cualitativos; sin embargo, falló en la aplicación práctica de estos conceptos en ítems de selección, confundiendo intensidad térmica con magnitud energética. Por otra parte, el Estudiante B demostró dominio procedimental y visual, siendo el único en reconocer correctamente el Joule (J) como unidad de energía térmica, aunque redefine los conceptos bajo categorías erróneas

al definir calor como capacidad, que es una propiedad del objeto para almacenar calor, en lugar de energía en tránsito y temperatura como unidad de grados K o °C, cuando la temperatura es una magnitud física que se mide con esas unidades. En consecuencia, el Estudiante C basó su aprendizaje en la identificación de patrones y la percepción sensorial, lo que generó errores graves de causalidad física, llegando a confundir procesos endotérmicos con exotérmicos al interpretar un aumento de temperatura como liberación de calor. Esto implica que, al basarse solo en los sentidos, la causa y el efecto están mal interpretados, lo que implica confundir un fenómeno subyacente con la apariencia sensorial.

Fase II: Caracterización del sistema

En esta fase, el grupo exhibió un dominio teórico adecuado al definir un sistema aislado de manera nominal, pero fracasó sistemáticamente al delimitar las fronteras termodinámicas en analogías reales. Este fenómeno refleja lo que Viennot (2002) identifica como una "Física del Sentido Común", donde los estudiantes tienden a centrarse en los objetos concretos como el recipiente, el combustible, en lugar de las interacciones energéticas que definen los límites del sistema, lo que explica que el estado del grupo en esta fase fue catalogado como teóricamente bueno, pero prácticamente bajo, indicando un aprendizaje de naturaleza mecánica y no funcional, esto se interpreta desde el enfoque de la enseñanza tradicional, permitiendo que el estudiante memorice conceptos sin desarrollar el pensamiento físico necesario para modelar la realidad, considerando que el grupo no comprende la función del fenómeno, pero dice las palabras correctas.

Fase III: Cuantificación y transferencia

Los resultados revelaron una intuición cinética elevada en el grupo, coherente con los modelos mentales espontáneos descritos en la literatura, en el cual los estudiantes vincularon correctamente el calor con el movimiento de partículas a nivel microscópico; sin embargo, el desacierto masivo en la interpretación de curvas de calentamiento y la omisión del calor específico como variable explicativa confirmó la presencia de modelos mentales estáticos. Este fenómeno, denominado en el presente estudio como alexia

gráfica o ceguera gráfica, evidencia que los estudiantes no han logrado la transducción del conocimiento, es decir, no son capaces de operar en el lenguaje verbal, pero carecen de la alfabetización gráfica necesaria para interpretar procesos dinámicos, en concordancia con lo señalado por Postigo y Pozo (2000).

De igual manera, la desconexión entre el Logos y la Praxis revela que el conocimiento de los estudiantes permanece como un dato muerto en la memoria, manifestando un nominalismo estéril donde se domina el término técnico, pero se ignora la esencia del fenómeno, el mismo se identifica con lo que Bachelard (1938) denomina el obstáculo sustancialista, entendiéndose como, una resistencia epistemológica que reduce la realidad a objetos concretos y estáticos, como el recipiente o el combustible, en lugar de comprenderla como un sistema de relaciones e interacciones energéticas abstractas. Así mismo, como señala Viennot (2002), esta tendencia hacia una física del sentido común impide que el estudiante trascienda la percepción inmediata. Entendiéndose como la incapacidad para delimitar fronteras teóricas en escenarios reales representa una transición fallida de la doxa hacia la episteme Platón, s. IV a.C., evidenciando que el conocimiento sensible actúa como una barrera que bloquea el acceso a un conocimiento científico que exige, necesariamente, una ruptura racional para captar las leyes invisibles que rigen la naturaleza.

Fase IV: Formalización Termodinámica

Esta fase constituye el punto de ruptura más crítico, es decir, exhibe la incapacidad para definir el trabajo termodinámico o aplicar la Primera Ley de la Termodinámica $\Delta U = Q + W$ en el cual refleja que los estudiantes presentan, en términos pedagógicos, un bloqueo ante la formulación matemática. En concordancia con los planteamientos de Meltzer (2004), los estudiantes realizan cálculos algorítmicos, pero no comprenden la relación entre Q calor, W trabajo y ΔU energía interna, convirtiendo la ecuación en una fórmula vacía sin capacidad predictiva. Para efectos de la interpretación de datos, el grupo en su conjunto omitió por completo la ecuación de conservación de la energía, limitándose a definiciones de la mecánica clásica desconectadas del contexto termodinámico, en el cual, se evidencia la crisis del pensamiento representacional y una fragmentación del conocimiento, lo que se considera como la incapacidad de los

estudiantes para dotar de sentido a la Primera Ley de la Termodinámica, en el cual trasciende lo pedagógico para convertirse en un problema de fenomenología y ontología. Es decir, se cimienta bajo una descripción de vacuidad semántica, lo que permite interpretar que el estudiante posee el símbolo, pero no su significado, confiriéndole el carácter de náufrago en un océano de signos matemáticos, que se ve impedido de conectar con la realidad física del universo.

El panorama inicial es coherente con lo que la literatura especializada reporta: la termodinámica es una de las áreas de la física donde los estudiantes presentan mayores deficiencias conceptuales, en parte por la tendencia histórica a enseñarla descontextualizada y con énfasis puramente matemático (Rodríguez Pérez, Camelo Avedoy, Arredondo Bravo y Rojas González, 2017).

Desde la perspectiva toulminiana, los conocimientos previos de los estudiantes representan un conjunto de pretensiones débilmente respaldadas, es decir, formulan afirmaciones sobre los fenómenos térmicos, pero carecen de garantías formales como, leyes termodinámicas operativas y de respaldos representacionales gráficas, ecuaciones que validen sus argumentos. Lo que implica que, el cambio conceptual necesario, entendido como una reestructuración del conocimiento existente hacia comprensiones más elaboradas (Muñoz, 2013), constituye el punto de partida pedagógico fundamental para el desarrollo del proceso de aprendizaje, lo que sería compatible con la teoría del aprendizaje significativo en cuanto a progresividad o enriquecimiento conceptual.

Comprender la progresividad conceptual del aprendizaje sobre calorimetría en el contexto de situaciones problema

Análisis de la progresión a través de los mapas conceptuales

La elaboración de Mapas Conceptuales en dos momentos didácticos diferentes permitió evaluar la progresividad de las estructuras cognitivas de los estudiantes, en el cual los resultados revelaron que el aprendizaje es un proceso acumulativo estructurado en cuatro fases críticas, cuya secuencia responde a la lógica de la complejidad cognitiva creciente.

Progresión en la identificación instrumental (Fase I)

En el Mapa Conceptual 1, el grupo presentó una base sólida en la taxonomía de la medición, en consecuencia, el Estudiante B estableció el estándar más alto del grupo al separar correctamente las magnitudes calor/temperatura de sus respectivas unidades (Joule/Kelvin). En el Mapa Conceptual 2, esta diferenciación se consolidó en los tres estudiantes, quienes definieron el calor como "energía en tránsito" y la temperatura como "medida de la energía cinética de las moléculas", lo que representa un salto cualitativo desde la identificación instrumental básica hacia la conceptualización relacional.

Este tipo de progresión es coherente con lo que Torres y Flores (2019) identificaron en su investigación sobre la progresividad del aprendizaje del concepto de hidrólisis enzimática, donde los mapas conceptuales revelaron la modificación de la estructura cognoscitiva de los estudiantes, brindando información útil sobre la progresividad conceptual durante el proceso constructivo de aprendizajes significativos.

Progresión en la conceptualización de transferencia y clasificación de sistemas (Fases II y III)

Esta constituye el área de mayor dominio grupal, en el cual se evidencia que todos los mapas conceptuales presentaron la tríada de sistemas abierto, cerrado, aislado, con claridad creciente. Sin embargo, el grupo demostró haber internalizado la geografía termodinámica, siendo capaz de delimitar fronteras físicas en la realidad, lo cual es el paso previo esencial para cualquier balance de energía. En lo que respecta al Estudiante B sobresalió al utilizar conectores lógicos precisos como: intercambia, no intercambia, para definir con exactitud las fronteras de los sistemas, mientras que en el Mapa 2 logró un salto epistémico al conectar la energía interna con la suma de las energías cinética y potencial de los átomos, transitando de una visión macroscópica a una microscópica.

El uso de los mapas conceptuales como instrumento evaluativo demostró ser altamente eficaz para visibilizar cómo los estudiantes reestructuran sus significados y desarrollan la capacidad jerárquica e integrativa del conocimiento, lo que respalda la tesis de Novak (1984, citado en Flores, Caballero y Moreira, 2013) sobre la naturaleza de los mapas como representaciones de la organización jerárquica de la memoria a largo plazo,

y no como simples resúmenes, lo que los convierte en instrumentos diagnósticos del pensamiento conceptual.

El bloqueo en la formalización termodinámica (Fase IV)

Los mapas evidenciaron un bloqueo sistémico hacia el concepto de Trabajo y una alergia a las ecuaciones. Es decir, las leyes de la termodinámica se mencionaron como etiquetas nominales: Leyes de la Termodinámica, pero no como herramientas de cálculo. En esto se evidencia que este fenómeno concuerda con lo que Moreira (2000) define como aprendizaje subordinado derivativo, es decir, el estudiante sabe que la ley existe, pero no ha logrado una reconciliación integradora que le permita ver el trabajo W y el calor Q como dos expresiones de la energía en tránsito.

Desde la perspectiva de Bachelard (1938), citado en el marco teórico del estudio, la tendencia a preferir la imagen sensible sobre el rigor abstracto de la fórmula representa un obstáculo epistemológico genuino. Lo que significa que la progresión se detiene, cuando los apoyos empíricos visibles deben dar paso a la abstracción matemática, dificultad que Piaget (1980) describió como la transición del pensamiento operacional concreto al pensamiento formal.

La progresividad conceptual del aprendizaje en calorimetría no es lineal, sino que sigue una escalera de complejidad cognitiva que va desde la percepción y medición (Fase I), pasa por la conceptualización de los sistemas termodinámicos (Fases II y III) y culmina en la integración matemático-formal (Fase IV). El grupo ha superado las tres primeras fases con un dominio aceptable, pero encuentra su punto de estancamiento en la formalización termodinámica.

Este hallazgo es coherente con lo planteado por Monereo (1999), quien define la progresividad conceptual como el proceso gradual y secuencial mediante el cual los estudiantes construyen una comprensión cada vez más profunda y compleja de los conceptos. La progresividad se hace visible, como señalan Torres y Flores (2019), en la forma en que los estudiantes reconstruyen activamente sus significados al enfrentar situaciones problema en el laboratorio, evidenciando la modificación de su estructura cognoscitiva. En síntesis, describe el fenómeno del ascenso dialéctico y la estructuración del ser consciente a través del conocimiento, es decir, el tránsito del sujeto sensible al

sujeto racional, donde el aprendizaje es aquí un proceso de maduración del espíritu que, aunque domina el mundo de los objetos (Fases I-III), lucha por conquistar el mundo de la abstracción pura (Fase IV), donde la realidad se traduce a leyes universales.

Identificación de elementos constructivos del concepto de calorimetría desde una orientación epistémica toulminiana

Análisis toulminiano de los informes de laboratorio

Los Informes de Laboratorio constituyen el instrumento más revelador para el análisis toulminiano, pues evidencian cómo los estudiantes construyen sus argumentaciones a partir de la evidencia experimental. El análisis identificó los seis componentes del modelo en las producciones escritas de los tres sujetos actuantes.

Establecimiento de la base empírica (Dato)

Los tres estudiantes registraron con precisión aceptable las masas del agua y del cobre, así como las temperaturas iniciales y de equilibrio. En el cual se evidenció, que el Estudiante B demostró mayor rigor al organizar los datos claramente sobre los estados termodinámicos, y al cuantificar las discrepancias del valor experimental 25,8 veces mayor que el reportado. Tanto que el Estudiante C aplicó un criterio de selección de datos al descartar una de las tres repeticiones por considerarla inconsistente con las demás, lo que indica un nivel incipiente de rigor metodológico.

Construcción de la garantía y el respaldo

Los tres estudiantes utilizaron el principio de conservación de la energía como el puente lógico, es decir, la Garantía, que les permitió transitar desde la observación de temperaturas hacia la determinación de la constante del calorímetro. En consecuencia, el Estudiante A integró el valor reportado del calor específico del agua como marco científico que sitúa la práctica dentro de un contexto mayor, en el cual lo podemos definir como Respaldo. Por otra parte, el Estudiante B alcanzó mayor sofisticación conceptual al explicitar que el signo negativo en sus cálculos representa físicamente una pérdida de calor, demostrando madurez en la interpretación de la convención de signos.

Este hallazgo confirma que los estudiantes han comenzado a construir argumentos con garantías parcialmente válidas. Bajo el modelo de Toulmin (1958), la fuerza de una argumentación científica depende de la solidez del vínculo entre el dato observado y la conclusión propuesta, mediado por la garantía. En este caso, si bien la garantía existe, la ley de conservación de la energía, su aplicación algebraica frecuentemente falla por inconsistencias en el manejo de unidades o la convención de signos.

El calificador modal y la reserva

El hallazgo más valioso en esta dimensión toulminiana fue la capacidad de autorregulación epistémica del grupo. Considerando que, al obtener resultados físicamente imposibles, es decir, calores específicos negativos o valores 25,8 veces superiores al valor reportado, ningún Estudiante Aceptó ciegamente el dato empírico. Por el contrario, los tres estudiantes recurrieron al respaldo teórico para invalidar sus propios resultados, identificando fuentes de error procedimentales como fugas térmicas, errores de paralaje, tiempos de equilibrio insuficientes o transferencia de agua caliente junto con la pieza de cobre.

Lo que puede significar que, este comportamiento epistémico representa la manifestación más evidente del aprendizaje significativo en el laboratorio, lo que implica que el estudiante ha internalizado la estructura del pensamiento científico hasta el punto de priorizar la lógica del modelo termodinámico sobre el dato erróneo obtenido en la práctica. Esto se puede interpretar bajo las palabras de Flores, Caballero y Moreira (2013), cuando el estudiante supera el modelo de "receta de laboratorio" para convertirse en un participante activo que cuestiona y reconstruye sus conclusiones, se produce una genuina apropiación del saber científico.

Análisis toulminiano a través de la guía de observación participante

Dimensión del lenguaje (respaldo y garantía)

La dimensión del lenguaje reveló el área de mayor homogeneidad y dominio grupal, en el que se evidencia, que los tres estudiantes vincularon correctamente las leyes de conservación de la energía y la masa, y reconocieron las unidades del Sistema

Internacional. El Estudiante A evidenció claridad conceptual al integrar leyes complejas como la Primera Ley y la ley de gases ideales para explicar cambios de estado. Así mismo, el Estudiante B demostró un lenguaje técnico-matemático riguroso. Por otra parte, el Estudiante C, aunque con un lenguaje menos formal y más operativo, logra comunicar con precisión las funciones instrumentales del laboratorio.

Siguiendo a Lemke (1997), quien sostiene que "aprender ciencia es, en último extremo, aprender a hablar ciencia", puede afirmarse que el grupo ha alcanzado una alfabetización científica discursiva aceptable. Sin embargo, como señala el propio Lemke, los estudiantes a menudo mimetizan el vocabulario técnico sin apropiarse plenamente del significado, lo que explica por qué la fluidez verbal no siempre se traduce en coherencia representacional o matemática.

Dimensión de representación (conclusión del argumento)

Esta dimensión reveló la mayor brecha de aprendizaje entre los integrantes del grupo y constituyó el hallazgo crítico de la investigación, considerando el fenómeno de la Ceguera Gráfica. Donde, el Estudiante A, a pesar de poseer un dominio verbal notable, no logró interpretar gráficas de temperatura vs. tiempo ni explicar curvas de calentamiento, revelando que su modelo mental es estático y no procesual. En correspondencia con el Estudiante C mostró dificultades para ubicar puntos en una curva y no logró explicar por qué la temperatura se mantiene constante durante los cambios de fase, es decir, en las mesetas de equilibrio térmico.

Desde el modelo toulminiano, la incapacidad de construir una curva de calentamiento, pese a tener un lenguaje fluido, refleja lo que Postigo y Pozo (2000) denominan falta de alfabetización gráfica. Sin la capacidad de graficar, el estudiante no puede visualizar la meseta de temperatura durante un cambio de fase, lo que invalida la comprensión del calor latente. Considerando que la representación gráfica actúa como el puente entre la teoría y la realidad empírica, y cuando este puente falla, el argumento científico queda incompleto, lo cual explica que el estudiante puede formular una pretensión, pero carece de las evidencias representacionales para sustentarla.

Dimensión de aplicación (praxis experimental)

La dimensión de aplicación reveló una capacidad adecuada para trasladar el conocimiento al entorno de laboratorio, aunque con enfoques distintos. El Estudiante C demostró una destreza manual superior y rapidez en el montaje de equipos, mientras que el Estudiante B, a pesar de su rigor teórico, cometió errores prácticos como el de paralaje al leer el termómetro, evidenciando que el exceso de confianza en la teoría puede desencadenar descuidos procedimentales. Tanto que, los Estudiantes A y C propusieron experimentos innovadores con materiales de bajo costo como, por ejemplo, globos, agua, envases de anime, lo que demuestra un nivel superior de contextualización del concepto, capaz de trascender el laboratorio formal para llevarlo a situaciones cotidianas.

El análisis integrado revela tres perfiles toulmianos diferenciados, en el cual se puede concretar que el Estudiante A posee pretensiones teóricas fuertes, pero garantías representacionales débiles, tanto que el Estudiante B exhibe el perfil más equilibrado epistémicamente, es decir, construye respaldos y evidencias sólidas, aplica correctamente los principios y cuestiona sus propios resultados. En contraste, el Estudiante C fundamenta su argumentación en la garantía de la observación directa y la praxis experimental, careciendo de formalismo simbólico, pero compensando con una destacada creatividad experimental.

Esta heterogeneidad en los perfiles toulmianos confirma lo planteado por Ariza y Adúriz-Bravo (2012) sobre la relevancia de la Nueva Filosofía de la Ciencia en la enseñanza de las ciencias, en tanto que el desarrollo del razonamiento científico no es un proceso uniforme sino diversificado, condicionado por las estructuras cognitivas previas y los estilos de aprendizaje de cada sujeto.

Relación del aprendizaje significativo sobre calorimetría desde una orientación epistémica toulminiana

El laboratorio como espacio de negociación de significados

La síntesis de los resultados demuestra que el laboratorio de fisicoquímica, concebido bajo una orientación didáctica investigativa, actuó como el catalizador necesario para desestabilizar las visiones sustancialistas del calor y promover la

comprensión de la calorimetría como transferencia de energía cuantificable, es decir, actúa como una ruptura epistemológica, pero funge en escenario de trascendencia ontológica. Esto concuerda con los planteamientos de Flores, Caballero y Moreira (2013), quienes proponen que el laboratorio debe ser un espacio de construcción de significados coherente con los principios del aprendizaje significativo.

El aprendizaje significativo como síntesis dialéctica, en el sentido ausubeliano del término, ocurre cuando la nueva información se relaciona de manera no arbitraria y sustantiva con la estructura cognitiva previa del aprendiz (Ausubel, 2000). En el caso de los estudiantes participantes, este proceso se hizo visible cuando lograron relacionar la lectura del termómetro, considerado como dato empírico, con la ecuación de conservación de la energía $\Delta U = Q + W$, aplicada al sistema calorimétrico, construyendo así un puente epistemológico entre la experiencia de laboratorio y el modelo termodinámico formal.

La transducción como proceso cognitivo superior

El concepto de transducción emerge como el proceso cognitivo central en la relación entre el aprendizaje significativo y la orientación epistémica toulminiana, lo que implica que este proceso exige que el estudiante sea capaz de, codificar verbalmente el fenómeno de equilibrio térmico en base a la dimensión del lenguaje; así mismo, permite decodificar visualmente la información, interpretando que una pendiente cero en una gráfica corresponde a un cambio de fase, lo que se interpreta como, dimensión de representación; y ejecutar técnicamente un experimento que aísle las variables del entorno y valide sus argumentos queda inmersa en la dimensión de aplicación.

El estudio demuestra que el aprendizaje significativo en calorimetría no ocurre simplemente por la acumulación de definiciones, sino por el logro de esta transducción coherente entre las tres dimensiones epistémicas. Lo que explica en función de los hallazgos, una revelación en los estudiantes que lograron un mayor nivel de transducción, particularmente el Estudiante B en el plano representacional-formal y los Estudiantes A y C en el plano de la aplicación innovadora, que demostraron también los niveles más altos de madurez epistémica.

La reconciliación integradora en la praxis experimental

El éxito del aprendizaje se mide, según la teoría ausubeliana, cuando el alumno logra la reconciliación integradora, es decir, la capacidad de relacionar nuevos conceptos con los ya existentes, estableciendo las semejanzas y diferencias pertinentes (Ausubel, 2000). Esto explica que, en esta investigación, la reconciliación integradora ocurre cuando el Estudiante C comprende que la ecuación $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ no es un algoritmo vacío, sino la herramienta que valida su argumento experimental al unir la masa medida, considerada como el dato, el calor específico de la sustancia como la garantía y el cambio de temperatura observado como la evidencia en una conclusión que predice el comportamiento energético del sistema.

La orientación epistémica toulminiana aportó a este proceso la capacidad de autorregulación argumentativa, es decir, monitorear, controlar y corregir sus propios argumentos para hacerlos más sólidos y persuasivos. En este sentido, se evidenció en el análisis de los informes que los estudiantes que lograron identificar sus resultados experimentales como físicamente imposibles y reconstruir el argumento desde la teoría, demostraron haber internalizado el papel de las garantías y respaldos en la validación científica. Por otra parte, esta honestidad intelectual, que prioriza la coherencia del modelo sobre el dato empírico erróneo, constituye el rasgo más elevado del pensamiento científico maduro.

La investigación concluye que existe una relación dialéctica, es decir, estructura cognoscente y el logos argumentativo por ende no es accidental, sino óntico. Entre el aprendizaje significativo y la orientación epistémica toulminiana en el contexto de la enseñanza de la calorimetría: el aprendizaje significativo proporciona el marco cognitivo estructuras previas, cambio conceptual, reconciliación integradora que hace posible la construcción de argumentos científicamente sólidos; a su vez, la exigencia toulminiana de articular datos, garantías y respaldos impulsa al Estudiante A profundizar en su comprensión conceptual más allá de las definiciones superficiales.

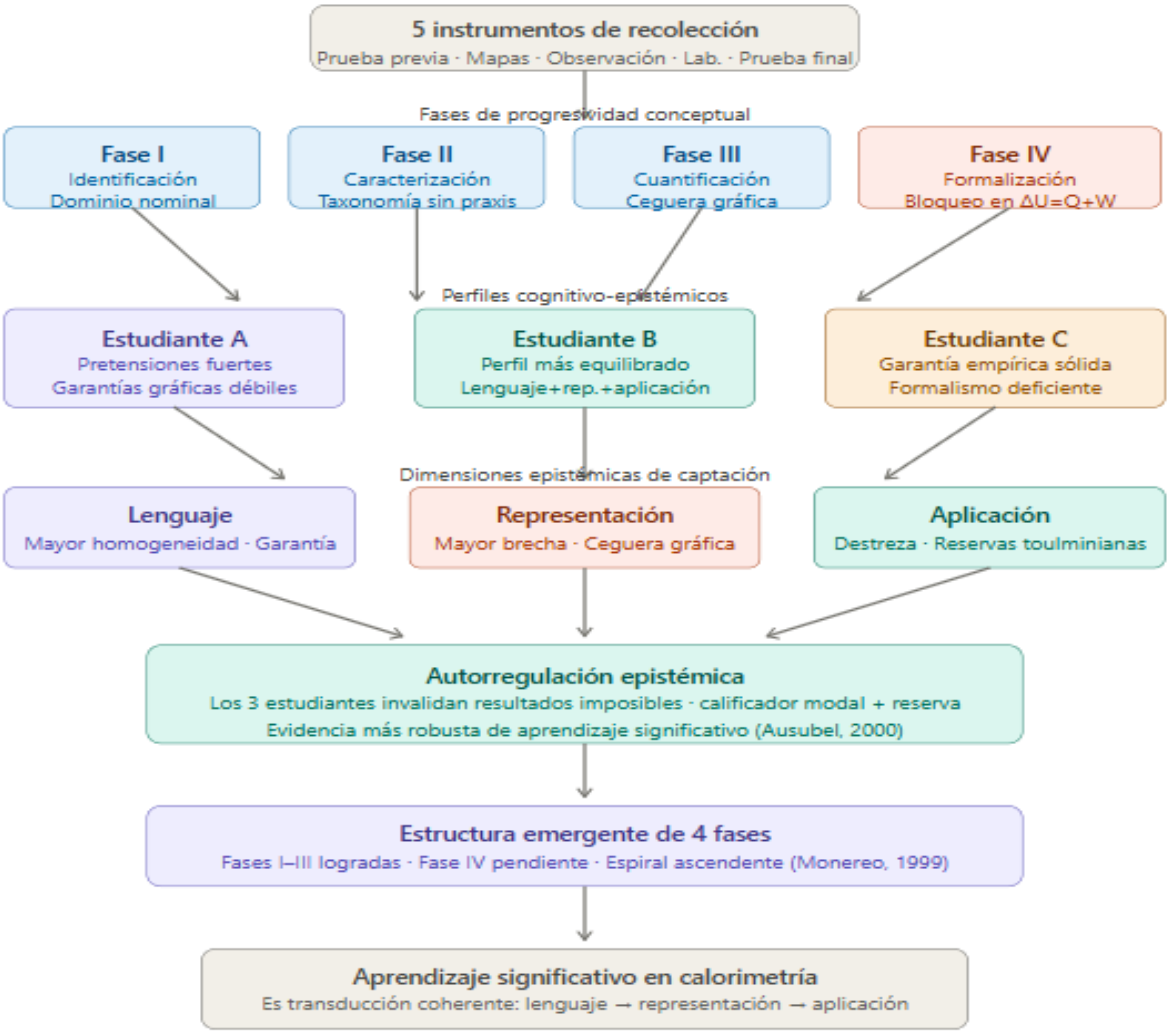
La calorimetría se erige aquí como un topo fenomenológico fundamental, en este sentido, un campo privilegiado para el desarrollo del pensamiento científico, en tanto que sus conceptos calor, temperatura, sistemas termodinámicos, energía interna, articulan lo empírico-sensorial con lo abstracto-matemático, requiriendo precisamente el tipo de

transducción que caracteriza al aprendizaje significativo más profundo. La progresividad del aprendizaje no es, por tanto, un proceso lineal de acumulación, sino una espiral ascendente en la que cada instrumento, cada situación problema y cada argumentación producida por el estudiante representa un nuevo nivel de apropiación del conocimiento calorimétrico.

La figura 1 es una representación de los hallazgos de esta investigación en cuanto al desarrollo de la progresividad conceptual de los estudiantes sobre calorimetría, tomando en cuenta las fuentes de información consideradas

Figura 1

Representación de la progresividad conceptual sobre calorimetría



CONSIDERACIONES GENERALES, REFLEXIONES Y APORTES

Este estudio se centra en la enseñanza de la Calorimetría bajo un enfoque de progresividad del aprendizaje. A continuación, se presentan las reflexiones y aportes derivados de la investigación, sistematizados para describir cómo los estudiantes construyeron progresivamente este concepto científico en su proceso de aprendizaje.

Reflexiones sobre la investigación

La investigación revela que el aprendizaje de la calorimetría no debe ser una transmisión de fórmulas, sino un tránsito evolutivo que conecte lo cotidiano con lo científico.

- *Superación de la visión sustancialista*: Una reflexión principal es la necesidad de que el estudiante deje de ver el calor como un fluido o sustancia y comience a entenderlo como una transferencia de energía en tránsito.
- *Modelización como eje*: Se reflexiona sobre la importancia de que los alumnos construyan modelos mentales de sistemas termodinámicos antes de pasar a la resolución matemática.
- *Obstáculos epistemológicos*: Se identifica que la confusión común entre calor y temperatura es el principal freno en la progresión, requiriendo estrategias que desestabilicen estos conceptos previos.
- *Contextualización socio-crítica*: La investigación sugiere que el aprendizaje es más profundo cuando se vincula con problemas reales (como el cambio climático o procesos industriales), dándole sentido social al conocimiento técnico, lo que se relaciona con lo que Ausubel denomina significatividad psicológica.

Aportes a la enseñanza de la calorimetría

El estudio proporciona herramientas metodológicas y teóricas para estructurar la progresión del aprendizaje.

A. Definición de niveles de progresividad

La investigación aporta una estructura jerárquica para evaluar el avance del estudiante:

1. *Nivel inicial (empírico)*: El Estudiante asocia el calor solo con la sensación térmica.
2. *Nivel intermedio (relacional)*: Comienza a distinguir variables como masa, calor específico y cambio de temperatura.
3. *Nivel avanzado (abstracto)*: Comprende la conservación de la energía y aplica las leyes de la termodinámica en sistemas aislados.

B. El enfoque en sistemas termodinámicos

Un aporte metodológico fundamental es la enseñanza basada en la clasificación de sistemas, permitiendo a los estudiantes predecir comportamientos energéticos según el entorno.

- *Sistemas abiertos*: Intercambio de materia y energía.
- *Sistemas cerrados*: Solo intercambio de energía.
- *Sistemas aislados*: Sin intercambio de materia o energía (modelo ideal para cálculos calorimétricos).

C. Estrategias didácticas propuestas

- *Uso de simuladores virtuales*: Permiten observar el movimiento de partículas y el flujo de calor que es invisible al ojo humano.
- *Experimentación con materiales del entorno*: Facilita la comprensión de la capacidad calorífica mediante la comparación de diferentes sustancias (Ejemplo: agua vs. aceite).
- *Resolución de problemas abiertos*: En lugar de ejercicios cerrados, se aportan problemas que requieren diseñar un experimento para medir una variable desconocida.

La investigación concluye que la calorimetría es el puente para que el estudiante acceda a la termodinámica superior. El aporte más valioso es la validación de que, destacando que sin una progresión que respete los tiempos cognitivos de los estudiantes, la fórmula matemática carece de significado físico.

Tras evaluar el panóptico derivado de la prueba de conocimientos previos concebida en la tabla 4 y análisis grupal, evalúa los conocimientos previos divididos en cuatro fases de aprendizaje. Se puede entrever que los estudiantes participantes del curso y objetos de evaluación, respecto a los conceptos fundamentales de la fisicoquímica, resulta evidente que los estudiantes presentan conocimientos desarticulados, inconexos y desorganizados, lo que implica una falta de integración en los modelos mentales de los aprendices.

Los resultados de la fase I, considerada la identificación instrumental, insta el reflejo de un dominio visual que predomina, donde el reconocimiento de instrumentos no trasciende hacia una compresión metrológica; la persistente confusión entre las magnitudes de calor y temperatura, así como el solapamiento de sus unidades de medida, es decir, J, K, °C, permite inferir que estas nociones no han sido integradas de forma sustantiva. Esto implica que el grupo se encuentra en un estado regular e inconsistente, lo que se evidencia que los estudiantes reconocen de manera visual instrumentos como el termómetro y el calorímetro, en el cual se presenta un intersticio tras confundir constantemente las magnitudes de calor y temperatura en la práctica, así como, sus unidades de medida.

Bajo la segunda fase en función a la caracterización de un sistema, se infiere que su talante teórico es bueno, y práctico es bajo, lo que implica que el aprendizaje ha sido de naturaleza mecánica, más no funcional, esto sucede al poder verbalizar la definición de un sistema aislado, pero fracasen al delimitar fronteras en analogías reales.

Considerando la fase III, cuantificación y coherencia, queda develada una intuición cinética elevada, lo cual presenta coherencia con los modelos mentales espontáneos. Sin embargo, el fallo masivo en la interpretación de curvas de calentamiento y la omisión del calor específico como variable explicativa, revelan que los estudiantes poseen modelos mentales estáticos. Esta alexia o dislexia gráfica adquirida, profundiza en el análisis de la dimensión de representación ubicada en la tabla 7, sugiere que los

estudiantes no han logrado la transducción del conocimiento, en el cual son capaces de operar en el lenguaje verbal, pero carecen de alfabetización gráfica necesaria para interpretar procesos dinámicos.

Bajo la formalización termodinámica, que corresponde a la fase 4, constituye el punto de ruptura más crítico, debido a la incapacidad para definir trabajo, o la aplicación de la primera ley de la termodinámica. Esto refleja que los estudiantes en términos pedagógicos, presentan escozor ante la formulación matemática. Por otra parte, los mapas conceptuales, vislumbrados en la tabla 5, corroboran este hallazgo, aunque existe un dominio en la taxonomía de sistemas abierto, cerrado y aislado. Los estudiantes omiten el concepto de trabajo y utilizan las leyes termodinámicas meramente como etiquetas carentes de operatividad. Esto sin duda, responde a la dinámica de progresividad conceptual.

En referencia a la triangulación epistémica, correspondiente al lenguaje, representación y aplicación, presentada en la tabla 6, permite estructurar la progresión del aprendizaje en cuatro etapas que van desde la percepción hasta la formalización fisicoquímica. Al cruzar estos datos con la guía de observación presentada en la tabla 7 bajo el modelo de Toulmin, se devela una heterogeneidad en los perfiles de aprendizaje. Mientras que los Estudiantes A y B se refugian en respaldos teóricos formales, es decir en, dimensión de lenguaje, el Estudiante C demuestra que la carencia de formalismo simbólico puede ser compensada con una creatividad experimental basada en la observación operativa.

Finalmente, la síntesis del análisis integral permite concluir que, si bien los estudiantes logran establecer pretensiones y garantías teóricas, el progreso hacia un aprendizaje significativo superior se ve truncado por la falta de integración entre las dimensiones del saber. La alta calidad constructiva observada en casos aislados como del Estudiante B debe servir como referente para una organización secuencial del contenido que no solo priorice el lenguaje, sino que rescate la representación gráfica y la ejecución matemática como herramientas esenciales del pensamiento científico.

REFERENCIAS

Arana, A, y González, F. (2006). Enriquecimiento conceptual progresivo. Una explicación teórica del proceso de desarrollo de los conceptos científicos. *Revista de Pedagogía, XXVII*(79), 193-230.

Ariza, Y. y Adúriz-Bravo, A. (2012). La 'Nueva Filosofía de la Ciencia' y la 'concepción semántica de las teorías científicas' en la Didáctica de las Ciencias Naturales. *Revista de Educación en Ciencias Experimentales y Matemática*, 2, 81-92.

Atkins, P., y de Paula, J. (2014). *Química física* (9.ª ed.). Editorial Médica Panamericana.

Ausubel, D. P. (2000). *The Acquisition and Retention of Knowledge*. Dortrecht, Netherlands: Kluwer. Edición en español: Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva. Barcelona: Paidós Ibérica.

Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. París: Vrin.

Caballero, M. C. (2003). *La progresividad del aprendizaje significativo de conceptos*. En M. L. Rodríguez (Comp.), La teoría del aprendizaje significativo en la perspectiva de la psicología cognitiva (pp. 162-197). Barcelona: Octaedro.

Cengel, Y. A., y Boles, M. A. (2015). *Termodinámica* (8.ª ed.). McGraw-Hill Education.

Chang, R. y Overby, J. (2020). *Química* (13.ª ed.). McGraw-Hill Education.

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. (1999). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 5.903 (Extraordinario), febrero 19, 2009.

Corbetta, P. (2003). *Metodología y Técnicas de Investigación Social*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España.

Dilthey, W. (2000). *Introducción a las ciencias del espíritu*. Madrid: Alianza Editorial.

Driver, R., Newton, P. y Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education, 84*(3), 287-312.

Erduran, S., Simon, S. y Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse. *Science Education, 88*(6), 915-933.

Flavell, J. H. (1970). *Metacognitive aspects of problem solving*. En L. B. Resnick (Ed.), The nature of intelligence. Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Flores Espejo, J. L. (2020). Construcción reflexiva de enunciados epistemológicos en el laboratorio de bioquímica de la UPEL-IPC: una experiencia exploratoria. *Horizontes, 4*(15), 211-233.

Flores Espejo, J. L. (2024). *Un enfoque epistemológico-constructivista para facilitar el aprendizaje en el laboratorio desde una perspectiva ausubeliana*. Tesis doctoral no publicada, Universidad de Burgos, España.

Flores, J., Caballero, M. y Moreira, M. A. (2009). El laboratorio didáctico de ciencias y el aprendizaje significativo. *Aprendizagem Significativa em Revista, 3*(3), 41-54

Flores, J., Caballero, M. y Moreira, M. (2013). Una interpretación de la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel en el contexto del laboratorio didáctico de ciencias. *Aprendizagem Significativa em Revista / Meaningful Learning Review, 3*(3), 41-54.

Gadamer, H. (1998). *Verdad y método I*. Salamanca: Ediciones Sígueme.

Goetz, J. y LeCompte, M. (1988). E*tnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Madrid: Morata.

Hemminger, W. y Hohne, G. (1984). *Calorimetry fundamentals and practice*. Florida: Ed. Verlag Chemie.

Jiménez-Aleixandre, M. P. y Díaz de Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias, 21*(3), 359-370.

Johnstone, A. H. (1982). Macro- and micro-chemistry. *School Science Review, 64*(227), 377-379.

Klimovsky, G. (1994). *Las desventuras del conocimiento científico. Una introducción a la Epistemología.* Buenos Aires: A-Z Editora.

Leal, J. (2009). *La autonomía del investigador y la metodología de la investigación*. Valencia, Venezuela: Azul Intenso.

Lemke, J. L. (1993). *Talking science: Language, learning, and values*. Ablex Publishing.

Lemke, J. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.

Ley Orgánica de Educación. (2009). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 5.929 (Extraordinario), agosto 15, 2009.

López, K. (2026). *Construcción progresiva de significados conceptuales sobre fermentación en el laboratorio didáctico de química usando la V epistemológica.*

Trabajo de grado de maestría no publicado, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Venezuela.

Martínez, M. (2004). *Ciencia y arte en la metodología cualitativa*. México, D.F.: Editorial Trillas.

Mateo, J. (2000). *La investigación «ex-post-facto»*. En J. Mateo y C. Vidal (Eds.), Mètodes d'investigació en educació. Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya.

Matus, L. (2009). *Progresiones de aprendizajes en el área del enlace químico. Análisis de coherencia entre capacidades de los estudiantes y representaciones usadas en los libros de texto*. Tesis doctoral no publicada, Universidad de Granada, España.

McCullough, J. y Scott, W. (1968). *Experimental Thermodynamics: Calorimetry of Non-reacting Systems* (Vol. 1). International Union of Pure and Applied Chemistry. Londres: Butterworths.

Meltzer, D. E. (2004). Investigation of students' reasoning regarding heat, work and the first law of thermodynamics in an introductory calculus-based general physics course. *American Journal of Physics, 72*(11), 1432-1446.

Molina-Gutiérrez, T. de J., Mejías-de-Parra, T. y Luzardo-Martínez, H. (2024). La cultura de investigación y el contexto de acción del investigador. Cienciamatria. *Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología, 10*(18), 62-88.

Monereo, C. (1999a). *Enseñar a aprender y a pensar en la Educación Secundaria: las estrategias de aprendizaje*. En C. Coll (Coord.), Psicología de la Instrucción: la enseñanza y el aprendizaje en la Educación Secundaria (pp. 69-103). Barcelona: Horsori / ICE UB.

Moreira, M. A. (2000). *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Madrid: Visor.

Moreira, M. A. (2005). Aprendizaje significativo crítico. *Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación,* (6), 83–102.

Moreira, M. A. (2012). La teoría del aprendizaje significativo crítico: un referente para organizar la enseñanza contemporánea. *Unión, Revista Iberoamericana de Educación Matemática, 31*, 9–20.

Moreira, M. A. y Greca, I. M. (2004). *Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo*. En M. A. Moreira e I. M. Greca (Orgs.), Sobre Cambio Conceptual, Obstáculos Representacionales, Modelos Mentales, Esquemas de Asimilación y Campos Conceptuales (pp. 67-94). Porto Alegre, Brasil: Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Mortimer, E. F. (1998). Multimodalidad y lenguaje en el aula de ciencias. *Investigência em Ensino de Ciências, 3*(2), 107-121.

Muñoz, L. (2013). El cambio conceptual en la enseñanza de las ciencias. *Revista de Educación en Ciencias, 4*(1), 12-28.

Nappa, N., Insausti, M. J. y Sigüenza, A. F. (2005). Obstáculos que generan las representaciones mentales de los estudiantes al conceptualizar los gases. *Educación Química, 16*(2), 130-141.

Novak, J. D. (1982). *Teoría y práctica de la educación*. Madrid: Alianza Editorial.

Novak, J. D. y Musonda, D. (1991). A twelve-year longitudinal study of science concept learning. *American Educational Research Journal, 28*(1), 117-153.

Paul, R. y Elder, L. (2005). *La mini guía para el pensamiento crítico*. California: Fundación para el Pensamiento Crítico.

Piaget, J. (1980). Recent studies in genetic epistemology. *Cahiers de la Fondation Archives Jean Piaget, 1*, 3-7.

Pimienta, J. (2012). *Las competencias en la docencia universitaria*. Preguntas frecuentes. México: Pearson Educación.

Platón. (s. IV a.C.). *La República*. (Alegoría de la Caverna, conceptos de Doxa y Episteme).

Portell, M., Vives, J. y Boixadòs, M. (2003). *Mètodes d'investigació: recursos didàctics*. Bellaterra: Servei de Publicacions de la UAB.

Postigo, Y. y Pozo, J. I. (2000). Cuando una gráfica vale más que 1000 datos: la interpretación de gráficas por alumnos universitarios. *Infancia y Aprendizaje, 90*, 89-110.

República Bolivariana de Venezuela. (2013). *Plan de Desarrollo Económico y Social de la Nación 2019-2025*. Caracas: Autor.

Ricoeur, P. (2002). *Del texto a la acción*. México: Fondo de Cultura Económica.

Rodríguez, D. y Valldeoriola, J. (2011). *Metodología de la Investigación*. Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya.

Rodríguez Pérez, J., Camelo Avedoy, F., Arredondo Bravo, E. y Rojas González, R. (2017). La enseñanza de la termodinámica en secundaria y bachillerato. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 14*(3), 578-593.

Sabariego, M. (2004). *El proceso de investigación* (parte 2). En R. Bisquerra (Ed.), Metodología de la investigación educativa (pp. 89-125). Madrid: La Muralla.

Salvi, P. R. y Schettino, V. (2019). Sadi Carnot's Réflexions and the foundation of thermodynamics. *Substantia, 3*(2), 73-96.

Sandín, M. P. (2003). *Investigación cualitativa en educación*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España.

Sans, A. (2004). *Métodos de investigación de enfoque experimental*. En R. Bisquerra (Ed.), Metodología de la investigación educativa (pp. 167-193). Madrid: La Muralla.

Serway, R. A., y Jewett, J. W. (2018). *Física para ciencias e ingeniería* (Vol. 1, 10.ª ed.). Cengage Learning.

Taylor, S. y Bogdan, R. (1992). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Buenos Aires: Paidós.

Torres, L. y Flores-Espejo, J. (2019). Progresividad del aprendizaje sobre el concepto de hidrólisis enzimática en el laboratorio usando mapas conceptuales. *Sinopsis Educativa. Revista Venezolana de Investigación, 19*(2), 100–112.

Torres, L. (2020). *Progresividad conceptual y metacognición en ambientes de aprendizaje basado en proyectos en química aplicada* (Tesis doctoral no publicada). Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Caracas.

Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador. (2011). *Documento Base del Currículo UPEL*. Caracas: Autor.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador. (2022). *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales*. Caracas: Editorial FEDUPEL.

Viennot, L. (2002). *Reasoning in Physics: The Part of Common Sense*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Vygotski, L. S. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica.

ANEXO A-1

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR
INSTITUTO PEDAGÓGICO DE CARACAS
Maestría en Educación Mención Enseñanza de la Química

Solicitud de validación de instrumento de investigación

Caracas, 12 de junio de 2025

Estimado(a) profesor(a):

Por medio de la presente, me dirijo a usted con la finalidad de solicitar su valiosa colaboración en la validación de contenido de la guía de observación participante individual que será empleada en el desarrollo de mi Trabajo de Grado de Maestría titulado: **"PROGRESIVIDAD DEL APRENDIZAJE SOBRE EL CONCEPTO DE CALORIMETRÍA EN EL LABORATORIO DESDE UNA ORIENTACIÓN EPISTÉMICA TOULMINIANA"**. Este estudio se enmarca en los requisitos para optar al título de Magíster en Educación, Mención Enseñanza de la Química, en la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL).

Objetivo del Instrumento: La guía de observación tiene como propósito analizar las argumentaciones de estudiantes del 3er período de Química (UPEL-IPC) durante actividades experimentales de calorimetría, bajo las dimensiones Toulminianas:

- Lenguaje: Uso de términos científicos y estructura lógica de los argumentos.
- Representacional: Empleo de gráficos, tablas o modelos para sustentar afirmaciones.
- Simbólico: Manipulación de fórmulas y símbolos matemáticos en la justificación.

Se busca evaluar cómo evolucionan sus argumentos (claims, warrants, backings) al enfrentarse a situaciones problemáticas en el laboratorio.

Agradezco de antemano su tiempo y aportes críticos, los cuales serán fundamentales para garantizar la validez de contenido del instrumento. Sus observaciones enriquecerán el análisis de cómo los futuros docentes construyen conocimiento científico en calorimetría desde una perspectiva argumentativa.

Atentamente,

_____

Fernando Enrique Rodríguez Bernal
Candidato a Magister en Educación
Mención Enseñanza de la Química

INSTRUCCIONES PARA EL PROCESO DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Para llevar a cabo la validación, les solicitamos evaluar cada ítem (pregunta de selección simple o pregunta abierta) del instrumento en función de los siguientes criterios y las opciones de respuesta:

- **PERTINENCIA:** ¿El ítem es relevante para el objetivo específico del instrumento, que es develar los conocimientos previos de los estudiantes de la especialidad de química sobre el concepto de calorimetría? ¿La pregunta o actividad se enfoca directamente en explorar lo que los estudiantes ya saben o creen saber sobre este tema?
    - **Alta:** El ítem es claramente relevante y se enfoca directamente en los conocimientos previos sobre calorimetría.
    - **Medio:** El ítem es parcialmente relevante o podría abordar otros aspectos además de los conocimientos previos sobre calorimetría.
    - **Escasa:** El ítem no es relevante para el objetivo de explorar los conocimientos previos sobre calorimetría o se desvía significativamente del tema.
- **CONGRUENCIA:** ¿El ítem está alineado con la unidad temática de calorimetría y el criterio de evaluación de conocimientos previos? ¿La pregunta o actividad evalúa aspectos relacionados con la calorimetría desde la perspectiva de los conocimientos que los estudiantes traen consigo?
    - **Alta:** El ítem es totalmente congruente con la unidad temática y el criterio de evaluación. Evalúa directamente los conocimientos previos sobre calorimetría.
    - **Medios:** El ítem es parcialmente congruente, pero podría abordar aspectos que van más allá de los conocimientos previos o no se centra completamente en la calorimetría.
    - **Escasa:** El artículo no es congruente con la unidad temática o el criterio de evaluación. Evalúa aspectos diferentes o no relacionados con los conocimientos previos sobre calorimetría.
- **REDACCIÓN:** ¿La redacción del ítem es clara, precisa y comprensible para los estudiantes de 3er período académico de la especialidad de Química? ¿El lenguaje utilizado es adecuado al nivel de los estudiantes y evita ambigüedades o términos excesivamente técnicos que puedan confundirlos al explorar sus conocimientos previos?
    - **Alta:** La redacción es clara, precisa, gramaticalmente correcta y fácilmente comprensible para los estudiantes. No presenta ambigüedades.
    - **Medios:** La redacción presenta algunas áreas de mejora en cuanto a claridad, precisión o gramática, pero en general es comprensible. Podría haber alguna ambigüedad menor.
    - **Escasa:** La redacción es confusa, imprecisa, contiene errores gramaticales significativos o utiliza un lenguaje inadecuado para el nivel de los estudiantes, dificultando la comprensión del ítem.

En la columna de "Observaciones", se pueden incluir comentarios adicionales o sugerencias para mejorar el ítem, si lo considera necesario.

GUÍA DE OBSERVACIÓN PARTICIPANTE SOBRE EL CONTENIDO DE CALORIMETRÍA EN FUNDAMENTOS DE FÍSICOQUÍMICA

Título de la investigación: Progresividad del aprendizaje sobre el concepto de calorimetría en el laboratorio desde una orientación epistémica toulminiana

Propósito general: Interpretar la progresividad del aprendizaje sobre el concepto de calorimetría en el contexto de situaciones problemas en el curso de Fundamentos de Fisicoquímica desde una orientación epistémica toulminiana en los estudiantes del Instituto Pedagógico de Caracas.

Propósitos específicos:

1. Develar los conocimientos previos de los estudiantes sobre el concepto de calorimetría.
2. Comprender la progresividad conceptual del aprendizaje de los estudiantes sobre calorimetría en el contexto de situaciones problemas.
3. Comprender la construcción del concepto de calorimetría de los estudiantes desde una orientación epistémica toulminiana en el contexto de situaciones problemas.
4. Relacionar el aprendizaje significativo de lis estudiantes sobre calorimetría desde una orientación toulminiana.

Propósito a sistematizar en el presente instrumento: Comprender la construcción del concepto de calorimetría de los estudiantes desde una orientación epistémica toulminiana en el contexto de situaciones problemas.

Sujetos a entrevistar: Estudiantes del 3er semestre de la especialidad de Química del Instituto Pedagógico de Caracas, de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.

Unidad temática: Calorimetría

Criterio de evaluación: Conocimientos previos

Propósito del instrumento: El presente instrumento está dirigido a estudiantes de 3er semestre de la especialidad de Química del Instituto Pedagógico de Caracas, de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, tiene como finalidad recoger información que permita vislumbrar los conocimientos previos sobre calorimetría que tienen los estudiantes.

Paradigma, enfoque y método: Paradigma interpretativo, enfoque cualitativo y método hermenéutico-dialéctico.

***Nota*.** La letra en paréntesis responde a una codificación toulminiana: **A** (aplicación teórica o empírica), **L** (lenguaje del conocimiento teórico) y **R** (alguna forma de representación del conocimiento).

GUÍA DE OBSERVACIÓN PARTICIPANTE

DIMENSIONES	ÍTEMS	OBSERVACIONES
Lenguaje	Significado de universo termodinámico: sistema y entorno	
	Reconocimiento de un calorímetro en sus partes	
	Relación entre energía y materia en un sistema termodinámico aislado	
	Reconocimiento de la unidad de medida del calor en el Sistema Internacional (SI)	
	Reconocimiento de una propiedad intensiva	
	Significado de trabajo en el campo de la termodinámica	
	Significado relacional entre volumen, presión, temperatura, masa, calor y trabajo en un sistema	
	Significado diferencial entre temperatura y calor de un cuerpo o sustancia	
	Significado de energía calorífica	
	Significado de función de estado	
	Relación entre la temperatura y la energía cinética promedio de las partículas de un sistema.	
	Relación entre el trabajo realizado por o sobre un sistema y el cambio en su energía interna	
Representación	Representación de un sistema	
	Representación de gráfico de temperatura vs. Tiempo	
	Representación de curva de calentamiento	
	Representación de un diagrama de energía	
Aplicación	Uso de un calorímetro	
	Uso de instrumentos de medición de masa, volumen y temperatura	
	Propuesta de experimentos	

ANEXO A-2

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR
INSTITUTO PEDAGÓGICO DE CARACAS
Maestría en Educación Mención Enseñanza de la Química

PRUEBA DE CONOCIMEINTOS PREVIIOS

CALORIMETRÍA

Estimado estudiante

Por medio de esta vía, solicitamos su valiosa colaboración, con el propósito de dar respuesta a una serie de interrogantes que permitirá determinar los conocimientos previos que poseen los estudiantes de 3er semestre de la especialidad de Química del Instituto Pedagógico de Caracas de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, sobre calorimetría.

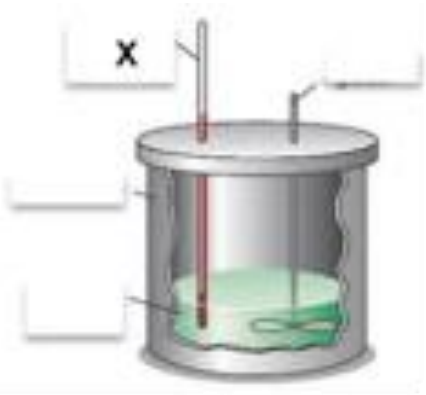
Instrucciones Generales

1. Lea detenidamente antes de responder sus diferentes opciones.
2. Empiece a dar respuesta a las preguntas que le sean más fáciles.
3. Durante la realización del cuestionario, no está permitido el uso celular.
4. Dispondrá de 45 minutos para responder todo el cuestionario.
5. Responda de manera individual, evitando dejar de contestar alguna pregunta, ya que el éxito de esta investigación depende de su objetividad y sinceridad al responder cada pregunta.

Parte I. Selección Simple

Instrucciones: A continuación, encontrará una serie de proposiciones seguidas de cuatro (4) alternativas. Seleccione la respuesta correcta encerrando en un círculo la letra que acompaña a la opción seleccionada.

1. En el siguiente diagrama de un calorímetro, ¿qué representa la parte etiquetada como "X"?



a) Agitador
b) Vaso interior
c) Aislante
d) Termómetro

2. ¿Cómo se relaciona la energía y la materia en un sistema termodinámico aislado?

a) Puede intercambiar materia y energía con su entorno.
b) Puede intercambiar solo energía con su entorno.
c) No intercambia ni materia ni energía con su entorno.
d) Puede intercambiar solo materia con su entorno.

3. Un sistema calorimétrico se diseña para:

a) Maximizar el intercambio de calor con el entorno
b) Minimizar el intercambio de calor con el entorno
c) Medir la temperatura del entorno con precisión.
d) Mantener la presión constante del sistema.

4. ¿Cuál es el principal propósito de utilizar un termómetro en un experimento de calorimetría?

a) Medir la cantidad de calor transferido directamente.
b) Indicar la velocidad de la reacción química.
c) Determinar el cambio de temperatura del sistema.
d) Controlar la presión dentro del calorímetro.

5. La unidad de medida del calor en el Sistema Internacional (SI) es:

a) Kelvin (K)
b) Grado Celsius (°C)
c) Pascal (Pa)
d) Joule (J)

6. ¿Cuál de las siguientes magnitudes físicas es una propiedad intensiva?

a) Masa
b) Volumen
c) Temperatura
d) Cantidad de sustancia

7. ¿Cuál de las siguientes opciones define mejor el significado conceptual de calor?

a) La medida de la energía interna de un sistema.
b) La transferencia de energía térmica entre sistemas a diferentes temperaturas.
c) La energía almacenada en los enlaces químicos de una sustancia.
d) La capacidad de un sistema para realizar trabajo.

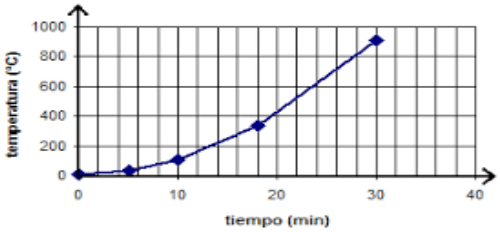
8. La energía calorífica se relaciona directamente con:

a) La masa del sistema
b) La presión del entorno
c) El movimiento de las partículas del sistema.
d) El volumen del recipiente.

9. En un experimento de calorimetría, el intercambio de calor generalmente ocurre entre

a) El sistema y el ambiente externo al calorímetro
b) El sistema y las paredes del calorímetro
c) El sistema y el termómetro
d) El sistema y el agitador

10. El siguiente gráfico de temperatura vs. tiempo muestra un sistema donde hay:



a) Una disminución constante de la temperatura
b) Un aumento de la temperatura por la liberación de calor
c) Una temperatura constante a lo largo del tiempo.
d) Un equilibrio térmico con el entorno.

Parte II. Desarrollo

Instrucciones: Lea detenidamente los siguientes planteamientos y con base en ellos responda lo que se le pide en cada caso.

1. ¿Qué relación puedes establecer entre un calorímetro y el motor de combustión de un vehículo, tomando en cuenta lo que es un sistema, su entorno y el universo que lo contiene?

2. ¿Qué significa trabajo en el campo de la termodinámica y en el campo de la física clásica? ¿Cuál es la diferencia?

3. ¿En qué se asemejan el volumen, la presión, la temperatura y la masa en un sistema?

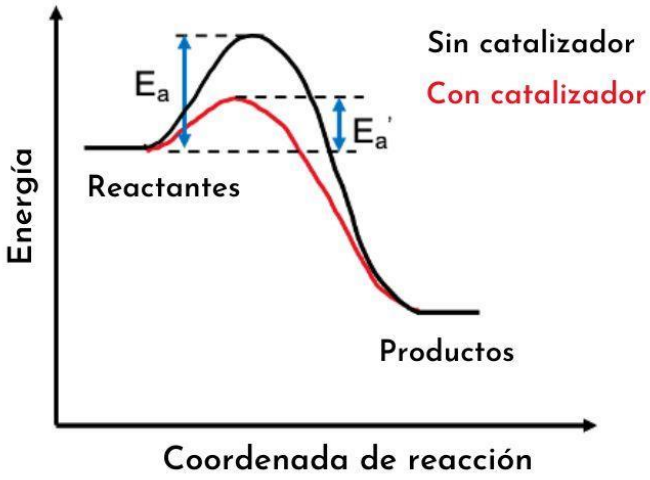
4. ¿Cuál es la relación que existe entre la temperatura y el calor de un cuerpo o sustancia?

5. ¿De qué manera el volumen de un sistema termodinámico se modifica cuando cambia su estado?

6. ¿Cómo el cambio de volumen de un sistema termodinámico depende únicamente de los estados inicial y final, independientemente de la trayectoria seguida?

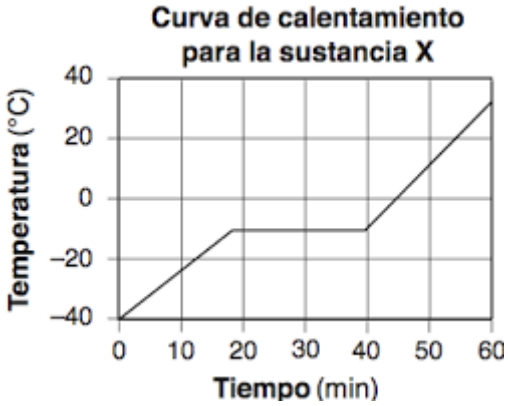
7. ¿Cómo entiendes la relación entre el trabajo realizado por o sobre un sistema y el cambio en su energía interna?

8. Describe lo que representa el diagrama de energía y cómo se relaciona con el concepto de calor y trabajo en el sistema mostrado.



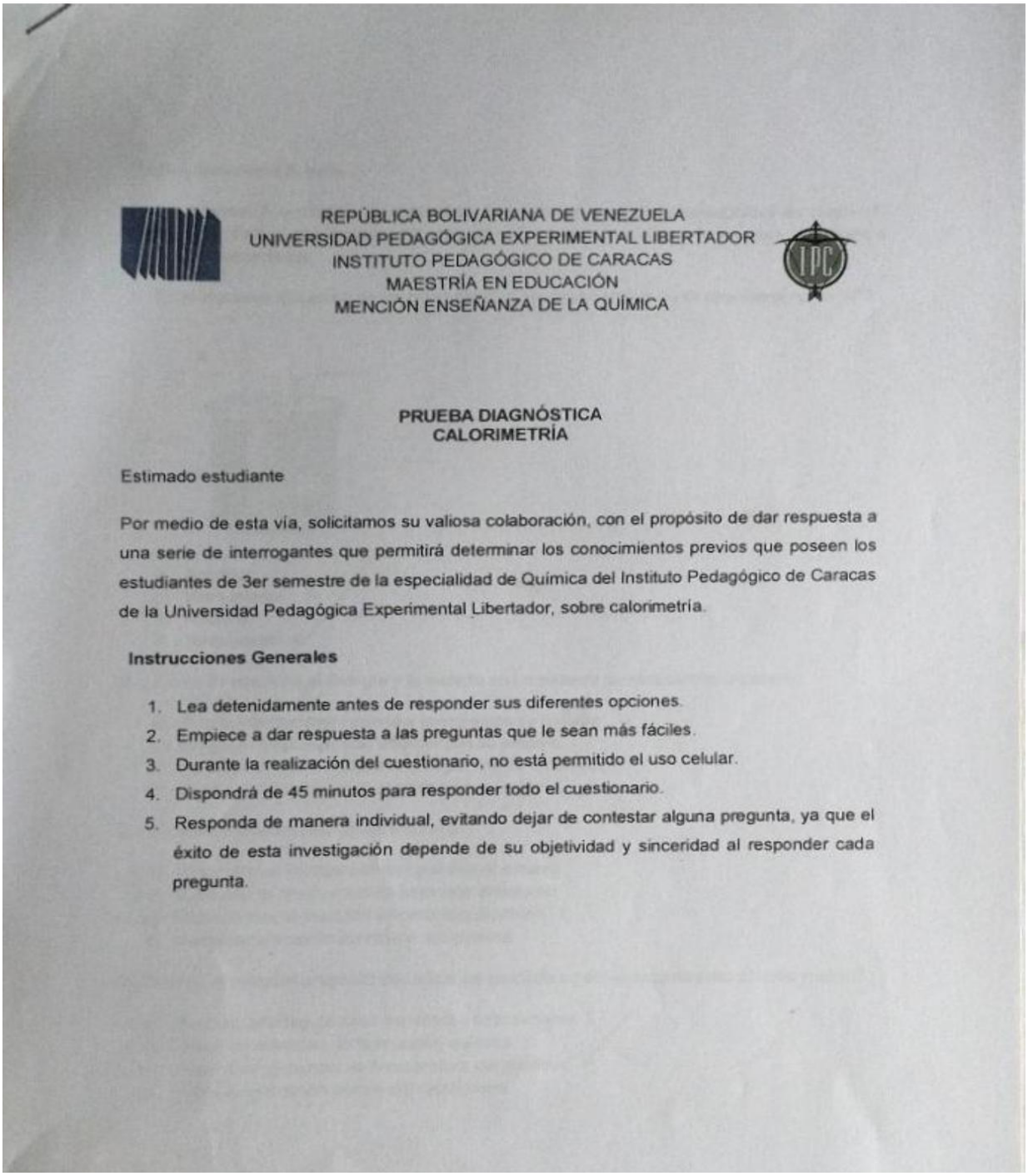
9. Describe con tus propias palabras la diferencia entre calor y temperatura

10. ¿Qué información puedes inferir sobre las propiedades térmicas de las dos sustancias a partir de la curva de calentamiento mostrada en el gráfico?



ANEXO A-3

Evidencias Prueba de conocimientos previos



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR
INSTITUTO PEDAGÓGICO DE CARACAS
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN
MENCIÓN ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

PRUEBA DIAGNÓSTICA
CALORIMETRÍA

Estimado estudiante

Por medio de esta vía, solicitamos su valiosa colaboración, con el propósito de dar respuesta a una serie de interrogantes que permitirá determinar los conocimientos previos que poseen los estudiantes de 3er semestre de la especialidad de Química del Instituto Pedagógico de Caracas de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, sobre calorimetría.

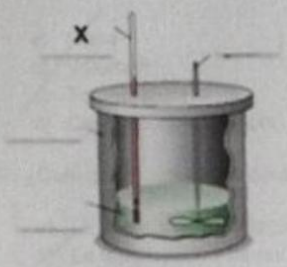
Instrucciones Generales

1. Lea detenidamente antes de responder sus diferentes opciones.
2. Empiece a dar respuesta a las preguntas que le sean más fáciles.
3. Durante la realización del cuestionario, no está permitido el uso celular.
4. Dispondrá de 45 minutos para responder todo el cuestionario.
5. Responda de manera individual, evitando dejar de contestar alguna pregunta, ya que el éxito de esta investigación depende de su objetividad y sinceridad al responder cada pregunta.

Parte I. Selección Simple

Instrucciones: A continuación, encontrará una serie de proposiciones seguidas de cuatro (4) alternativas. Seleccione la respuesta correcta encerrando en un círculo la letra que acompaña a la opción seleccionada.

1. En el siguiente diagrama de un calorímetro, ¿qué representa la parte etiquetada como "X"?



a) Agitador
b) Vaso interior
c) Aislante
d) Termómetro X

2. ¿Cómo se relaciona la energía y la materia en un sistema termodinámico aislado?

a) Puede intercambiar materia y energía con su entorno.
b) Puede intercambiar solo energía con su entorno.
c) No intercambia ni materia ni energía con su entorno. X
d) Puede intercambiar solo materia con su entorno.

3. Un sistema calorimétrico se diseña para:

a) Maximizar el intercambio de calor con el entorno
b) Minimizar el intercambio de calor con el entorno
c) Medir la temperatura del entorno con precisión. X
d) Mantener la presión constante del sistema.

4. ¿Cuál es el principal propósito de utilizar un termómetro en un experimento de calorimetría?

a) Medir la cantidad de calor transferido directamente.
b) Indicar la velocidad de la reacción química.
c) Determinar el cambio de temperatura del sistema.
d) Controlar la presión dentro del calorímetro.

5. La unidad de medida del calor en el Sistema Internacional (SI) es:

a) Kelvin (K)
b) Grado Celsius (°C) X
c) Pascal (Pa)
d) Joule (J)

6. ¿Cuál de las siguientes magnitudes físicas es una propiedad intensiva?

a) Masa
b) Volumen
c) Temperatura X
d) Cantidad de sustancia

7. ¿Cuál de las siguientes opciones define mejor el significado conceptual de calor?

a) La medida de la energía interna de un sistema.
b) La transferencia de energía térmica entre sistemas a diferentes temperaturas. X
c) La energía almacenada en los enlaces químicos de una sustancia.
d) La capacidad de un sistema para realizar trabajo.

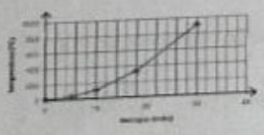
8. La energía calorífica se relaciona directamente con:

a) La masa del sistema
b) La presión del entorno
c) El movimiento de las partículas del sistema. X
d) El volumen del recipiente.

9. En un experimento de calorimetría, el intercambio de calor generalmente ocurre entre

a) El sistema y el ambiente externo al calorímetro X
b) El sistema y las paredes del calorímetro
c) El sistema y el termómetro
d) El sistema y el agitador

10. El siguiente gráfico de temperatura vs. tiempo muestra un sistema donde hay:



a) Una disminución constante de la temperatura
b) Un aumento de la temperatura por la liberación de calor X
c) Una temperatura constante a lo largo del tiempo.
d) Un equilibrio térmico con el entorno.

Parte II. Desarrollo

Instrucciones: Lea detenidamente los siguientes planteamientos y con base en ellos responda lo que se le pide en cada caso.

1. ¿Qué relación puedes establecer entre un calorímetro y el motor de combustión de un vehículo, tomando en cuenta lo que es un sistema, su entorno y el universo que lo contiene?

El calorimetro recibe la energia del sistema para desplazar el indicador de la temperatura

El vehiculo, transforma la combustion de la gasolina en calor genera un desplazamiento del vehiculo.

2. ¿Qué significa trabajo en el campo de la termodinámica y en el campo de la física clásica? ¿Cuál es la diferencia?

Trabajo en física clasica: se refiere $W = \vec{F} \cdot d$; es el producto de aplicar una fuerza por desplazamiento, su unidad es el Newton (N).

3. ¿En qué se asemejan el volumen, la presión, la temperatura y la masa en un sistema?

En que son variables controladas, esta se pueden usar en la ecuación de los gases ideales

4. ¿Cuál es la relación que existe entre la temperatura y el calor de un cuerpo o sustancia?

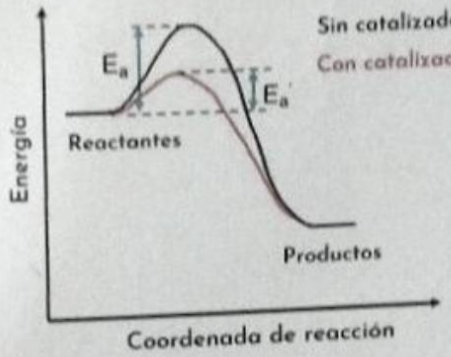
5. ¿De qué manera el volumen de un sistema termodinámico se modifica cuando cambia su estado?

El volumen de un sistema termodinamico aumenta cuando se aumenta la temperatura, osea cuando por ejemplo un liquido pasa a gas, el volumen se expande por consecuencia de la temperatura.

6. ¿Cómo el cambio de volumen de un sistema termodinámico depende únicamente de los estados inicial y final, independientemente de la trayectoria seguida?

7. ¿Cómo entiendes la relación entre el trabajo realizado por o sobre un sistema y el cambio en su energía interna?

8. Describe lo que representa el diagrama de energía y cómo se relaciona con el concepto de calor y trabajo en el sistema mostrado.

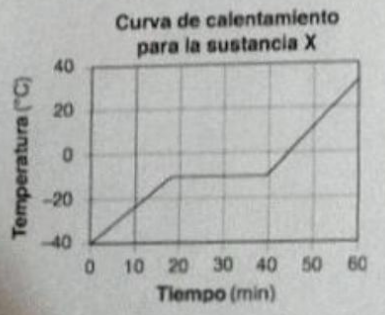


Con catalizador es más rapida la reacción y que requiere menos energia con respecto al que no tiene catalizador

9. Describe con tus propias palabras la diferencia entre calor y temperatura

El calor es el intercambio de energia de un sistema a otro.
La temperatura es la forma que se usa para medir ese cambio de energia.

10. ¿Qué información puedes inferir sobre las propiedades térmicas de las dos sustancias a partir de la curva de calentamiento mostrada en el gráfico?



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR
INSTITUTO PEDAGÓGICO DE CARACAS
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN
MENCIÓN ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

PRUEBA DIAGNÓSTICA
CALORIMETRIA

Estimado estudiante

Por medio de esta vía, solicitamos su valiosa colaboración, con el propósito de dar respuesta a una serie de interrogantes que permitirá determinar los conocimientos previos que poseen los estudiantes de 3er semestre de la especialidad de Química del Instituto Pedagógico de Caracas de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, sobre calorimetria.

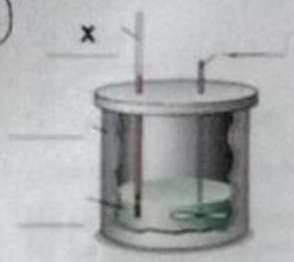
Instrucciones Generales

1. Lea detenidamente antes de responder sus diferentes opciones.
2. Empiece a dar respuesta a las preguntas que le sean más fáciles.
3. Durante la realización del cuestionario, no está permitido el uso celular.
4. Dispondrá de 45 minutos para responder todo el cuestionario.
5. Responda de manera individual, evitando dejar de contestar alguna pregunta, ya que el éxito de esta investigación depende de su objetividad y sinceridad al responder cada pregunta.

Parte I. Selección Simple

Instrucciones: A continuación, encontrará una serie de proposiciones seguidas de cuatro (4) alternativas. Seleccione la respuesta correcta encerrando en un círculo la letra que acompaña a la opción seleccionada.

1. En el siguiente diagrama de un calorímetro, ¿qué representa la parte etiquetada como "X"?



a) Agitador
b) Vaso interior
c) Aislante
d) Termómetro

2. ¿Cómo se relaciona la energía y la materia en un sistema termodinámico aislado?

a) Puede intercambiar materia y energía con su entorno.
b) Puede intercambiar solo energía con su entorno.
c) No intercambia ni materia ni energía con su entorno.
d) Puede intercambiar solo materia con su entorno.

3. Un sistema calorimétrico se diseña para: Depende de cuál sea la intención

a) Maximizar el intercambio de calor con el entorno
b) Minimizar el intercambio de calor con el entorno
c) Medir la temperatura del entorno con precisión.
d) Mantener la presión constante del sistema.

4. ¿Cuál es el principal propósito de utilizar un termómetro en un experimento de calorimetría?

a) Medir la cantidad de calor transferido directamente.
b) Indicar la velocidad de la reacción química.
c) Determinar el cambio de temperatura del sistema.
d) Controlar la presión dentro del calorímetro.

5. La unidad de medida del calor en el Sistema Internacional (SI) es:

a) Kelvin (K)
b) Grado Celsius (°C)
c) Pascal (Pa)
d) Joule (J)

6. ¿Cuál de las siguientes magnitudes físicas es una propiedad intensiva?

a) Masa
b) Volumen
c) Temperatura
d) Cantidad de sustancia

7. ¿Cuál de las siguientes opciones define mejor el significado conceptual de calor?

a) La medida de la energía interna de un sistema.
b) La transferencia de energía térmica entre sistemas a diferentes temperaturas.
c) La energía almacenada en los enlaces químicos de una sustancia.
d) La capacidad de un sistema para realizar trabajo.

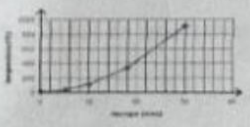
8. La energía calorífica se relaciona directamente con:

a) La masa del sistema
b) La presión del entorno
c) El movimiento de las partículas del sistema.
d) El volumen del recipiente.

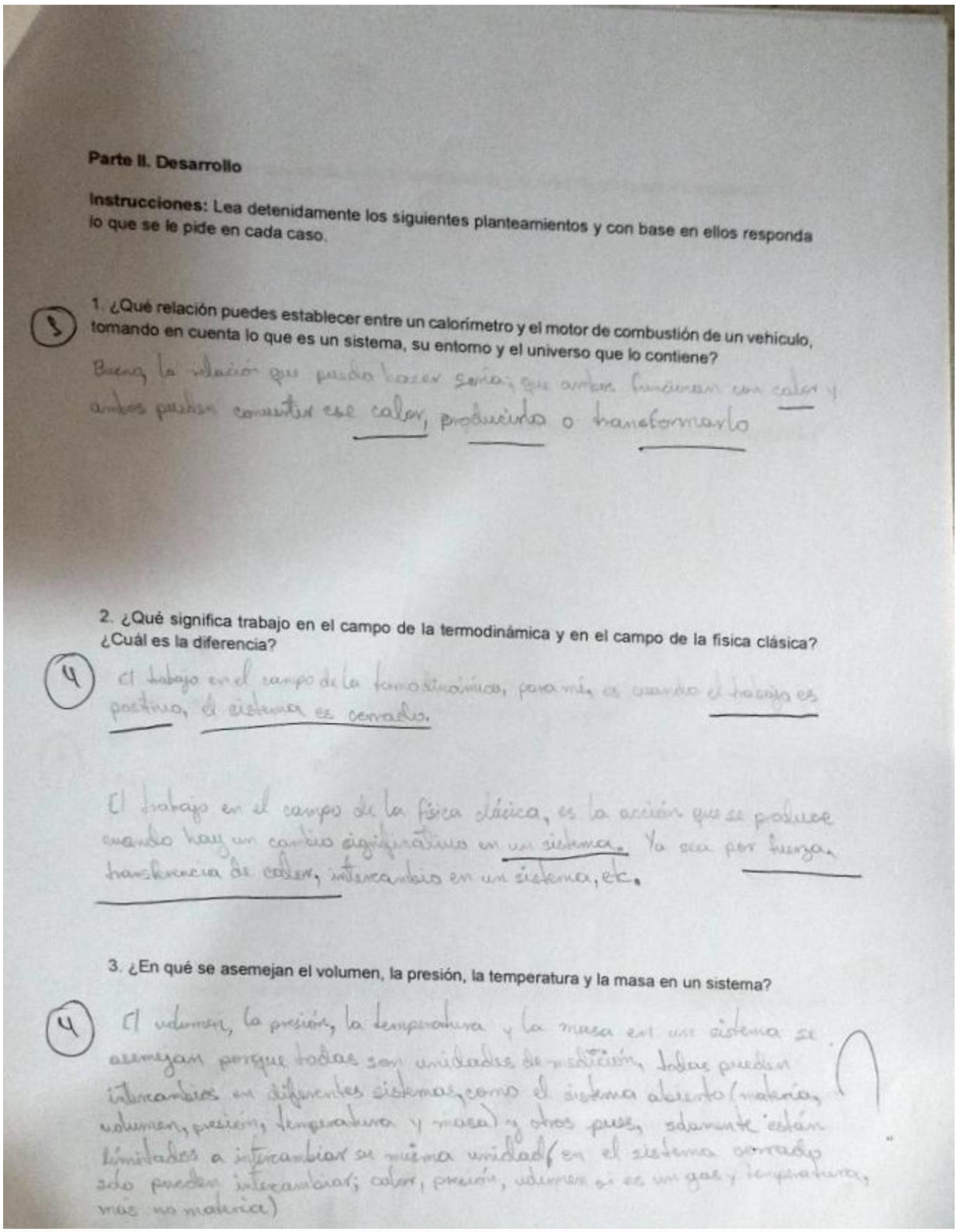
9. En un experimento de calorimetría, el intercambio de calor generalmente ocurre entre

a) El sistema y el ambiente externo al calorímetro
b) El sistema y las paredes del calorímetro
c) El sistema y el termómetro
d) El sistema y el agitador

10. El siguiente gráfico de temperatura vs. tiempo muestra un sistema donde hay:



a) Una disminución constante de la temperatura
b) Un aumento de la temperatura por la liberación de calor
c) Una temperatura constante a lo largo del tiempo.
d) Un equilibrio térmico con el entorno.



Parte II. Desarrollo

Instrucciones: Lea detenidamente los siguientes planteamientos y con base en ellos responda lo que se le pide en cada caso.

1. ¿Qué relación puedes establecer entre un calorímetro y el motor de combustión de un vehículo, tomando en cuenta lo que es un sistema, su entorno y el universo que lo contiene?

(1)

Bueno la relación que puedo hacer sería; que ambos funcionan con calor y ambos pueden convertir ese calor, producido o transformarlo

2. ¿Qué significa trabajo en el campo de la termodinámica y en el campo de la física clásica? ¿Cuál es la diferencia?

(4)

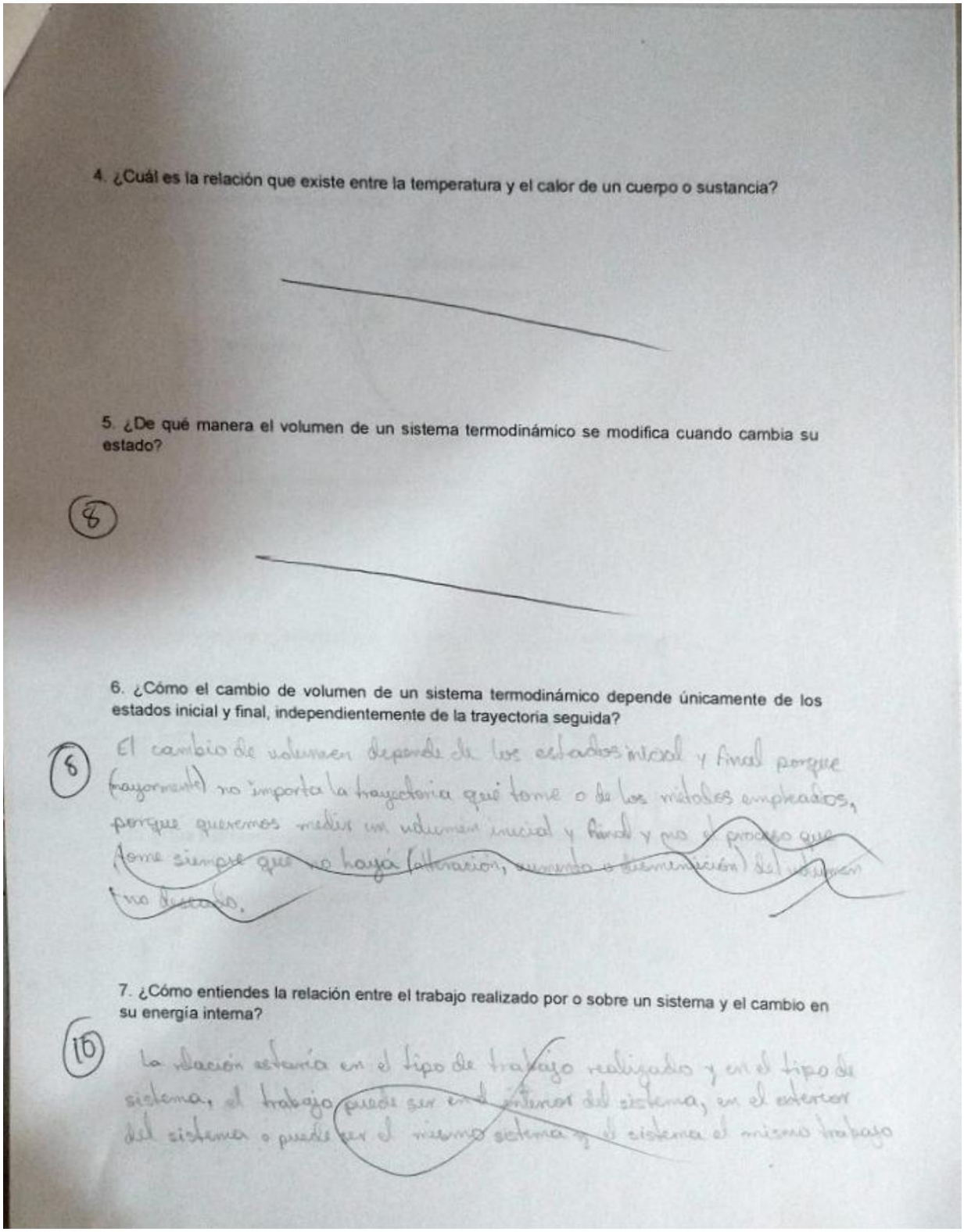
El trabajo en el campo de la termodinámica, para mí, es cuando el trabajo es positivo, el sistema es cerrado.

El trabajo en el campo de la física clásica, es la acción que se produce cuando hay un cambio significativo en un sistema. Ya sea por fuerza, transferencia de calor, intercambio en un sistema, etc.

3. ¿En qué se asemejan el volumen, la presión, la temperatura y la masa en un sistema?

(4)

El volumen, la presión, la temperatura y la masa en un sistema se asemejan porque todas son unidades de medición, todas pueden intercambiar en diferentes sistemas, como el sistema abierto (materia, volumen, presión, temperatura y masa) y otros pues, solamente están limitados a intercambiar su misma unidad (en el sistema cerrado solo pueden intercambiar; calor, presión, volumen si es un gas y temperatura, mas no materia)



4. ¿Cuál es la relación que existe entre la temperatura y el calor de un cuerpo o sustancia?

5. ¿De qué manera el volumen de un sistema termodinámico se modifica cuando cambia su estado?

(8)

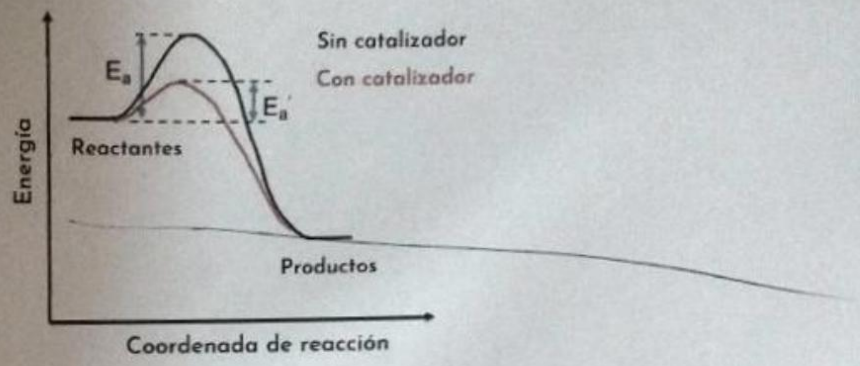
6. ¿Cómo el cambio de volumen de un sistema termodinámico depende únicamente de los estados inicial y final, independientemente de la trayectoria seguida?

(8) El cambio de volumen depende de los estados inicial y final porque (mayormente) no importa la trayectoria que tome o de los métodos empleados, porque queremos medir un volumen inicial y final y no el proceso que tome siempre que no haya (alteración, aumento o disminución) del volumen final deseado.

7. ¿Cómo entiendes la relación entre el trabajo realizado por o sobre un sistema y el cambio en su energía interna?

(10) La relación estaría en el tipo de trabajo realizado y en el tipo de sistema, el trabajo puede ser en el interior del sistema, en el exterior del sistema o puede ser el mismo sistema y el sistema el mismo trabajo

8. Describe lo que representa el diagrama de energía y cómo se relaciona con el concepto de calor y trabajo en el sistema mostrado.



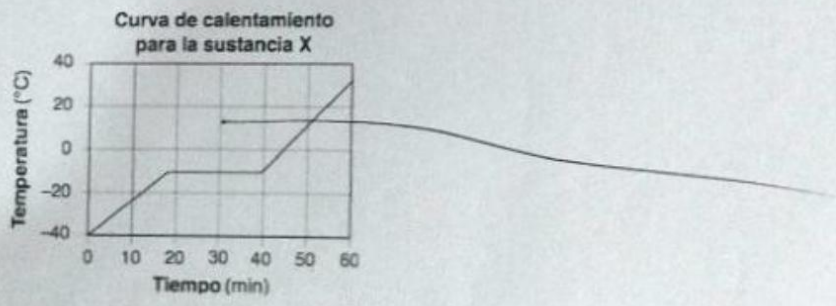
12

9. Describe con tus propias palabras la diferencia entre calor y temperatura

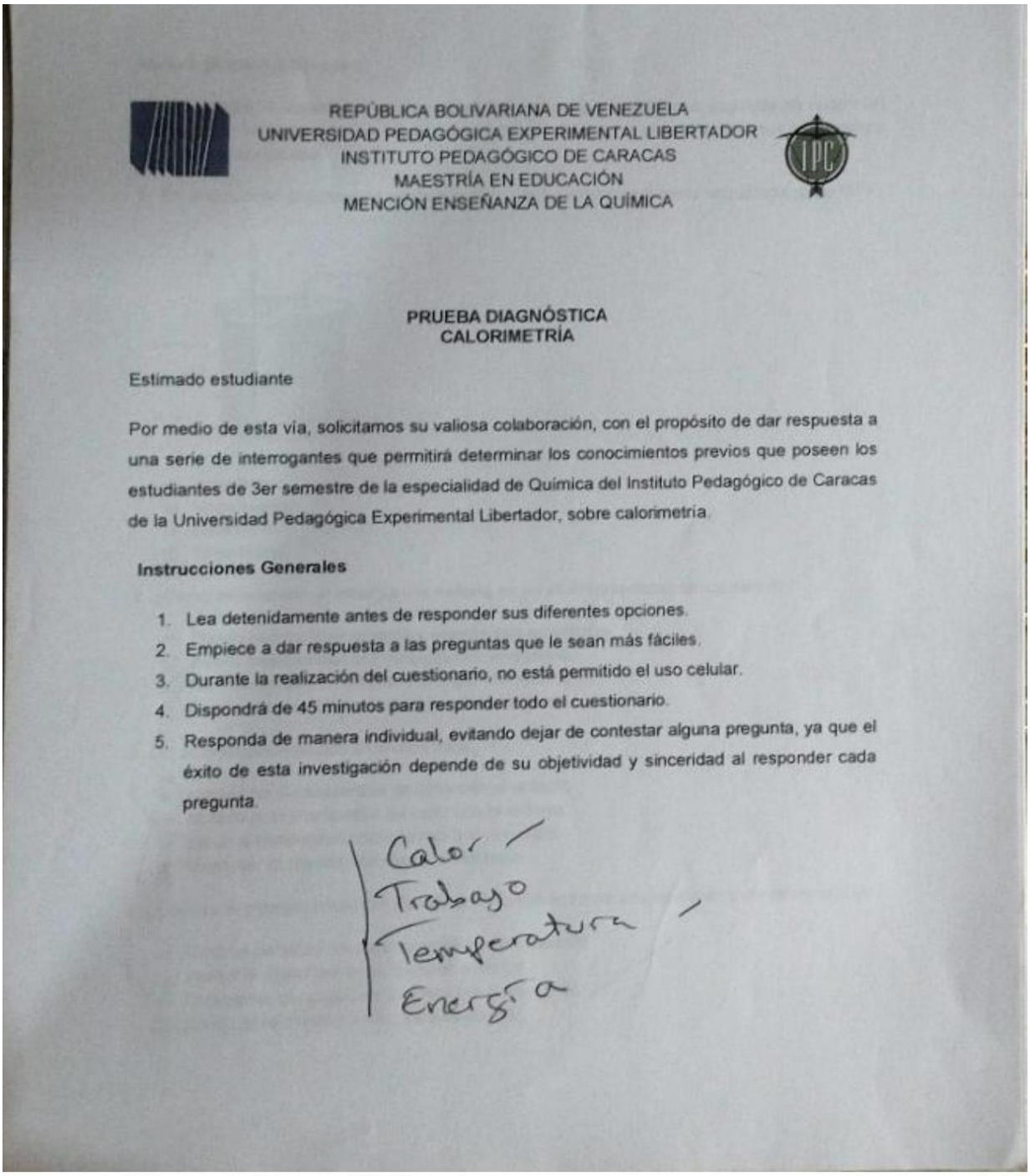
La diferencia sería que el calor es la capacidad física (por así decirlo) y la temperatura es la unidad de medición.

12

10. ¿Qué información puedes inferir sobre las propiedades térmicas de las dos sustancias a partir de la curva de calentamiento mostrada en el gráfico?



12



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR
INSTITUTO PEDAGÓGICO DE CARACAS
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN
MENCIÓN ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

PRUEBA DIAGNÓSTICA
CALORIMETRÍA

Estimado estudiante

Por medio de esta vía, solicitamos su valiosa colaboración, con el propósito de dar respuesta a una serie de interrogantes que permitirá determinar los conocimientos previos que poseen los estudiantes de 3er semestre de la especialidad de Química del Instituto Pedagógico de Caracas de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, sobre calorimetría.

Instrucciones Generales

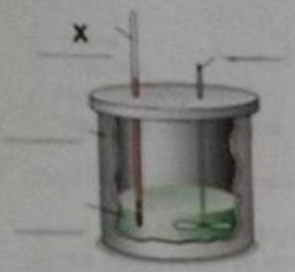
1. Lea detenidamente antes de responder sus diferentes opciones.
2. Empiece a dar respuesta a las preguntas que le sean más fáciles.
3. Durante la realización del cuestionario, no está permitido el uso celular.
4. Dispondrá de 45 minutos para responder todo el cuestionario.
5. Responda de manera individual, evitando dejar de contestar alguna pregunta, ya que el éxito de esta investigación depende de su objetividad y sinceridad al responder cada pregunta.

Calor /
Trabajo
Temperatura /
Energía

Parte I. Selección Simple

Instrucciones: A continuación, encontrará una serie de proposiciones seguidas de cuatro (4) alternativas. Seleccione la respuesta correcta encerrando en un círculo la letra que acompaña a la opción seleccionada.

1. En el siguiente diagrama de un calorímetro, ¿qué representa la parte etiquetada como "X"?



a) Agitador
b) Vaso interior
c) Aislante
d) Termómetro

2. ¿Cómo se relaciona la energía y la materia en un sistema termodinámico aislado?

a) Puede intercambiar materia y energía con su entorno.
b) Puede intercambiar solo energía con su entorno.
c) No intercambia ni materia ni energía con su entorno.
d) Puede intercambiar solo materia con su entorno.

3. Un sistema calorimétrico se diseña para:

a) Maximizar el intercambio de calor con el entorno
b) Minimizar el intercambio de calor con el entorno
c) Medir la temperatura del entorno con precisión.
d) Mantener la presión constante del sistema.

4. ¿Cuál es el principal propósito de utilizar un termómetro en un experimento de calorimetría?

a) Medir la cantidad de calor transferido directamente.
b) Indicar la velocidad de la reacción química.
c) Determinar el cambio de temperatura del sistema.
d) Controlar la presión dentro del calorímetro.

5. La unidad de medida del calor en el Sistema Internacional (SI) es:

a) Kelvin (K)
b) Grado Celsius (°C)
c) Pascal (Pa)
d) Joule (J)

6. ¿Cuál de las siguientes magnitudes físicas es una propiedad intensiva?

a) Masa
b) Volumen
c) Temperatura
d) Cantidad de sustancia

7. ¿Cuál de las siguientes opciones define mejor el significado conceptual de calor?

a) La medida de la energía interna de un sistema.
b) La transferencia de energía térmica entre sistemas a diferentes temperaturas.
c) La energía almacenada en los enlaces químicos de una sustancia.
d) La capacidad de un sistema para realizar trabajo.

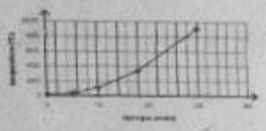
8. La energía calorífica se relaciona directamente con:

a) La masa del sistema
b) La presión del entorno
c) El movimiento de las partículas del sistema.
d) El volumen del recipiente.

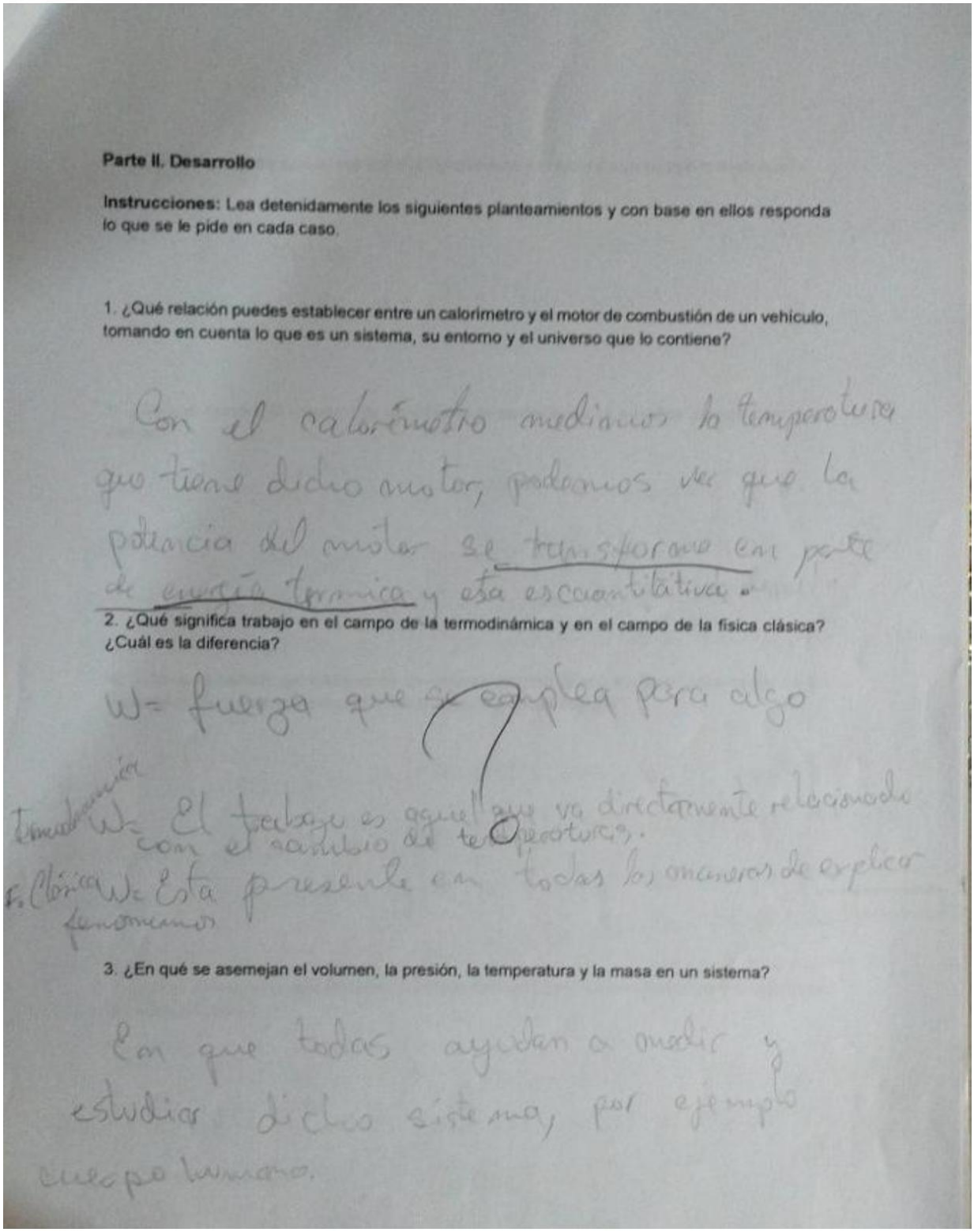
9. En un experimento de calorimetría, el intercambio de calor generalmente ocurre entre

a) El sistema y el ambiente externo al calorímetro
b) El sistema y las paredes del calorímetro
c) El sistema y el termómetro
d) El sistema y el agitador

10. El siguiente gráfico de temperatura vs. tiempo muestra un sistema donde hay:



a) Una disminución constante de la temperatura
b) Un aumento de la temperatura por la liberación de calor
c) Una temperatura constante a lo largo del tiempo.
d) Un equilibrio térmico con el entorno.



Parte II. Desarrollo

Instrucciones: Lea detenidamente los siguientes planteamientos y con base en ellos responda lo que se le pide en cada caso.

1. ¿Qué relación puedes establecer entre un calorímetro y el motor de combustión de un vehículo, tomando en cuenta lo que es un sistema, su entorno y el universo que lo contiene?

Con el calorímetro mediamos la temperatura que tiene dicho motor, podemos ver que la potencia del motor se transforma en parte de energía térmica y esa es cuantitativa.

2. ¿Qué significa trabajo en el campo de la termodinámica y en el campo de la física clásica? ¿Cuál es la diferencia?

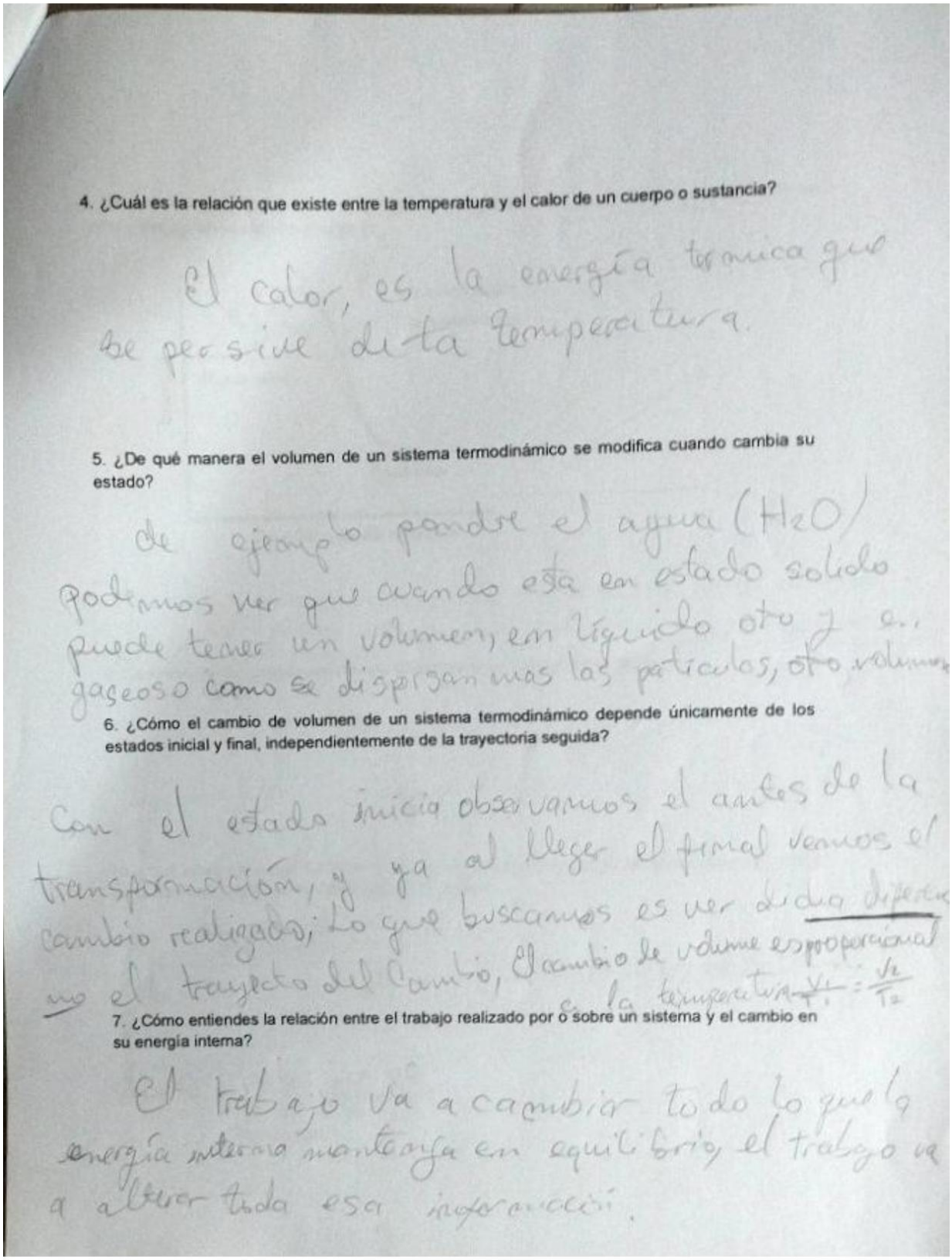
W= fuerza que se emplea para algo

Termodinámica W= El trabajo es aquel que va directamente relacionado con el cambio de temperatura.

F. Clásica W= Esta presente en todas las maneras de explicar fenomenos

3. ¿En qué se asemejan el volumen, la presión, la temperatura y la masa en un sistema?

En que todas ayudan a medir y estudiar dicho sistema, por ejemplo cuerpo humano.



4. ¿Cuál es la relación que existe entre la temperatura y el calor de un cuerpo o sustancia?

El calor, es la energía termica que se percibe de la temperatura.

5. ¿De qué manera el volumen de un sistema termodinámico se modifica cuando cambia su estado?

de ejemplo ponde el agua (H_2O) podemos ver que cuando esta en estado solido puede tener un volumen, en liquido otro y en gaseoso como se dispersan mas las paticulas, otro volumen

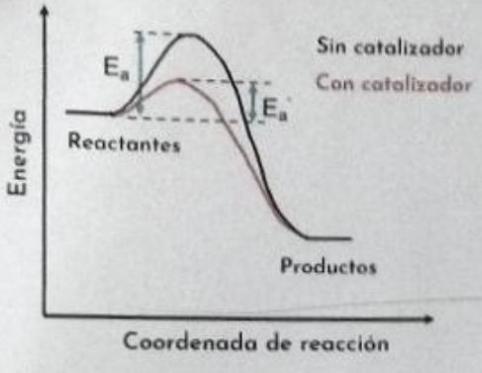
6. ¿Cómo el cambio de volumen de un sistema termodinámico depende únicamente de los estados inicial y final, independientemente de la trayectoria seguida?

Con el estado inicia observamos el antes de la transformación, y ya al llegar el final vemos el cambio realizado, Lo que buscamos es ver dicha diferencia en el trayecto del cambio, El cambio de volumen es proporcional a la temperatura $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

7. ¿Cómo entiendes la relación entre el trabajo realizado por o sobre un sistema y el cambio en su energía interna?

El trabajo va a cambiar todo lo que la energía interna mantenga en equilibrio, el trabajo va a alterar toda esa información.

8. Describe lo que representa el diagrama de energía y cómo se relaciona con el concepto de calor y trabajo en el sistema mostrado.

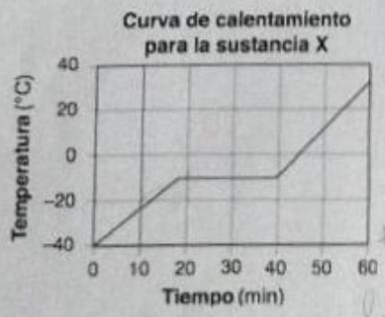


Ambos tienen un aumento de energía solo que sin catalizador aumenta, y luego disminuye cuando alcanza su máximo punto.

9. Describe con tus propias palabras la diferencia entre calor y temperatura

El calor lo percibimos
la temperatura es lo que tiene un cuerpo. ✓

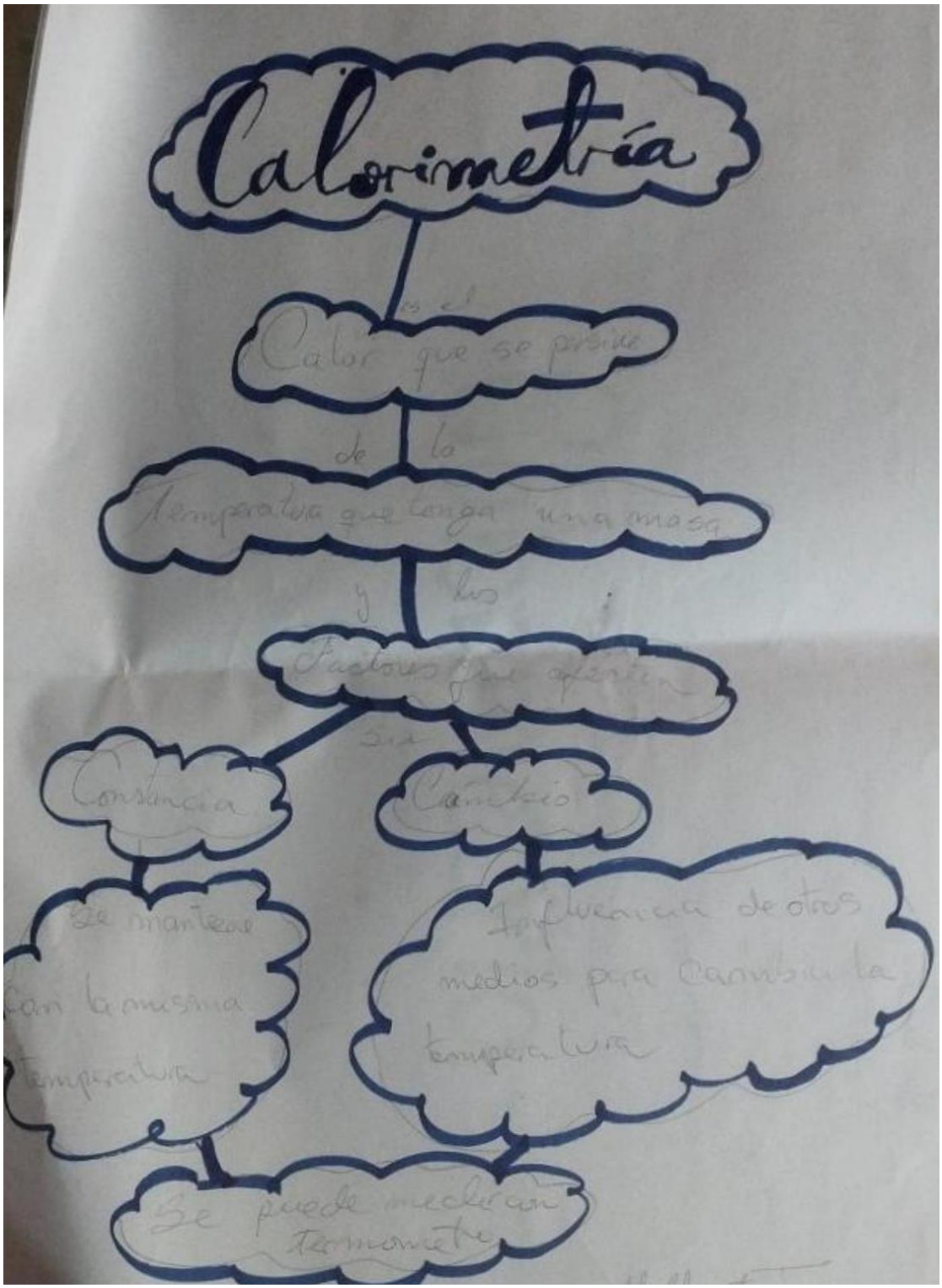
10. ¿Qué información puedes inferir sobre las propiedades térmicas de las dos sustancias a partir de la curva de calentamiento mostrada en el gráfico?

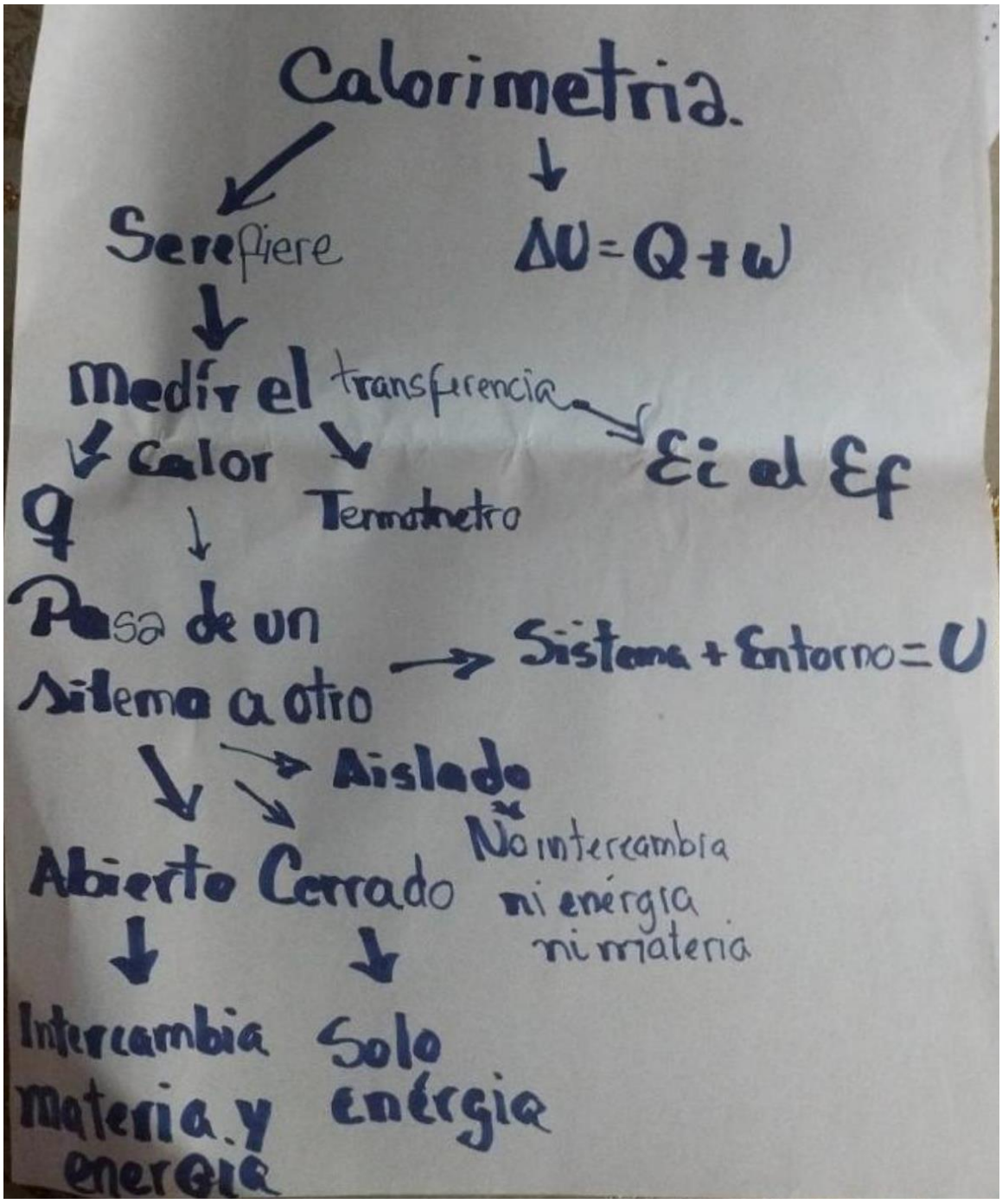


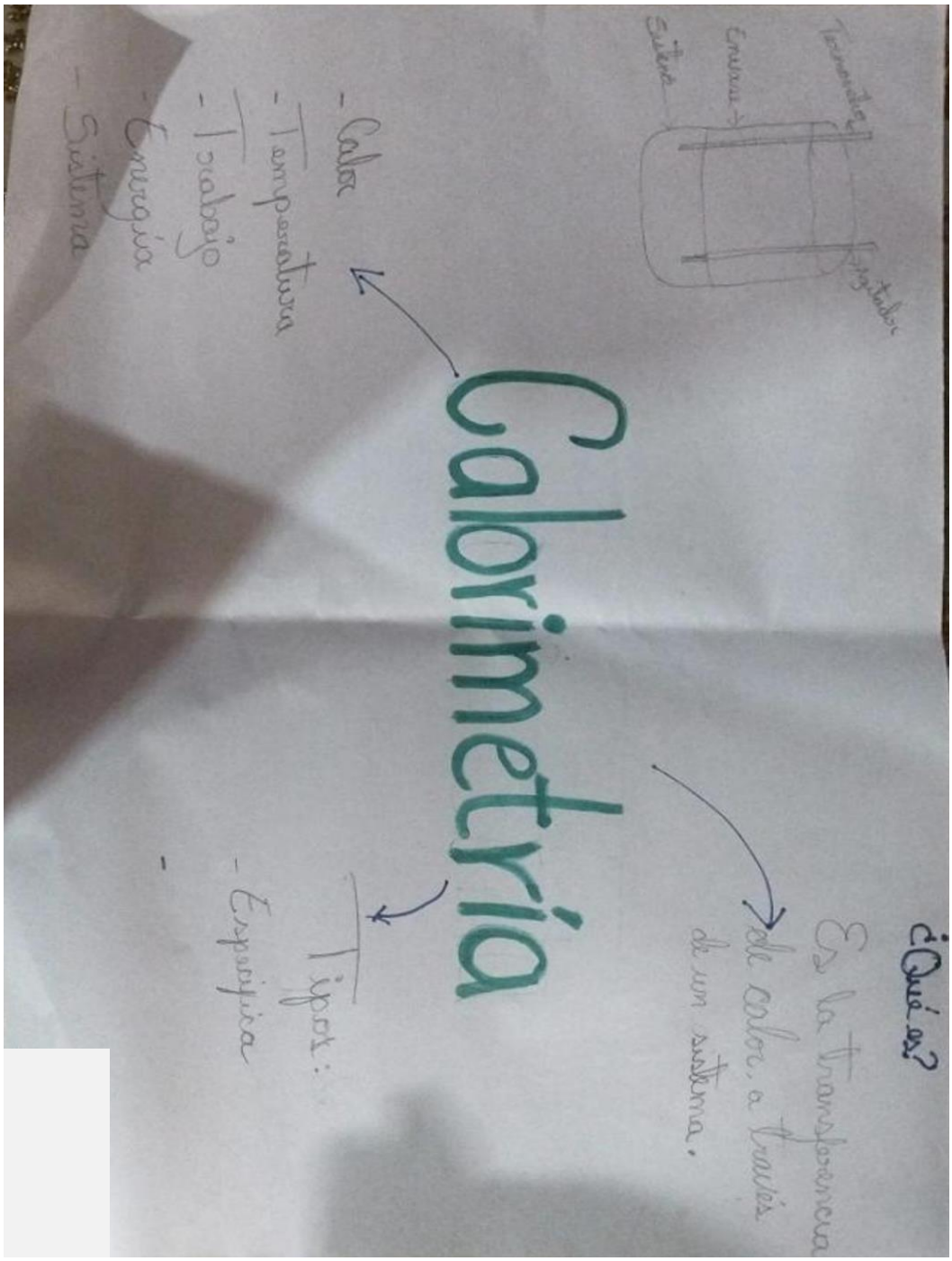
a medida que avanza el tiempo, aumenta la temperatura luego alcanza un equilibrio y después sigue aumentando.

ANEXO A-4

Evidencias Mapa Conceptual




Calorimetria
Se refiere
ΔU = Q + W
Medir el
transferencia
Calor
Termometro
Ei el Ef
q
Pasa de un
sistema a otro
Sistema + Entorno = U
Aislado
No intercambia
ni energia
ni materia
Abierto
Cerrado
Intercambia
materia y
energia
Solo
energia


¿Qué es?
Es la transferencia
del calor, a través
de un sistema.
Calorimetría
- Calor
- Temperatura
- Trabajo
- Energía
- Sistema
Tipos:
- Espontánea
Termómetro
Entrada
Salida
Agitador

RESEÑA CURRICULAR DEL AUTOR

Fernando Enrique Rodríguez Bernal es Profesor de Química, egresado de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador - Instituto Pedagógico de Caracas (UPEL-IPC). Actualmente es cursante de la Maestría en Educación, Mención Enseñanza de la Química en la misma casa de estudios.

Su trayectoria profesional académica y docente abarca el desempeño como Profesor Ordinario y Jefe de la Cátedra de Fisicoquímica en el UPEL-IPC, institución donde también ha ejercido roles de auxiliar docente, preparador y profesor contratado. En el ámbito de la Educación Media General, se ha desempeñado como docente de Química en el U.E.P. Colegio Nuestra Señora de la Consolación. En el sector técnico e industrial, ejerció como Jefe de Análisis Especiales y Analista Químico en el Instituto Nacional de Nutrición (INN).

En el campo de la investigación y la divulgación científica, es miembro activo del Centro de Investigación de Ciencias Naturales "Profesor Manuel Ángel González Sponga" (CICNAT). Ha participado como integrante del Comité Científico - Tecnológico del Estado Miranda (2023-2025) y en la organización y evaluación de eventos nacionales como las Olimpiadas Nacionales de Petróleo y Gas (PDVSA) y la Olimpíada Venezolana de Química (AVOQUIM). Posee un perfil caracterizado por el desarrollo de ponencias e investigaciones enfocadas en las unidades didácticas para la enseñanza de la química, la química lúdica y computacional, la filosofía de la ciencia y la alfabetización científica.

Cuenta con formación continua certificada en metrología, normas ISO/IEC 17025 y control de calidad analítico por la Red Interamericana de Laboratorios de Análisis de Alimentos (RILAA) e INTEVEP, así como diplomados y cursos de actualización en nanociencia (IVIC), tecnologías de la información y la comunicación (TIC), programación con Python y didáctica de las ciencias naturales.

JULIA LUISA FLORES ESPEJO

Reseña curricular



Venezolana de nacimiento. Realizó estudios de Inglés en Ohio Wesleyan University (USA). Obtuvo una Licenciatura en Ciencias (área de Botánica) en North Carolina State University (USA); egresó como Profesora de Química y Ciencias Generales y como Magister en Enseñanza de la Química de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas. Obtuvo el Doctorado en Enseñanza de las Ciencias en la Universidad de Burgos (España). Es docente en la categoría académica de titular en la Cátedra de Bioquímica del Instituto Pedagógico de Caracas de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL), en la que ha dictado los cursos: Bioquímica, Bioquímica Estructural, Bioquímica Metabólica, Nutrición, Bioenergética, Proyectos en Química Aplicada. En postgrado ha dictado: Historia y Epistemología de la Ciencia, Teoría Crítica, Bases Epistémicas de la Educación, Ética del Investigador, Didáctica de la Química, Metodología de la Investigación, Tutoría y Tutoría II. Tutora de investigación en pregrado y postgrado (especialización, maestría, doctorado y postdoctorado).

Ha ejercido cargos de responsabilidad: Jefatura de la Cátedra de Bioquímica, Jefatura del Servicio de Centralización Académica, Coordinación de la Maestría en Educación Mención Enseñanza de la Química, Coordinación de Estudios de Postgrado No Conducentes a Grado Académico, Coordinación General de Estudios de Postgrado, Coordinadora Nacional del Programa Doctoral y Postdoctoral. Es actualmente Coordinadora Nacional del Programa de Investigación e Innovación y miembro activo de la Comisión Central de Currículo de la UPEL. Ha sido calificada en el Programa de Estímulo a la Innovación e Investigación como Investigadora B. Ha sido autora de textos escolares de la educación primaria y secundaria. Tiene publicaciones en revistas arbitradas nacionales e internacionales. Es investigadora activa en el área de aprendizaje significativo, el laboratorio didáctico de ciencias, análisis químico de productos comerciales y epistemología en la formación docente. Es la creadora y coordinadora de la línea de investigación *Epistemología en la Formación Docente en Ciencias*. Algunos artículos publicados son los siguientes:

1. Flores-Espejo, J. L., Gamardo-Hernández, P. F., Millán-Boadas, Z., Pineda Marcano, Y., Pérez Rengifo, A., Guzmán-Grabán, P. y Ruiz-Maza, E. (2026). Valoración de la capacidad funcional del ciclista amateur

mediante prueba de Astrand: impacto sobre la satisfacción de logro académico en un programa de postgrado. *Investigación y Postgrado, 41*(2), 43-61.

2. Flores Espejo, J. L. (2025). Experiencia fenomenológica wojtyliana en torno a aportes de investigación para el aprendizaje significativo de aspectos epistemológicos de la naturaleza de la ciencia. *Revista de Investigación, 40*(1), 2025, 9-31.
3. Flores Espejo, J. L. (2024). El hombre frente a la técnica y la ciencia: una comprensión garcíabacciana desde el raciovitalismo. *Gaceta de Pedagogía, 50*, 228-243.
4. Flores Espejo, J. L. (2024). El filosofar garcíabacciano sobre el espacio físico: aporte educativo. *Revista Educare, 28 Espejo* (1), 166-184.
5. Agudelo Pereira, A. M. y Flores, J.L. (2021). Modelo de perfil profesional docente para la educación del siglo XXI. *Revista de Investigación,.45*(104), 17-49.
6. Flores Espejo, J.L., Corros Bacca, P.M. y Torres, L. O. (2021). La pandemia COVID-19: Reflexión pedagógica desde el valor de la vida bajo una mirada garciabacciana. *Revista Arjé, 14*(27), 473-492).
7. Flores Espejo, J.L. (2021). Construcción de significados sobre naturaleza de la ciencia: su investigación y valoración desde el aprendizaje significativo. *Aprendizagem Significativa em Revista, 11*(45), 01-23.
8. Flores Espejo, J.L. (2020). Construcción reflexiva de enunciados epistemológicos en el laboratorio de bioquímica de la UPEL-IPC: Una experiencia exploratoria. *Horizontes, 4*(15), 211-233.
9. Flores Espejo, J.L. (2020). Satisfacción de logro académico en el laboratorio didáctico de bioquímica de la UPEL-IPC: un acercamiento ausubeliano. *Aprendizagem Significativa em Revista, 10*(3), 11-23.
10. Camejo Aviles, I. E., Flores Espejo, J. L. y Galembeck, E. (2020). UEPS sobre el enfoque epistemológico y remoto del laboratorio didáctico: evidencias de aprendizaje significativo de profesores de ciencias. *Aprendizagem Significativa em Revista, 10*(1), 33-45.
11. Flores Espejo, J.L. (2019). Los datos en ciencias desde su concepción original a la actual: un aporte para la reflexión docente. *Revista Arjé, 13*(25), 310-322.
12. Torres, L. y Flores-Espejo, J.L. (2019). Progresividad del aprendizaje sobre el concepto de hidrólisis enzimática en el laboratorio usando mapas conceptuales. *Sinopsis Educativa. Revista Venezolana de Investigación,*19(2), 100-112.
13. Flores Espejo, J.L. (2018). Evaluación del aprendizaje significativo con criterios ausubelianos prácticos. Un aporte desde la enseñanza de la bioquímica. *Revista de Investigación y Postgrado, 33*(2), 9-29.
14. Flores Espejo, J.L (2018). Vivencia de aprendizaje sobre significados de naturaleza de la ciencia en un postgrado: mirada fenomenológica. *Gaceta de Pedagogía, 37*, 191-224.
15. Flores Espejo, J.L. et. al. (2018). Grupo interdisciplinario de investigación postdoctoral en educación (GIPDE): experiencia de su creación en la UPEL-IPC. *Gaceta de Pedagogía, 37*, 38-75.
16. Flores Espejo, J. y Moreira, M.A. (2018). Los conocimientos previos como variable ausubeliana de aprendizaje significativo en el laboratorio bajo enfoques didácticos diferentes. *Aprendizagem Significativa em Revista, 8*(3), 01-11.
17. Contreras, Y., Flores Espejo, J.L. y Petillo Flores, P. (2017). Comparación del perfil de ácidos grasos de lípidos totales de tres marcas comerciales de papas fritas tipo snack de consumo en Venezuela. *Revista de Investigación, 41*(90), 134- 154.

18. Flores-Espejo, J.L (2017). Un fundamento teórico sobre los datos: aportes para la reflexión epistemológica en el laboratorio didáctico de ciencias. *Investigações em Ensino de Ciências. 22*(2), 17-32.

19. Cris, L. y Flores E., J.L. (2017). La habilidad comunicativa escrita bajo diferentes formas de agrupación en el laboratorio de química con una orientación investigativa. *Revista Educación Superior y Sociedad, 18*, 21-40.

20. Flores Espejo, J.L. y Moreira, M.A. (2016). La actitud de aprendizaje en el laboratorio de ciencias: diseño de un instrumento con fundamento teórico ausubeliano. *Aprendizagem Significativa em Revista, 6*(3), 89-101.

21. Flores, J., Caballero, M.C. y Moreira, M.A. (2014). Los mapas conceptuales como instrumentos evaluativos del nivel de construcción integrativa de significados en el laboratorio de bioquímica bajo un enfoque constructivista. *Investigações em Ensino de Ciências. 19*(3), 611-624.

22. Flores, J., Caballero, M.C. y Moreira, M.A. (2013). Una interpretación de la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel en el contexto del laboratorio didáctico de ciencias. *Aprendizagem Significativa em Revista, 3*(3), 41-54.

23. Flores, J., Caballero, M.C. y Moreira, M.A. (2013). Ideas epistemológicas sobre la naturaleza de la ciencia de docentes en formación de Biología y Química. *Revista Qurriculum, 26*, 101-133.

24. Flores, J. y Arcángel, B. (2012). *Significados de los Cursos de Educación Superior para Fines de Administración Curricular: Ejemplificación Aplicativa en el Postgrado*. Caracas: Imprenta Gerardo A. Toro del IPC.

25. Flores, J., Caballero, M.C. y Moreira, M.A. (2011). Construcción de un marco teórico/conceptual para abordar el trabajo de laboratorio usando el diagrama V: un estudio de caso de la UPEL/IPC. *Revista de Investigación, 35*(73), 241-266.

26. Flores, J., Caballero, M.C. y Moreira, M.A. (2009). El laboratorio en la enseñanza de la Química: una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación, 33*(68), 75-112.

27. Flores, J., Caballero, M.C. y Moreira, M.A. (2008). Una interpretación aproximada del concepto de hidrólisis en estructuras peptídicas en un curso de Bioquímica del IPC en el contexto de la Teoría de los campos Conceptuales de Vergnaud. *Revista de Investigación, 64*, 135-159.

28. Contreras, Y. y Flores, J. (2001). Análisis del contenido de carbohidratos no estructurales presentes en hojas de tres especies de palmas atacadas por larvas de *Brassolis sophorae* (L., 1758). *Revista de Investigación, 49*, 67-77.