

**ALGUNOS APORTES DE LA PERSPECTIVA FENOMENOLÓGICA A LA
ENSEÑANZA DE LA CAÍDA DE LOS CUERPOS EN DIFERENTES MEDIOS**

LEONARDO ESCAMILLA BALLÉN

ASESORES

LILIANA TARAZONA VARGAS

FRANCISCO OROZCO GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES

Bogotá D.C

2024

“Para todos los efectos, declaro que el presente trabajo es original y de mi total autoría: en aquellos casos en los cuales he requerido del trabajo de otros autores o investigadores, he dado los respectivos créditos”.

Agradecimientos

Quiero agradecer primeramente a Dios, quien ha sido mi guía en todo este trayecto y me ha llevado hasta donde estoy ahora. A mis padres y hermanos y, especialmente, a mi madre, Blanca Janeth, por estar siempre de forma incondicional. A mi amada mujer, quien con su consejo me ayudaba a despejar la mente y poder seguir adelante en cada crisis. A mis queridos asesores, quienes no dudaron de mí y me instruyeron de la mejor manera con cada consejo y asesoría. A mi querida Pedagógica, pues me ha permitido decidir y tomar un camino de acuerdo con mi vocación.

A todos aquellos que, de una u otra forma, me llevan en sus recuerdos y leen estas palabras que sustentan mi cordura en tiempos de locura.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO 1: DISEÑO INVESTIGATIVO	11
Preocupaciones en torno a la enseñanza de la caída de los cuerpos	11
Origen y justificación de la investigación.....	16
Relación entre formalización y perspectiva fenomenológica	19
Tipos de formalización y su relación con el lenguaje	22
La experimentación en la clase de ciencias	24
Sentido de la actividad docente en la construcción de fenomenologías	26
La caída de los cuerpos en diferentes medios: Mirada histórica.....	30
Pregunta de investigación y objetivos.....	33
Marco metodológico	34
Fases de la investigación.....	36
CAPÍTULO 2: CAÍDA DE LOS CUERPOS	39
Caída de los cuerpos a lo largo de la historia.....	39
Organización de cualidades para procesos de formalización.....	46
Estudio de la caída de cuerpos en diferentes medios	48
Viscosidad en los fenómenos de movimiento	51
Relación experimento – formalización en el estudio de la caída de los cuerpos en diferentes medios ..	54
CAPÍTULO 3: DELIMITACIÓN DE LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL	57
Criterios para la selección de medios.....	58
Criterios para la selección de cuerpos que caen en el aire	59
Caída de esferas de metal en otros medios	61
Criterios de orden pedagógico	62
Actividad experimental propia.....	64
Observaciones en cuanto a la caída de las esferas dentro de los tubos	67
Procesos de formalización en la caída de los cuerpos.....	68
Dificultades experimentales.....	70
CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE AULA	72
Caracterización de la población	72
Diseño de la propuesta de aula.....	74
Análisis de la actividad experimental	77

Caída de diferentes cuerpos en el aire.....	77
Caída de cuerpos en diferentes medios	89
Síntesis de la actividad experimental	99
Formas de hablar, representar e inferir de los estudiantes	108
REFLEXIONES FINALES.....	113
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	118
Anexo 1. Organización simplificada de la actividad experimental.....	121
Anexo 2. Guía de trabajo – Semana 1.....	123
Anexo 3. Guía de trabajo – Semana 2.....	126
Anexo 4. Guía de trabajo – Semana 3.....	131

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Perspectiva fenomenológica para procesos de formalización. Fuente: Elaboración propia ..	16
Ilustración 2 Construcción de fenomenologías. Fuente: Elaboración propia con base en ideas de Una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de las ciencias (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala, & Tarazona, 2018)	35
Ilustración 3 Fases de la investigación. Fuente: Elaboración propia.	38
Ilustración 4 Síntesis histórica sobre la caída de los cuerpos. Fuente: Elaboración propia.	45
Ilustración 5 Organización de los efectos sensibles para la comprensión de la caída en diferentes medios. Elaboración propia con base en las ideas referentes a El efecto Volta. Un caso de estudio sobre la producción de efectos sensibles y los procesos de teorización en ciencias. (Garzón, et al, 2020).	50
Ilustración 6 Cuerpos seleccionados para la práctica en aire. Fuente: Elaboración propia.....	60
Ilustración 7 Esferas de metal utilizadas en la práctica experimental. Fuente: Elaboración propia.	61
Ilustración 8 Tubos utilizados en la práctica experimental propia. Fuente: Elaboración propia.	62
Ilustración 9 Ejercicio experimental: Diferentes momentos de la caída. Fuente: Elaboración propia.	65
Ilustración 10 Analogías generadas por los estudiantes en torno a la caída de objetos específicos. Elaboración propia.	78
Ilustración 11 Estudiantes dejando caer diferentes objetos desde diferentes alturas. Elaboración propia. .	84
Ilustración 12 Toma de alturas por parte de los estudiantes a través del uso de nuevas tecnologías. Elaboración propia.	89

Ilustración 13 Diferentes tubos usados en la práctica experimental con los estudiantes. Elaboración propia.	90
Ilustración 14 Esferas de metal utilizadas en la práctica. Fuente: Elaboración propia.	90
Ilustración 15 Análisis de los estudiantes en torno a la caída de esferas dentro de tubos con jabón líquido. Elaboración propia.	92
Ilustración 16 Time lapse de la caída de varias esferas dentro de un tubo con jabón. Elaboración propia.	94
Ilustración 17 Análisis de los estudiantes en torno a la caída de esferas dentro de tubos con agua. Elaboración propia.	98
Ilustración 18 Análisis de los estudiantes en torno a la caída de esferas dentro de tubos con aceite. Elaboración propia.	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Análisis de textos académicos sobre Modelos de caída de los cuerpos. Fuente: Elaboración propia.	33
Tabla 2 Medidas de algunos tubos utilizados en la práctica experimental propia. Fuente: Elaboración propia.	64
Tabla 3 Relación de tiempos de caída para esferas a través de tubos. Fuente: Elaboración propia.	66
Tabla 4 Relación de velocidad para caída de esferas a través de varios medios. Fuente: Elaboración propia.	66
Tabla 5 Estructuración de la actividad experimental con los estudiantes. Fuente: Elaboración propia.	75
Tabla 6 Instrumentos de recolección de datos. Fuente: Elaboración propia.	76
Tabla 7 Evidencias escritas de los estudiantes sobre el primer momento, 1er pregunta. Elaboración propia.	79
Tabla 8 Evidencias gráficas y escritas de los estudiantes sobre el primer momento, 2da pregunta. Elaboración propia.	80
Tabla 9 Evidencias gráficas de los estudiantes sobre el primer momento. Elaboración propia.	83
Tabla 10 Evidencias escritas de los estudiantes sobre el segundo momento. Elaboración propia.	85
Tabla 11 Evidencias gráficas de los estudiantes sobre el segundo momento. Elaboración propia.	86
Tabla 12 Evidencias gráficas de los estudiantes sobre el tercer momento. Elaboración propia.	88
Tabla 13 Datos sobre las esferas usadas en los diferentes experimentos. Elaboración propia.	93
Tabla 14 Algunas precisiones de los estudiantes durante las prácticas con líquidos. Elaboración propia.	93

Tabla 15 Representación gráfica, explicación de los estudiantes y análisis del docente frente a la caída de diversas esferas en diferentes medios. Elaboración propia.	95
Tabla 16 Comparación y análisis de diversas caídas en diferentes medios y tubos. Elaboración propia. ..	97
Tabla 17 Algunos comentarios de estudiantes en torno a la influencia de algunas variables asociadas a las esferas, las sustancias y los tubos. Fuente: Elaboración propia.	100
Tabla 18 Conversación con estudiantes en torno a pregunta específica. Fuente: Elaboración propia.	102
Tabla 19 Análisis de ideas finales de algunos grupos. Fuente: Elaboración propia.	107
Tabla 20 Organización de la actividad experimental con los estudiantes. Fuente: Elaboración propia ...	122

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la física, y en particular el estudio de fenómenos como la caída de los cuerpos, presenta un desafío significativo en el ámbito educativo. Este fenómeno, aunque cotidiano, encierra complejidades que requieren un enfoque pedagógico que trascienda la mera transmisión de conocimientos. En este contexto, el presente trabajo se centra en la integración de aportes de la fenomenología al estudio de la caída de los cuerpos, destacando los procesos de formalización como un eje fundamental para la construcción del conocimiento sobre este fenómeno. Al respecto, se considera la pregunta de investigación ***¿Cómo la perspectiva fenomenológica aporta a los procesos de formalización en la enseñanza de la caída de los cuerpos en diferentes medios?*** Y, como objetivo general, formular algunos aportes de orden histórico, experimental y pedagógico de la perspectiva fenomenológica a la enseñanza de la caída de los cuerpos en diferentes medios. La fenomenología, al centrarse en la experiencia y la observación (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala, & Tarazona, 2018), ofrece un marco valioso para comprender cómo el maestro construye el fenómeno con el fin de construir propuestas de enseñanza coherentes con la perspectiva y que permita a los estudiantes interactuar con el fenómeno de la caída de cuerpos. A través de la actividad experimental, se busca fomentar la construcción de magnitudes y la formalización tanto pragmática como matemática, permitiendo a los estudiantes desarrollar un lenguaje propio para hablar, representar e inferir sobre el fenómeno. Este enfoque no solo enriquece la comprensión conceptual, sino que también da una mirada de la actividad científica en la que la teoría y la práctica están conectadas.

A lo largo del documento, se abordarán las implicaciones de este enfoque fenomenológico en la enseñanza de la física, analizando cómo la actividad experimental y los procesos de formalización pueden contribuir a una construcción conceptual respecto a la cual se pueda dar cuenta de las formas de hablar, representar e inferir sobre el fenómeno de la caída de cuerpos. Desde esta perspectiva se han diseñado un conjunto de actividades que facilitan la exploración del fenómeno de la caída de cuerpos, orientadas a que los estudiantes puedan experimentar y reflexionar sobre sus observaciones. Estas actividades están alineadas con las reflexiones sobre el rol del docente y del estudiante en el proceso de aprendizaje, donde el maestro actúa como mediador y guía en la construcción del conocimiento. La formalización de las experiencias vividas en el aula se convierte

en un proceso clave, ya que permite a los estudiantes estructurar sus ideas y comprender las relaciones entre los conceptos físicos involucrados.

Este trabajo se subdivide en 5 capítulos de la siguiente manera: en el primer capítulo se da cuenta del contexto problemático de la investigación, promoviendo la necesidad del estudio de la caída de los cuerpos en diferentes medios y problematizando sobre la construcción de formas de impartirlo en la educación tradicional. Se considera también la justificación, la pregunta problema y los objetivos de la investigación.

El segundo capítulo corresponde a la formulación de algunos aportes de orden histórico de la caída de los cuerpos en diferentes medios, en el que se expone la formalización de algunos autores como Aristóteles, Galileo, Beckmaan, Descartes, entre otros, sobre el fenómeno a través de relaciones entre variables importantes a considerar sobre los cuerpos, tales como la velocidad, el tamaño, la forma, y los medios, tales como la viscosidad, la densidad y la resistencia.

El tercer capítulo corresponde a la delimitación de la actividad experimental a través de la experiencia del investigador y un conjunto de criterios que permiten delimitar la actividad experimental que da cuenta de formas de hablar, representar e inferir sobre el fenómeno de la caída de los cuerpos en diferentes medios.

El cuarto capítulo corresponde a la propuesta de aula e implementación de la actividad experimental, así como su posterior sistematización a través de los aportes de la fenomenología a los procesos de formalización decantados en el tercer capítulo y que da cuenta de las formas de hablar, representar e inferir sobre el fenómeno por parte de los estudiantes.

Finalmente, el quinto capítulo corresponde a las reflexiones finales de la investigación dando respuesta a la pregunta problema como a los objetivos planteados en el primer capítulo, además de algunas reflexiones que el investigador considera sobre los procesos de formalización para la investigación realizada, tales como su importancia en los procesos de construcción de conocimiento, análisis de la interpretación sobre el fenómeno de los estudiantes y aportes de índole histórico, experimental y pedagógico de la investigación haciendo hincapié en que se espera que este trabajo no solo aporte a la reflexión sobre la práctica docente, sino que también sirva como base para futuras investigaciones que continúen explorando la intersección entre la fenomenología y la enseñanza de la ciencia desde una mirada conjunta entre teoría y práctica.

CAPÍTULO 1: DISEÑO INVESTIGATIVO

En el siguiente capítulo se presentan algunas consideraciones que permitieron al autor dar cuenta de la configuración de un problema de investigación que parte de la práctica de enseñanza del fenómeno de la caída de los cuerpos en diferentes medios y la imagen de ciencia que se muestra ante los estudiantes. Además, se propone una forma para abordar cada una de las diversas problemáticas que preceden al estudio del fenómeno, que, en ocasiones, de acuerdo con la enseñanza tradicional, se opta por idealizar los fenómenos y presentarlos, en la clase de física, particularmente, por medio de ecuaciones que no dan cuenta de la diferencia entre un contexto y otro, entre una preocupación y otra. Por lo anterior, surge la necesidad de reflexionar sobre el tipo de enseñanza que se da en la física en cuanto a la perspectiva que se tiene del fenómeno y su relación con procesos de formalización en la enseñanza de las ciencias.

Preocupaciones en torno a la enseñanza de la caída de los cuerpos

A continuación, se hace precisión frente a algunas preocupaciones que se evidencian desde el rol de docente en el área de ciencias en torno al fenómeno de la caída de los cuerpos en diferentes medios. Se hace precisión frente al privilegio de las ecuaciones como modelo explicativo de la caída de los cuerpos, así como la experimentación como medio de comprobación de la teoría y, por último, pero no menos importante, la formalización que, en ocasiones, se vislumbra a través de modelos matemáticos que explican una relación entre variables limitada a situaciones muy específicas.

Privilegio de las ecuaciones como modelo explicativo

La caída de los cuerpos es un fenómeno fundamental en el estudio de la física, que ha sido objeto de análisis y reflexión a lo largo de la historia de la ciencia. Desde la caída libre se ha explorado cómo los cuerpos se mueven bajo la influencia y relación de la gravedad y algunas otras variables mecánicas asociadas a la cinemática, sin considerar la resistencia del aire u otros factores externos. Esta forma de movimiento, descrita por ecuaciones como las del Movimiento Uniforme Acelerado (MUA), ha permitido comprender aspectos clave de la dinámica de los cuerpos en caída, pero ha dejado de lado aspectos en relación con las condiciones que permitan que un cuerpo caiga de una u otra manera.

Cuando la enseñanza de la caída libre se centra en describir numéricamente alguna de las variables asociadas a una ecuación sin contexto, definiendo la caída como igual para todo cuerpo en todo contexto, e inclusive, sin hacer hincapié en la forma del cuerpo que cae, se cae, valga la redundancia, en errores conceptuales que dan por sentado la comprensión del fenómeno sin acudir, en ocasiones, a experimentos que den cuenta de lo planteado. Y aunque así fuera el caso, y se lograra desarrollar una experiencia práctica, en ocasiones se acude a hechos comprobatorios para dar cuenta de la validez de los modelos matemáticos.

Esta preocupación tampoco se soluciona incluyendo más variables para analizar a la vez, ni modelando otro tipo de ecuaciones que vinculen todos los posibles factores que atañen la caída de los cuerpos en diferentes medios; pues incluir un modelo matemático con la mayor cantidad de variables a analizar no implica que corresponda a comprender el fenómeno de una mejor manera. El presente trabajo propende por dar cuenta de diversas explicaciones en cuanto al fenómeno de acuerdo con las diversas preocupaciones que centren su atención en el cuerpo, en el medio y en su interacción, para dar cuenta de formas de hablar, representar e inferir sobre el fenómeno, es así como, por ejemplo, variables asociadas al medio, como la viscosidad, se consideran, para el autor, aspectos a tener en cuenta para explicar, por ejemplo, la diferencia de caída entre una hoja de papel extendida y otra hoja apretada en forma casi esférica desde diferentes preocupaciones que atañen a su caída en un medio.

Sin embargo, al introducir el factor de la viscosidad en el medio de caída, el fenómeno de la caída de los cuerpos adquiere una complejidad adicional que amplía el concepto de caída. La presencia de un medio viscoso, como un fluido con resistencia al movimiento, impacta en la velocidad y la trayectoria de los cuerpos en caída, generando nuevas variables a considerar en el análisis del fenómeno, lo cual genera que ya no sea suficiente pensar en la caída libre. Ante esto es posible plantear preguntas como: ¿Qué aspectos de orden disciplinar y pedagógico emergen al considerar la viscosidad como una variable relevante en el estudio de la caída de los cuerpos?, o ¿Cómo se relacionan las ecuaciones del MUA, de la caída libre, con la caída de los cuerpos en medios diferentes al vacío? Son preguntas que permiten observar desde otra perspectiva la caída de los cuerpos, analizando aquellas variables y cualidades que intervienen en cada uno de los procesos que dan cuenta del movimiento. Esto exige analizar la caída de los cuerpos en presencia de

viscosidad desde una perspectiva que integre tanto la formalización matemática como la observación del fenómeno. Ante esto surgen preguntas como:

- ¿Cómo se pueden enriquecer las explicaciones teóricas sobre la caída de los cuerpos con la experimentación de diferentes cuerpos cayendo en diferentes medios?
- ¿Cómo influye la viscosidad del medio en la velocidad y la aceleración de los cuerpos en caída?
- ¿Qué diferencias se observan en la trayectoria y el tiempo de caída de un objeto en un medio viscoso en comparación con la caída en ausencia de un medio viscoso?
- La experimentación con la caída de los cuerpos en diferentes medios también permite cuestionar la influencia de factores como la forma del cuerpo, la densidad del fluido y la resistencia del medio en el fenómeno observado. Estas interrogantes apuntan a comprender la complejidad de las interacciones entre los cuerpos y el medio en el proceso de caída, y a explorar cómo estos factores influyen en el comportamiento observado.

Estas diferencias observadas en el comportamiento de los cuerpos en caída plantean desafíos cuando se parte de formalizaciones establecidas como el MUA sin vínculo con la experiencia, abriendo la puerta a elaborar formas de explicación propias.

La experimentación como medio de comprobación

En el diseño de una actividad experimental para estudiantes de educación media, algunos docentes, en ocasiones, utilizan diversos ajustes en los instrumentos o en las mediciones, tales como aproximar valores a los ideales o suponer cuerpos específicos para que el experimento permita comprobar que lo que se explica, de acuerdo con la teoría, es válido. En esos casos se utiliza un instrumento específico para comprobar que efectivamente los cálculos obtenidos a través de un modelo matemático tienen una relación directa con la experimentación. Para el caso de la caída de los cuerpos se aplica el uso de diferentes elementos con una forma, densidad y tamaño específicos seleccionados por el docente, así como el aire como el medio predilecto, con el fin de usarlos como pretexto para dar cuenta de que todos los cuerpos son afectados por las mismas causas y, así mismo, todos se precipitan de igual manera independiente del resto de variables que se puedan plantear.

Desde la enseñanza tradicional, la comprobación experimental de las teorías relacionadas con la caída de los cuerpos en diferentes medios plantea desafíos y consideraciones importantes en términos de medición y análisis. En este contexto, aspectos como la precisión de las mediciones de velocidad, aceleración y tiempo de caída son fundamentales para validar las predicciones teóricas y compararlas con los resultados observados, dejando de lado las preocupaciones particulares de los actores en la práctica. En este sentido, el experimento se asume como un elemento de comprobación de la teoría y se considera una herramienta para validar que el análisis teórico, aparentemente más sólido y revelador, se confirme si el experimento arroja resultados con un bajo margen de error.

Sin embargo, desde el presente trabajo no se busca tener esta relación comprobatoria, pues se asume al experimento y la teoría como bases que permiten explicar el fenómeno a través de procesos de formalización, no con el fin de indicar si lo que se dice en la ecuación es exactamente lo que acontece en el experimento, y viceversa, sino como un elemento que da cuenta de las formas de percibir, organizar, clasificar y explicar el fenómeno.

Además, es importante abordar la caída de los cuerpos desde diferentes campos de la física, no limitándose únicamente al enfoque cinemático. La inclusión de variables en el análisis de la caída de los cuerpos en diferentes medios enriquece la comprensión del fenómeno al considerar aspectos como, por ejemplo, la interacción de fuerzas, de corrientes y turbulencias. Relacionar la caída de los cuerpos con estas diferentes preocupaciones permite una aproximación más enriquecida al fenómeno, que no solo se centra en la descripción del movimiento, sino que también explora las causas subyacentes y las implicaciones más amplias de la caída en un medio determinado.

Formalización de carácter matemático (¿únicamente?)

La predominancia de la formalización centrada en las ecuaciones matemáticas en el estudio de la caída de los cuerpos en diferentes medios plantea interrogantes importantes sobre la comprensión del fenómeno y esto tomando en cuenta la forma en la cual se aborda el fenómeno a través de las variables vinculadas en ecuaciones del MUA. Al respecto surgen preguntas como ¿Hasta qué punto las ecuaciones matemáticas son capaces de capturar la complejidad y diversidad de factores involucrados en la caída de los cuerpos en diferentes medios? ¿Qué aspectos del fenómeno podrían estar siendo subestimados o simplificados al depender exclusivamente de la formalización

matemática? Estas preguntas permiten complejizar la forma en la cual se concibe el fenómeno de caída, al tiempo que supone nuevas formas de observar y entender el fenómeno de caída desde diferentes perspectivas.

Por otro lado, considerar otras maneras de formalización más allá de las ecuaciones matemáticas plantea la necesidad de explorar y cuestionar los modelos planteados que reducen el fenómeno a ecuaciones y los procesos de formalización a la memorización de algoritmos. En la actividad experimental pueden surgir diversas formas de explicar el fenómeno como una construcción continua y no terminada, es de esta forma que cada constructo o explicación frente al fenómeno se constituye en un esquema conceptual que está articulado con la experiencia y se representa a través de un lenguaje (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala, & Tarazona, 2018). Entonces: ¿Qué aportes podrían brindar las descripciones cualitativas, representaciones, modelos y esquemas conceptuales en la comprensión del fenómeno de la caída de los cuerpos en diferentes medios?

La dicotomía entre teoría y experimento es un tema relevante en la enseñanza de las ciencias, ya que "no se pueden establecer antagonismos o delimitar ideas de forma absoluta" (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala, & Tarazona, 2018, pág. 11). Esto resalta la importancia de integrar ambos enfoques para lograr una comprensión más profunda del fenómeno. La actividad experimental no solo permite la medición, sino que también genera, junto con la experiencia, maneras de referirse al fenómeno y se producen procesos de formalización, esenciales para dar cuenta de las relaciones constituidas en el estudio del fenómeno. La experiencia, como mencionan Sandoval y otros "no es la misma en cada paso" y está sujeta a cuestionamientos y rectificaciones, lo que refuerza la idea de que el conocimiento es un proceso en constante construcción (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala, & Tarazona, 2018). Esto implica que la comprensión de fenómenos como la caída de los cuerpos debe incluir tanto la identificación de cualidades como la construcción de magnitudes, lo que permite una explicación más rica y matizada de las observaciones realizadas.

Estos cuestionamientos y problematizaciones resaltan la importancia de considerar múltiples perspectivas y enfoques en el estudio de la caída de los cuerpos en diferentes medios, así como la necesidad de integrar la formalización matemática con otros tipos de formalización y el experimento para una comprensión más completa y enriquecedora del fenómeno.

Al considerar la formalización desde una perspectiva fenomenológica, se busca integrar la experiencia y la teoría de manera coherente y enriquecedora. Desde aquí, la formalización no se limita a la descripción matemática del fenómeno, sino que también incluye la construcción de modelos conceptuales, representaciones visuales y narrativas que permitan comunicar y organizar la experiencia sobre la caída, establecer generalizaciones y hacer predicciones. Al considerar la formalización desde una perspectiva fenomenológica, se busca integrar la experiencia y la teoría de manera coherente y enriquecedora (ver Ilustración 1).



Ilustración 1 Perspectiva fenomenológica para procesos de formalización. Fuente: Elaboración propia

La experimentación en la caída de los cuerpos en diferentes medios se constituye en parte estructurante de los procesos de conceptualización. Al respecto es posible preguntar ¿Cómo la experimentación enriquece la comprensión del fenómeno a través de la experiencia en los procesos de construcción de conocimiento? La interrelación de la experiencia, la formalización la experimentación en el estudio fenomenológico de la caída de los cuerpos en medios viscosos representa la complejidad del proceso de construcción de explicaciones.

Origen y justificación de la investigación

El estudio de la caída de los cuerpos en diferentes medios ha sido un tema de interés en la enseñanza de las ciencias, ya que permite explorar fenómenos físicos fundamentales y promover el desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes a través del trabajo guiado y continuo. La necesidad de profundizar en este tema surge de la importancia de integrar la experimentación

con la formalización para ofrecer una comprensión de los fenómenos físicos involucrados en la caída de los cuerpos en diferentes medios, todo esto en el marco de una perspectiva fenomenológica, la cual orienta el proceso. En este sentido, la presente investigación busca abordar algunos cuestionamientos en el entorno escolar y proponer estrategias pedagógicas que permitan a los estudiantes explorar, describir e interpretar el fenómeno de la caída de los cuerpos vinculando actividad experimental y formalización en los procesos de producción de explicaciones.

En este contexto, es fundamental reconocer que la enseñanza de las ciencias en instituciones educativas de nivel básico y medio requiere de enfoques pedagógicos innovadores que fomenten la participación de los estudiantes en la construcción de su propio conocimiento. Una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de las ciencias emerge como un marco teórico que permite explorar los fenómenos naturales desde la experiencia y la reflexión crítica, promoviendo así un aprendizaje significativo y contextualizado. En este sentido, la investigación sobre la caída de los cuerpos en diferentes medios se enmarca en un enfoque que busca trascender la mera transmisión de conocimientos para involucrar a los estudiantes en la indagación, experimentación y construcción de explicaciones fundamentadas en la observación.

La justificación de este estudio radica en la relevancia de vincular la perspectiva fenomenológica con algunos tipos de formalización en el aprendizaje de la física. Al analizar las diversas explicaciones en cuanto al fenómeno de la caída de los cuerpos, a lo largo de la historia, se evidencia la importancia de considerar las nociones aristotélicas, como la pesantez, la relación entre tiempo y altura, así como nociones galileanas, como la relación entre velocidad y distancia, o las correcciones en torno a la relación entre algunas variables como velocidad y tiempo. Frente a esto se considera importante entender cómo es posible explicar el fenómeno ya sea desde fundamentos históricos como también elementos prácticos que planteen incógnitas y generen explicaciones ante lo que acontece. En este contexto, la actividad docente desempeña un papel fundamental en la construcción del fenómeno que permita a los estudiantes interpretar el fenómeno y mejorar sus habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas. Por tanto, el origen de esta investigación se encuentra en la búsqueda de integrar la experiencia con la formalización para enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje en el ámbito de la física.

El presente trabajo contempla aspectos relacionados con las formas de hablar, representar e inferir sobre el fenómeno de la caída de los cuerpos en diferentes medios. Es por ello que, inicialmente,

se propone estudiar la manera cómo se ha abordado la caída de los cuerpos en diferentes medios y a partir de este realizar un diseño experimental, considerado dentro de una propuesta de trabajo en el aula para generar la posibilidad de construcción y formalización del fenómeno con los estudiantes; posteriormente se pretende analizar y caracterizar las formas de hablar, representar e inferir de los estudiantes en cuanto a la caída de los cuerpos en diferentes medios y cómo se organiza esta información por medio de un discurso sobre las explicaciones que construyen los estudiantes en cada experiencia como un ejercicio de formalización.

Es posible asumir diversos retos en la enseñanza de las ciencias. Uno de los principales retos es hacer que los conceptos científicos abstractos sean accesibles y comprensibles para los estudiantes. Esto requiere una cuidadosa planificación y preparación, así como la capacidad de explicar los conceptos de manera clara y sencilla. Además, es importante encontrar formas de relacionar los conceptos científicos con la vida cotidiana de los estudiantes para que puedan ver la relevancia de lo que están aprendiendo.

Otro reto es integrar la experimentación en la enseñanza. La experimentación es una parte fundamental de la ciencia, pero puede ser difícil de implementar en el aula debido a las limitaciones de tiempo, recursos y seguridad. Sin embargo, es posible considerar firmemente la importancia de la experimentación para el aprendizaje de las ciencias acudiendo a unas formas de hablar que no sean necesariamente las mismas que construyen los estudiantes durante su proceso. Por lo tanto, se amerita esfuerzo por incluir actividades experimentales siempre que sea posible, y buscar formas creativas de superar las limitaciones. A través de la experimentación los estudiantes pueden observar los fenómenos por sí mismos, lo que amplía su comprensión y fomenta su curiosidad e interés por la ciencia.

La construcción de magnitudes es fundamental en la enseñanza de las ciencias, ya que permite abordar un mismo fenómeno desde diversas perspectivas. En el caso de la caída de los cuerpos en diferentes medios, magnitudes como la velocidad de caída, la densidad del medio y la viscosidad ofrecen distintas formas de explicación y preocupación. Estas magnitudes no solo brindan medidas cuantitativas, sino que también facilitan la comprensión de las relaciones entre aspectos del fenómeno, como la influencia de la viscosidad en la velocidad de caída, o la relación entre el tiempo de caída y la densidad del medio, entre otras.

La construcción de explicaciones es otro aspecto clave. Los estudiantes construyen sus explicaciones basándose en sus observaciones y experimentos, así como en su conocimiento previo. Como docente, el rol consiste en guiar a los estudiantes en este proceso, ayudándoles a formular hipótesis, diseñar experimentos para analizar sus explicaciones y generar una formalización frente al proceso que conlleva al aprendizaje. A través de este proceso, los estudiantes pueden desarrollar una comprensión más profunda del fenómeno y mejorar sus habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas.

Las formas de hablar del fenómeno y los procesos de formalización son igualmente importantes. Las formas de hablar reflejan la comprensión de los estudiantes del fenómeno y proporcionan una ventana a su pensamiento; al considerar, por ejemplo, los dos tipos de formalización que el autor enfatiza en este trabajo es posible obtener una serie de análisis en cuanto a las formas de hablar de los estudiantes, sus preocupaciones durante la experiencia y cómo logran llegar a una construcción de explicaciones sobre el fenómeno. Desde la perspectiva fenomenológica es el sujeto quien acude a diferentes formas de hablar y de las organizaciones realizadas, en ese sentido, se hace necesario que el autor, como docente, identifique las formas de hablar a las que acuden los estudiantes para dar cuenta de la caída. Aquí el docente posibilita que los estudiantes tengan experiencias que les permitan encontrar relaciones, condiciones, reconocer variables que la experiencia cotidiana no les permite. Los procesos de formalización implican, también, la traducción de las observaciones y explicaciones de los estudiantes a un lenguaje más formal y preciso. Este es un paso crucial en la enseñanza de las ciencias, ya que permite a los estudiantes comunicar sus ideas de manera clara y precisa, y facilita el diálogo y la discusión en el aula.

Relación entre formalización y perspectiva fenomenológica

La integración entre la formalización teórica y la perspectiva fenomenológica en el estudio de la caída de los cuerpos en diferentes medios viscosos es esencial para enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje en el ámbito de la física. La formalización, de acuerdo con Ayala M. y otros, “es un proceso cognoscitivo a través del cual se da forma a los propios modos “internos” de reconocer y elaborar el mundo y a los aspectos “externos” según los cuales el acaecer del mundo puede ser reconocido” (Ayala, Malagón, Romero, Rodríguez, & Garzón, 2008, pág. 12). En lugar

de ser una mera herramienta para cuantificar fenómenos, la formalización es un medio para dar forma a nuestros modos internos de reconocer y elaborar el mundo.

Por otro lado, la perspectiva fenomenológica enfatiza la importancia de la experiencia y la interacción con los fenómenos naturales para promover una comprensión intuitiva y profunda de los mismos. Al permitir a los estudiantes observar y experimentar los procesos físicos involucrados en la caída de los cuerpos, la perspectiva fenomenológica asume que el conocimiento científico no se puede dissociar de la experiencia vivida, es decir, los estudiantes deben involucrarse activamente con los fenómenos para poder conceptualizarlos adecuadamente. De esta manera, la combinación de la formalización teórica y la perspectiva fenomenológica en la enseñanza de la física ofrece a los estudiantes la oportunidad de desarrollar habilidades científicas avanzadas y una comprensión profunda de los fenómenos naturales. [66]

En el estudio de la caída de los cuerpos en diferentes medios, por ejemplo, la formalización no se limita a aplicar ecuaciones diferenciales para modelar cómo la velocidad de caída cambia con el tiempo. Más bien, es un proceso a través del cual se da forma a nuestra comprensión del fenómeno, identificando las variables relevantes (como la velocidad de caída y la viscosidad del medio), estableciendo relaciones entre ellas, y construyendo un marco teórico que nos permite interpretar los datos experimentales y hacer predicciones. Además, la formalización también implica dar forma a los aspectos externos del mundo, es decir, a la forma en que el mundo se presenta a nosotros. En el caso de la caída de los cuerpos en medios viscosos, esto podría implicar la identificación de patrones en los datos experimentales, la formulación de hipótesis sobre las causas subyacentes de estos patrones, y la construcción de modelos que reflejen estos patrones.

Por lo tanto, la formalización es un proceso dinámico y continuo que juega un papel crucial en la construcción de los fenómenos. No solo nos permite cuantificarlos y modelarlos, sino que también nos ayuda a dar forma a nuestra comprensión de estos y a la forma en que los percibimos y experimentamos. Es, en esencia, una manera de dar forma a nuestro mundo interno y externo a través de la producción de explicaciones, la inquietud por sus efectos y la comunicación de nuevas hipótesis.

Es importante considerar la fenomenología de las ciencias, ya que permite asumir al fenómeno y al sujeto como unidad en tanto se definen (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala, & Tarazona, 2018,

pág. 22). Esto implica que la comprensión de un fenómeno no puede separarse de la experiencia y la participación del sujeto en su construcción. Además, se reconoce que la comprensión y construcción de fenomenologías y teorizaciones involucran una interacción dinámica entre el pensamiento, la representación mental de los fenómenos y el lenguaje utilizado para expresar estas representaciones. Esta relación dinámica sugiere que la comprensión de los fenómenos es un proceso activo y en constante evolución. La interacción entre la formalización teórica y la perspectiva fenomenológica en el contexto de la enseñanza de la física no solo enriquece el proceso de aprendizaje, sino que también fomenta el desarrollo de habilidades cognitivas y metacognitivas en los estudiantes. Al combinar la abstracción conceptual de la formalización con la experiencia sensorial de la fenomenología, se estimula la creatividad, la curiosidad y la capacidad de análisis crítico de los estudiantes. Esta sinergia entre la teoría y la práctica no solo fortalece la comprensión de los fenómenos físicos, sino que también fortalece la reflexión crítica frente al proceso de quien comprende.

Las experiencias que se enmarcan en este trabajo representan una posibilidad de fomentar la participación de los estudiantes a partir de sus formas de hipotetizar y generar explicaciones en torno a un fenómeno. Esto evita que el estudiante sea un recipiente cuya forma está condicionada por el proceder del docente. De acuerdo con Aldana y Hernández, los estudiantes amplían y organizan sus ideas para construir explicaciones propias de los fenómenos abordados en clase (Hernández & Aldana, 2021) para la construcción de una relación dinámica entre pensamiento, representación y habla.

El manejo que se le otorga a este tipo de procedimientos, desde el presente trabajo, radica en la posibilidad de generar una serie de oportunidades que permita a los estudiantes hablar y representar lo que se encuentra en la base de sus propias experiencias. Según Catanese,

Esto lo obliga (al docente) a dejar a un lado la prescripción dada en los libros de texto en donde, el movimiento se estudia como un conjunto de ecuaciones a aplicar y que por sí solas, no les dan sentido a las magnitudes que allí se relacionan (Catanese, 2020, pág. 23).

Tiene que ver con la capacidad de generar un pensamiento crítico que le permita al estudiante interpretar sus vivencias y relacionarlas con lo que ocurre en un entorno específico,

comprendiendo los cambios como cualidades o variables de gran importancia al momento de expresar sus interpretaciones e inferir sobre los fenómenos.

Tipos de formalización y su relación con el lenguaje

La formalización en el contexto de la enseñanza de las ciencias puede manifestarse en diversos tipos, desde modelos matemáticos hasta representaciones simbólicas, construcciones narrativas o diagramas conceptuales. Cada tipo de formalización tiene implicaciones específicas en cuanto al lenguaje utilizado para describir y explicar los fenómenos físicos. Por ejemplo, la formalización matemática requiere un dominio del lenguaje algebraico y geométrico, mientras que las representaciones simbólicas pueden implicar el uso de diagramas de cuerpo libre o modelos gráficos que conduzcan a predecir y argumentar el fenómeno (Ayala, Malagón, Romero, Rodríguez, & Garzón, 2008). La elección del tipo de formalización y su relación con el lenguaje empleado en el aula influyen en la claridad y la efectividad de la comunicación científica entre docentes y estudiantes. De acuerdo con Ayala, Garzón y Malagón (2008) “La formalización puede ser considerada como un proceso natural del pensamiento o de todo proceso cognitivo en la medida en que el lenguaje común es en sí mismo un proceso de formalización”, por tanto se hace necesario, y desde el análisis de lo descrito por tales autores, mencionar dos tipos de formalización que también desarrollan en su texto y que serán evidenciadas a lo largo de la investigación, y que propenden por la búsqueda de explicaciones sobre el fenómeno de la caída de los cuerpos en diferentes medios.

Formalización de carácter pragmático

La formalización de carácter pragmático en física desempeña un papel esencial en los procesos de construcción de conocimiento al ofrecer un enfoque práctico y funcional para abordar fenómenos complejos. De acuerdo con Ayala y otros (2008), este tipo de formalización se organiza a través del lenguaje como una herramienta para estructurar las connotaciones de la experiencia, sin necesidad de una reflexión consciente sobre la estructura formal utilizada (Ayala, Malagón, Romero, Rodríguez, & Garzón, 2008). Al considerar el fenómeno de la caída de los cuerpos en diferentes medios, la formalización pragmática busca establecer modelos y descripciones que sean efectivos para comprender y describir el comportamiento de los cuerpos durante su caída. Este

enfoque pragmático se manifiesta en la actividad cotidiana donde se utilizan estructuras formales de manera inconsciente para organizar y dar cuenta de la experiencia (Ayala, Malagón, Romero, Rodríguez, & Garzón, 2008). Estos modelos pragmáticos facilitan la interpretación de los fenómenos observados en experimentos reales y permiten realizar predicciones sobre el comportamiento de los cuerpos en situaciones no experimentadas previamente.

Sin embargo, es crucial reconocer ciertas limitaciones de la formalización de carácter pragmático en la construcción de conocimiento en física. Una de las limitaciones destacadas desde Ayala y otros es la simplificación inherente a este enfoque, ya que los modelos pragmáticos tienden a omitir ciertos aspectos complejos o variables que pueden influir en el fenómeno estudiado (Ayala, Malagón, Romero, Rodríguez, & Garzón, 2008). En el caso de la caída de los cuerpos en medios con diferentes viscosidades, la formalización pragmática podría no considerar ciertos efectos secundarios o interacciones sutiles que podrían afectar el resultado final. Además, otra limitación importante de la formalización pragmática es su enfoque *utilitario*, que puede llevar a una visión parcial o incompleta de los fenómenos físicos al centrarse en la utilidad inmediata de los modelos desarrollados (Ayala M, et al, 2008). Esto podría limitar la capacidad de explorar aspectos más profundos o fundamentales de los procesos físicos involucrados en la caída de los cuerpos en diferentes viscosidades.

Formalización de carácter matemático

Otro tipo de formalización que puede evidenciarse en el análisis del fenómeno de la caída de los cuerpos es aquella que propende por la construcción matemática. La aplicación de las matemáticas en el análisis de fenómenos físicos implica reconocer una estructura formal y utilizarla para formalizar el fenómeno en términos de esa estructura. Según Ayala y otros, este proceso de matematización del fenómeno consiste en adaptar una estructura matemática preestablecida para comprender y organizar nuevos eventos, generando así nuevos sentidos (Ayala, Malagón, Romero, Rodríguez, & Garzón, 2008).

En el caso específico de la caída de los cuerpos en diferentes viscosidades, la aplicación de las matemáticas se vuelve fundamental para modelar y entender este fenómeno. Al considerar la influencia de la viscosidad del medio en la velocidad de caída y la resistencia que experimenta el

cuerpo, es posible traducir estas interacciones físicas en términos matemáticos para poder cuantificar y predecir el comportamiento de los cuerpos en diferentes viscosidades. La matematización de la caída de los cuerpos en diferentes viscosidades implica no solo aplicar fórmulas matemáticas existentes, sino también desarrollar nuevas formas de entender la relación entre la viscosidad del medio y las variables físicas relevantes. Aunque puede ser importante construir modelos matemáticos que describan cómo la viscosidad afecta la velocidad de caída, la aceleración del cuerpo y la fuerza de resistencia que experimenta en su descenso, este tipo de formalización proporciona un marco riguroso para realizar predicciones precisas sobre el comportamiento de los sistemas físicos, además de generalizar y abstraer conceptos físicos, lo que facilita la identificación de patrones y regularidades en los fenómenos estudiados.

La relación entre los tipos de formalización y el lenguaje utilizado en el aula constituye un aspecto fundamental para garantizar la accesibilidad y la claridad de los conceptos científicos. Los docentes juegan un rol fundamental al seleccionar y aplicar los diferentes tipos de formalización, ya sea pragmática o matemática, de manera que los estudiantes puedan construir un conocimiento sobre los fenómenos. La adaptación del lenguaje utilizado en el aula es esencial para garantizar la accesibilidad y claridad de los conceptos científicos, permitiendo a los estudiantes desarrollar una comprensión profunda y significativa de la física. Esta conexión entre la formalización, el lenguaje y la enseñanza resalta la importancia de una comunicación efectiva y precisa en el proceso de aprendizaje científico, contribuyendo a la formación de una base sólida de conocimiento en los estudiantes.

La experimentación en la clase de ciencias

La actividad experimental en la enseñanza de las ciencias se vincula estrechamente con la construcción de organizaciones conceptuales. A través de la actividad experimental, se seleccionan aspectos relevantes que posibilitan establecer relaciones de clasificación, ordenación y medición y sus efectos en los cuerpos (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala, & Tarazona, 2018), tales como la relación entre variables, la hipótesis en cuanto al cambio de una variable mientras otras permanecen constantes o supuestos y predicciones en función de la observación. Es posible establecer una relación entre el experimento y la fenomenología que permitan distinguir fenómenos de otros, pues de acuerdo con Sandoval y otros, con base en ideas de Malagón:

“En primer lugar, el experimento permite la organización de la experiencia y los procesos vinculados a la construcción de magnitudes y formas de medida. En segundo lugar, el experimento permite proponer problemas conceptuales en torno a la organización de los fenómenos. Por último, la actividad experimental propicia la construcción o ampliación de una base fenomenológica o entramado de hechos de observación que serían estructurados a partir de una cierta organización conceptual (Malagón, Ayala, & Sandoval, 2013, pág. 11).

Además, se destaca que la actividad experimental no solo se centra en la verificación de relaciones conceptuales, sino que también contribuye a las búsquedas y posibilidades de comprensión de los estudiantes, especialmente en la conformación de fenomenologías y el desarrollo de procesos de formalización (Malagón, Ayala, & Sandoval, 2013) lo que conlleva a diversas formas de entender el fenómeno, cuestionarlo y ampliar el conocimiento sobre el mismo.

La experimentación no solo contribuye a la clasificación individual de los fenómenos como dinámicos, cinemáticos, térmicos, etc., sino que también facilita la conexión entre diferentes clases de fenómenos, dando lugar a la formación de nuevos campos fenomenológicos y formalizaciones en torno a su interacción. La experimentación no solo amplía la experiencia de los sujetos, sino que también dinamiza los procesos de conceptualización y teorización en torno a los fenómenos (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala, & Tarazona, 2018). Casos de este tipo los podemos encontrar en Fernández y otros, donde se aplica la ley de Stokes en relación con la densidad para evidenciar su relación con el diámetro de las esferas que caen dentro de un tubo con glicerina (Fernandez, Hernandez, & Solá, 2014), o también en Muñoz y otros donde “se evalúa el efecto en la velocidad terminal de caída de la distancia del cuerpo a las paredes y de su geometría” (Muñoz, et al, 2005, pág. 1).

Desde la perspectiva de la contextualización de la actividad experimental, se destaca que la construcción de magnitudes, la identificación de cualidades y la organización de la experiencia inicial se ven potenciadas a través de la experimentación. De esta manera, se evidencia que la experimentación no solo incide en la organización de los fenómenos, sino que también desempeña un papel fundamental en la enseñanza de las ciencias al fomentar la construcción de conocimiento y explorar la relación entre algunas variables como la densidad, la viscosidad, la velocidad, la

aceleración, el diámetro de las esferas, entre otros, que influyen en el comportamiento de los sistemas. A lo largo de esta investigación, se busca establecer criterios que permitan caracterizar la formalización y la experimentación desde una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de la caída de los cuerpos en diferentes medios.

Sentido de la actividad docente en la construcción de fenomenologías

La actividad docente en la construcción de fenomenologías en el aula de ciencias se fundamenta en la integración de la práctica experimental, la experiencia vivencial y el lenguaje como pilares fundamentales para el aprendizaje de los fenómenos naturales. Los docentes, al adoptar una perspectiva fenomenológica, guían a los estudiantes en la observación directa de los fenómenos físicos, fomentando así una comprensión profunda basada en la experiencia sensorial y la experimentación. Esta aproximación no solo enriquece el proceso de aprendizaje, sino que también estimula la curiosidad y la creatividad de los estudiantes al involucrarlos en la construcción activa del conocimiento a través de la interacción con los fenómenos.

Se plantea el presente trabajo como una oportunidad de generar una propuesta que permita que los eventos que acontecen sobre la caída de los cuerpos en un determinado momento den paso a formas más precisas de hablar y representar sobre los fenómenos relacionados a un evento natural: El Movimiento. Como lo menciona Claret:

“Las descripciones que los estudiantes pueden encontrar sobre el fenómeno dependen de sus interrogantes, de lo que buscan, de lo que ven, de las variables y relaciones que seleccionan, etc” (Claret, 2019, pág. 20).

Por tal motivo se considera que los elementos de recopilación de la participación de los estudiantes darán cuenta de las posibilidades que tienen de cuestionar y relacionar lo que acontece en su propio contexto para construir explicaciones por medio de hipótesis, práctica y comprobaciones sobre lo que acontece en situaciones específicas relacionadas con su entorno cotidiano. Pues como dice Catanese “estamos enfrentando a nivel educativo una etapa en la cual el estudiante, guiado por el docente, es el protagonista activo de su proceso y en donde es él el que debe construir su conocimiento” (Catanese, 2020, pág. 34). Sin embargo, en la búsqueda también es necesario la comprobación pues de acuerdo con Ayala y otros, la comprobación de resultados permite contrastar las formalizaciones realizadas con la realidad observable, lo que es esencial para

asegurar la validez y la aplicabilidad de los conceptos científicos (Ayala, Malagón, Romero, Rodríguez, & Garzón, 2008).

Se genera una propuesta que permita a los estudiantes cuestionar y relacionar los eventos observados durante la caída de los cuerpos, con el fin de construir explicaciones más precisas y contextualizadas sobre los fenómenos relacionados con el movimiento, se enmarca en una perspectiva fenomenológica que destaca la importancia de que los sujetos propongan explicaciones, diseñen modelos y elaboren generalizaciones para enriquecer su comprensión de los fenómenos estudiados. Esta aproximación teórico-práctica, centrada en el reconocimiento de eventos y generalizaciones, se presenta como un insumo fundamental para el trabajo educativo en el aula, especialmente en el contexto de la enseñanza de la física y la exploración de la caída de los cuerpos en diferentes medios.

De acuerdo con lo que plantea Sandoval y otros, el experimento está vinculado a una forma de proceder que es la perspectiva fenomenológica, a saber:

Desde una perspectiva fenomenológica, el sujeto se ve en la necesidad de proponer explicaciones, diseñar experimentos, anticipar eventos, elaborar generalizaciones y definir criterios metodológicos que enriquecen las explicaciones al fenómeno conocido. (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala, & Tarazona, 2018, pág. 11).

Esto radica en un insumo fenomenológico que permite hacer visible el trabajo conjunto entre teoría y práctica que se lleva a cabo con un grupo específico de grado séptimo, y plantea la importancia del reconocimiento de las explicaciones y construcciones conceptuales que se puedan identificar en el entorno de clase a través de las formas de hablar, representar e inferir relacionados con la caída de los cuerpos en diferentes medios viscosos.

La práctica experimental se convierte en un elemento clave en la construcción de fenomenologías, ya que permite a los estudiantes explorar, cuestionar y validar sus hipótesis a través de la experimentación directa. Al involucrarse en actividades experimentales relacionadas con la caída de los cuerpos en diferentes medios, los estudiantes no solo adquieren un entendimiento más profundo de los conceptos físicos, sino que también desarrollan habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas. La experiencia práctica les brinda la oportunidad de aplicar la teoría en un contexto real, fortaleciendo así su comprensión y consolidación del conocimiento.

En la clase de ciencias, surge indispensable que el docente se ubique en una perspectiva que permita dirigir los planteamientos que asumen en el proceso de enseñanza, dado que “Ubicarnos en una perspectiva fenomenológica implica que consideremos que no existen esquemas conceptuales que no estén articulados con la experiencia” (Malagón, Ayala, & Sandoval, 2013, pág. 13), lo cual orienta la práctica ya sea para ampliar la experiencia o dinamizar su teorización.

La interacción entre la experiencia vivencial y el lenguaje en la construcción de fenomenologías en el aula de ciencias facilita la construcción de conocimiento. Los docentes, al utilizar un lenguaje claro y accesible, permiten a los estudiantes expresar sus ideas y reflexiones de manera coherente y estructurada. La formalización del conocimiento a través del lenguaje contribuye a organizar las observaciones y explicaciones de los estudiantes de manera sistemática, promoviendo así una comprensión más profunda, asociada a la capacidad de vincular estas explicaciones a diversos fenómenos, y comunicar sus elaboraciones respecto a algunos conceptos científicos.

No es común que los estudiantes se pregunten en un salón de clases por la causa por la cual caen los cuerpos, dado que asocian a la caída de los cuerpos la gravedad como una fuerza más que como una aceleración que hace parte de las ecuaciones que se encuentran en los textos académicos. Más aún, la caída libre de los cuerpos, descrita en tales textos académicos a través de las ecuaciones, como comenta Claret (2019), no consideran el cambio de forma en una hoja cuando se deja caer estando extendida que cuando se arruga en forma de esfera y se vuelve a dejar caer (Claret, 2019, págs. 10-11) pues su movimiento de caída y su descripción formal es diferente y no es posible explicar a través de la misma ecuación.

Inclusive, cuando en las clases se imparte la idea de que, a mayor distancia de caída, mayor velocidad adquiere el cuerpo que cae, termina por consignar en los estudiantes una idea de que, para una distancia infinita, la velocidad también se volverá infinita, error que Galileo asoció en primera instancia y le impidió dar con la esencia del movimiento de caída (Koyré, 1980, pág. 77) idea que se desarrollará en el siguiente capítulo. Los estudiantes, sumidos en clases magistrales en las cuales ven números, expresiones algebraicas, ecuaciones y símbolos, no encuentran manera de cuestionar tales premisas, ni siquiera proponer ejemplos prácticos de comprobación a tales afirmaciones pues el tiempo limitado y contenidos tan bastos en cantidad no dan oportunidad para detenerse a explicar.

La enseñanza de estos fenómenos termina centrada en formulaciones matemáticas, una serie de símbolos a reemplazar por valores numéricos en una ecuación, renunciando a consideraciones cualitativas sobre el medio donde cae el cuerpo, o sus cambios de forma y peso (Claret, 2019, p. 13) que dan lugar a diversas formas de explicar el movimiento, por parte de los estudiantes, como un conjunto de magnitudes vinculadas entre sí. Además, de acuerdo con Escamilla (2019), “el problema es pensar que el estudiante no puede crear modelos que se adecúen y respondan a los supuestos, pues se le cierra la posibilidad de hacerlo mostrándole un modelo único que funciona y está comprobado” (Escamilla, 2019, pág. 13).

El rol que asume el docente en el aula de clases plantea diferentes inquietudes sobre la explicación de los fenómenos que acontecen en su entorno; el docente como figura de autoridad en ocasiones se distingue también como figura de conocimiento. A dicha figura se le atribuyen las capacidades de responder a cualquier pregunta de sus estudiantes y se tiene la plena confianza en que su palabra justifica cualquier inquietud que los estudiantes puedan tener. De acuerdo con los supuestos que plantea Villalba (2015), a saber:

“A lo largo del existir del hombre se han construido imágenes de conocimiento que tienen la finalidad de dar una explicación a los fenómenos de la naturaleza, las cuales en ocasiones se transmiten en la enseñanza de las ciencias a manera de recitales, donde el profesor es un total replicador de conocimientos elaborados y los estudiantes se convierten en discos duros de almacenamiento de información, sin tener en cuenta la construcción por parte del estudiante, junto con su contexto”. (Villalba, 2015, pág. 17).

Es entonces cuando el rol del estudiante se compara con un recipiente que recibe información sin ninguna oportunidad de interpretar, cuestionar, relacionar y asociar con lo que ocurre en su propio contexto.

En este contexto, la actividad docente se convierte en un proceso dinámico de mediación entre la experiencia, la experimentación, el lenguaje y la formalización del conocimiento científico. Al integrar estos elementos de manera coherente y significativa, los docentes pueden enriquecer la construcción de fenomenologías en el aula, promoviendo un aprendizaje activo, participativo y reflexivo que potencie el desarrollo integral de los estudiantes en el ámbito de las ciencias naturales.

La caída de los cuerpos en diferentes medios: Mirada histórica

La evolución del tema de la caída de los cuerpos en diferentes medios ha sido objeto de análisis y reflexión a lo largo de la historia de la ciencia, con contribuciones significativas de diversos autores que han enriquecido la comprensión de este fenómeno físico. Desde las concepciones aristotélicas sobre el movimiento natural de los cuerpos hasta las formulaciones galileanas que desafiaron las ideas establecidas, el estudio de la caída de los cuerpos ha sido un tema central en el desarrollo de la física como disciplina científica. Las teorías y experimentos de algunos autores como Aristóteles, Beckmaan, Galileo, Newton, entre otros (Koyré, 1980), han sentado las bases para la comprensión moderna de la caída libre y la influencia de los medios en este proceso. Las contribuciones de autores como Aristóteles, Galileo mencionados en (Koyré, 1980), así como investigaciones realizadas por (Alarcón, 2012), (Alvarez, 2012) y (C, Cruchaga, & Calentano, 2005) han proporcionado ideas fundamentales sobre la relación entre el cuerpo y el medio en el proceso de caída, así como sobre la influencia de factores como la viscosidad y su relación con la velocidad y la trayectoria de los cuerpos en caída. Estas perspectivas históricas han contribuido a la construcción de un marco teórico sólido que ha permitido avanzar en la comprensión de la caída de los cuerpos en diferentes condiciones.

El análisis de las ideas y experimentos de diversos autores en relación con la caída de los cuerpos en diferentes medios ha revelado la complejidad y la riqueza de este fenómeno físico. La diversidad de enfoques y perspectivas a lo largo de la historia ha enriquecido el debate científico y ha impulsado el desarrollo de nuevas teorías y modelos explicativos. Al considerar las contribuciones de autores clave en este campo, tales como Aristóteles, Beckmann, Galileo y Descartes, se evidencia la importancia de la interacción entre la teoría, la experimentación y la observación en la construcción del conocimiento científico.

Abordar la caída de los cuerpos desde una perspectiva histórica y contextualizada es esencial para comprender su complejidad y sus implicaciones en el estudio de la física moderna. Esta aproximación no solo permite apreciar la evolución del pensamiento científico, sino que también resalta la necesidad de integrar diferentes magnitudes y factores en el análisis del fenómeno. Al reconocer la influencia de variables como la viscosidad, la densidad y la velocidad, se fomenta una comprensión más profunda y matizada que puede enriquecer la enseñanza de la física. Así, el estudio de la caída de los cuerpos se convierte en un ejemplo paradigmático de cómo la historia y

la ciencia se entrelazan, ofreciendo valiosas lecciones para la formación de nuevas generaciones de científicos y educadores. Es de gran importancia mencionar cómo se ha detallado la información concerniente al movimiento en los libros que se usan para impartir los cursos de física en los grados escolares pertenecientes a la institución educativa donde se aplica esta investigación; sobre esto se destacan las ideas de Galileo, Newton o Aristóteles en torno a los cuales pareciera que se estudian sin plantear sus particularidades o modelos específicos que sustentan la caída de los cuerpos o el *cambio* producto de la relación entre variables o cualidades del cuerpo y del espacio donde sucede el fenómeno. A continuación, se presenta una organización donde se desglosan algunas descripciones encontradas y que actualmente se usan para la enseñanza del concepto de movimiento.

Referencia	Evidencia	Análisis
Física Conceptual - Paul Hewitt - 12ava edición	Movimiento según Aristóteles: natural y violento. Movimiento natural surge a partir de la “naturaleza” de un objeto. Los objetos más pesados oponen resistencia con más fuerza. Los objetos caen a rapidezces proporcionales a sus pesos; el movimiento violento se debía a fuerzas de empuje o tracción, algo impuesto sobre los cuerpos. No consideraba el vacío. (Hewitt, 2007)	Se plantea una relación absoluta y escrita de las ideas de Aristóteles donde se menciona que los objetos más pesados oponen resistencia con más fuerza, pero no consideran aspectos relacionados con el medio; mencionan el movimiento violento como debido a fuerzas de empuje, pero no plantean una relación con variables asociadas a velocidad, tiempo o distancia. Tampoco plantean una relación entre estas variables a través de un modelo algebraico o proporcional.
Física Conceptual - Paul Hewitt – 10 ^{ma} edición	Galileo desacreditó las ideas de Aristóteles sobre el movimiento. Se menciona la anécdota sobre Galileo dejando caer cuerpos desde la torre de pisa. Galileo cuestiona los argumentos de Aristóteles al incluir al vacío en sus explicaciones: “si no hay interferencia para un objeto en movimiento, se mantendrá	Se indica que Galileo desacreditó las ideas de Aristóteles, pero no se profundiza sobre cómo o qué hizo Galileo que permitió que sus ideas fueran más aceptadas en la comunidad científica que las de Aristóteles o permitieran una mejor explicación en cuanto a las variables que se asocian en las ecuaciones de movimiento uniforme acelerado. Se hace alusión al trabajo de

	moviéndose en línea recta por siempre” (Hewitt P, 2007. p. 25). Se hacen observaciones en torno a planos inclinados y diversos experimentos realizados para entender el movimiento y las leyes que lo explicaban.	Galileo sobre planos inclinados, pero no se profundiza sobre su relación con la caída de los cuerpos de forma vertical y sin ninguna superficie.
Serway - Vol. 1 – 7 ^{ma} edición	Serway inicia la introducción a la cinemática expresando que esta se refiere a <i>el movimiento de un objeto mientras se ignoran las interacciones con agentes externos que pueden causar o modificar dicho movimiento</i> (Serway & Jewett, 2008, pág. 19).	Clasifica el movimiento en tres tipos: traslacional, rotacional y vibratorio. Aplican, en el modelo traslacional, el modelo de partícula sin importar el tamaño del objeto. Como se deja claro en la introducción a la cinemática, no se da cuenta de agentes externos que pueden causar o modificar el movimiento, por lo tanto, se dejan de lado variables que no están directamente relacionadas con el MUA. Esto da cuenta de una relación específica entre variables para la caída de los cuerpos en un medio vacío.
Koyré – Estudios galileanos	Según Koyré (1980), Galileo no se interesa, en principio, por la causa del movimiento (que estaría relacionada con el tiempo), sino por la relación matemática entre la velocidad y la distancia, y por la relación “natural” que surge de la geometría del espacio; de ahí su error. (Koyré, 1980, pág. 77)	En una parte del texto se comenta sobre el error de Galileo, y aunque se hace una gran recopilación y explicación histórica referente a las construcciones que dieron cuenta de las explicaciones sobre la caída de los cuerpos en diferentes medios, no se especifica el cómo Galileo se dio cuenta del error y qué se entiende por relación “natural” que surge de la geometría del espacio.
Serway - Vol. 1 – 7 ^{ma} edición	Pone en contexto la caída libre, mencionando que antes de 1600 se concebía, por ideas de Aristóteles, que los cuerpos más pesados caían más rápido que los menos pesados. Propone ejemplos experimentales para dar cuenta de la caída de los objetos (papel arrugado y no arrugado). “En el	Se hace la aclaración en el texto sobre el modelo idealizado, por el cual se le refiere como movimiento en caída libre, sin embargo, el texto se enfoca en explicar este último como aquel fundamento teórico que permite entender y explicar cualquier tipo de caída que, aunque no sea libre, cumple con la misma relación entre variables

	caso idealizado, en el que la resistencia del aire está ausente, a tal movimiento se le refiere como movimiento en caída libre.” (Serway & Jewett, 2008, pág. 37).	asociadas a la cinemática.
--	---	----------------------------

Tabla 1 Análisis de textos académicos sobre Modelos de caída de los cuerpos. Fuente: Elaboración propia.

Los cuestionamientos relacionados con la caída de los cuerpos surgen pues como un evento de gran importancia en cuanto a la interacción continua con los estudiantes en la búsqueda del conocimiento sobre los conceptos que se trabajan con base en el currículo escolar, así como también la búsqueda de reconocimiento de las ideas de los estudiantes dentro del aula de clase, como un elemento fundamental y susceptible de analizar.

Pregunta de investigación y objetivos

Ateniendo a lo expuesto en los títulos relacionados en el contexto problema de la presente investigación emerge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo la perspectiva fenomenológica aporta a los procesos de formalización en la enseñanza de la caída de los cuerpos en diferentes medios?

Objetivo general

- Formular algunos aportes de orden histórico, experimental y pedagógico de la perspectiva fenomenológica a la enseñanza de la caída de los cuerpos en diferentes medios.

Objetivos específicos

- Establecer algunos criterios que permitan caracterizar la formalización y la experimentación que en la historia de las ciencias se realizó sobre la caída de los cuerpos.
- Caracterizar la caída de los cuerpos desde una mirada fenomenológica que permita integrar la experimentación en procesos de formalización.

- Diseñar un conjunto de prácticas experimentales desde una perspectiva fenomenológica que contemple la caída de los cuerpos en diferentes medios que permita a los estudiantes hablar, representar e inferir sobre el fenómeno.

Marco metodológico

Este trabajo se realiza desde dos lugares: una mirada histórica de la constitución del fenómeno de la caída y desde la perspectiva fenomenológica, que enriquece el proceso de construcción de conocimiento considerando los aspectos pedagógicos que se desarrollan a lo largo de la investigación. La articulación entre teoría y experimento no se concibe como un proceso de verificación, sino como un vínculo que propicia la construcción de fenomenologías y la ampliación, cuestionamiento y rectificación de la experiencia en los procesos de formalización. La historia del fenómeno de la caída permite contextualizar las explicaciones desde criterios de orden disciplinar, mientras que la perspectiva fenomenológica se centra en la experiencia vivida del docente, desde criterios de orden pedagógico.

Este enfoque metodológico busca generar una propuesta de enseñanza donde la experiencia y la teoría se entrelazan, facilitando un proceso de indagación que enriquece la comprensión del fenómeno de la caída de los cuerpos. Al fomentar un aprendizaje activo y reflexivo, se pretende que los estudiantes no solo adquieran conocimientos teóricos, sino que también desarrollen explicaciones a partir de su interacción con el fenómeno, construyendo así su propio conocimiento a través de la exploración y la reflexión crítica.

Reflexionar sobre las nociones del fenómeno de la caída de los cuerpos implica realizar un análisis de algunas de las ideas que a lo largo de la historia han delimitado las diferentes concepciones sobre la caída de los cuerpos; las cuales han dado lugar a discusiones que generan una variedad de puntos de vista. Es importante destacar que las diversas perspectivas asumidas por un colectivo no siempre son correctas simplemente por su aceptación general; más bien, estas perspectivas surgen de un ejercicio de problematización, formalización y construcción del conocimiento. Este enfoque crítico permite, hoy en día, a los docentes, cuestionar y revisar las nociones establecidas, enriqueciendo así su comprensión del fenómeno desde una mirada reflexiva y crítica.

La perspectiva fenomenológica se centra en la experiencia y en cómo esta experiencia configura nuestra comprensión del mundo. En el contexto de la enseñanza de las ciencias, esta perspectiva permite abordar el conocimiento no como un producto final, sino como un proceso en constante construcción. Como mencionan Sandoval S, y otros (2018), "no existen esquemas conceptuales que no estén articulados con la experiencia" (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala, & Tarazona, 2018, pág. 13). Esto implica que la comprensión de fenómenos como la caída de los cuerpos en diferentes medios debe partir de la experiencia de los estudiantes, quienes, a través de la observación y la experimentación, pueden construir significados que trascienden la mera aplicación de fórmulas matemáticas.

La implementación de una propuesta experimental en este contexto se convierte en un elemento clave para la comprensión de los fenómenos físicos. Al realizar experimentos, los estudiantes no solo observan los efectos de la caída de los cuerpos, sino que también participan activamente en la construcción de su conocimiento. De acuerdo con Sandoval S, et al (2018, p. 13) "el análisis y estructuración de una clase de fenómenos requiere la identificación de cualidades, la construcción de magnitudes y formas de medida, lo que hemos denominado la construcción de fenomenologías." Recae en un ejercicio de construcción de conocimiento, donde se reconocen y describen las propiedades o características que definen un fenómeno, generar magnitudes y formas de medirlo e integrar las cualidades identificadas y las magnitudes construidas en un marco conceptual que permita entender y explicar el fenómeno.

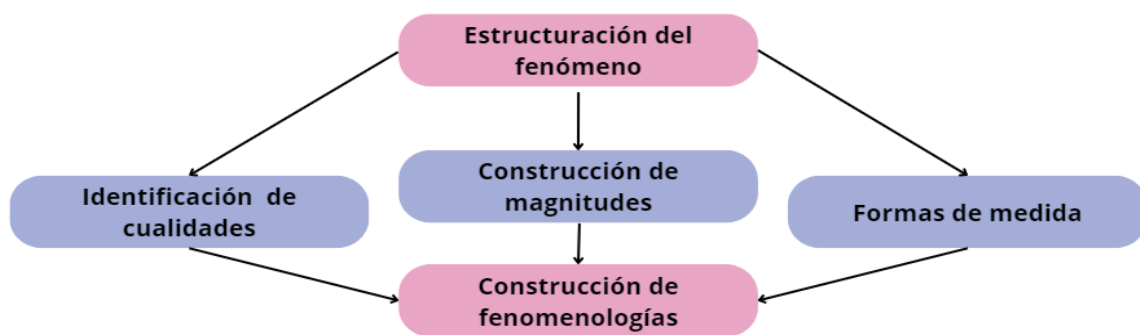


Ilustración 2 Construcción de fenomenologías. Fuente: Elaboración propia con base en ideas de Una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de las ciencias (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala, & Tarazona, 2018)

Al proponer diferentes escenarios experimentales, los estudiantes pueden explorar cómo varían los resultados en función de las condiciones del medio, lo que les permite problematizar y teorizar sobre sus observaciones. Este enfoque fomenta un ambiente de aprendizaje en el que el conocimiento se considera un proceso abierto, susceptible de ser revisado y enriquecido a través de la discusión y la reflexión.

La formalización de los fenómenos, por otro lado, se refiere a la capacidad de los estudiantes para organizar y estructurar sus observaciones en categorías y conceptos. Como menciona Sandoval S, et al (2018, p. 44), "los procesos de organización de las cualidades hacen posible hablar de una forma diferente del mismo fenómeno". Esto implica que, a medida que los estudiantes experimentan y describen la caída de los cuerpos, pueden identificar patrones y relaciones que les permitan construir una comprensión más profunda del fenómeno. La formalización no se presenta como un fin en sí mismo, sino como una herramienta que facilita la reflexión crítica y la elaboración de explicaciones que pueden ser discutidas y revisadas.

Fases de la investigación

Este trabajo atravesó varias fases para la construcción de cada uno de los elementos que lo constituyen. Fue necesario contar con la guía y el seguimiento de los docentes encargados de los primeros seminarios en la maestría en busca de alguna orientación frente al proceso. El interés estaba relacionado con el movimiento. A través de las experiencias propias del autor como docente de física, especialmente en la enseñanza de la caída (libre) de los cuerpos, se percató de la forma en que estaba instruyendo las prácticas experimentales con los estudiantes, enfocándose en la explicación de las fórmulas.

La preocupación se centró en problematizar la formulación de lo "libre" como un problema que no podía resolverse idealizando una caída, tomando tiempos y ajustando los cálculos a un modelo matemático. Allí comenzó la búsqueda hacia lo desconocido, literalmente, pues fue necesaria una consulta en torno a la construcción de los conceptos que atañen a la libertad en una caída y, en consecuencia, sobre su movimiento en general. Descripciones, perspectivas, construcciones conceptuales y teóricas, así como desarrollos prácticos y mentales, dieron lugar a un sinnúmero de ideas

que hoy en día se siguen comprendiendo gracias a las concepciones pedagógicas dentro de la academia.

No era solo la búsqueda teórica sobre física, sino un complemento pedagógico que permitiera entender su enseñanza, su construcción fenomenológica y su formalización. Fue necesario empaparse de las temáticas que atañen a la enseñanza, lo que posibilitó explorar otros autores, otras formas de entender y enseñar, y otros caminos de interactuar con las fuentes, hablar con los autores y reconstruir el conocimiento que, en un principio, se enseñaba y luego fue necesario aprender. Aunque paradójico, fue una oportunidad para entender cómo se podía enseñar desde algo más que un producto del conocimiento, sino más como una construcción que como docente se hace de este.

Se asumió el reto y se avanzó a pasos de diverso ritmo; fue un ir y venir que comprometió la tranquilidad, el confort y la confianza. Sin embargo, fue y ha sido un camino que ha permitido reconstruir la propia concepción sobre la forma en la cual se podría entender y explorar el mundo, explicarlo, defenderlo, pero también problematizar más allá de una conclusión o de un producto del mundo. Formalizar no ha sido tarea fácil, especialmente cuando se espera una serie de resultados en torno a un sinfín de interpretaciones. Los asesores corrigieron, los jurados evaluaron, y cuando se presentó (en un pasado muy futuro) la tesis, se logró subir un escalón. Las concepciones estuvieron enmarcadas en aquello que se pudo haber sabido, pero sin el trabajo continuo, tal vez no se habría podido conocer.

La consolidación de la idea de investigación se volvió un pilar fundamental en este proceso, permitiendo construir una base teórica y práctica sólidas frente al fenómeno de la caída de los cuerpos. Se reflexionó en torno a la concepción de la caída "libre", problematizando este fenómeno como algo susceptible de ser medido, organizado y sustentado a través de diversas formalizaciones. Esta construcción fenomenológica y formalización se convirtió en un eje central, donde la relación entre fenómeno, experiencia y explicación se hizo evidente, permitiendo una discusión transversal a cada aspecto del trabajo.

A medida que se avanzaba, se consolidaron ideas en torno a la fenomenología y la formalización de la caída de los cuerpos en diversos medios. Esto llevó a la construcción de actividades de

análisis que facilitarían la implementación de estas ideas en el aula. La implementación con estudiantes se convertiría en una experiencia enriquecedora, donde la sistematización de la actividad práctico-teórica permitiría acudir a interpretar las formas de hablar, representar e inferir sobre el fenómeno de la caída de los cuerpos.

Las reflexiones en torno a la construcción de fenomenologías con los estudiantes sobre la caída de los cuerpos en diversos medios se transformaron en un cierre significativo de este proceso. Cada uno de estos apartados no solo enriqueció la comprensión del fenómeno, sino que también permitió ver la enseñanza de la física desde una perspectiva más amplia y conectada, donde la experiencia y la teoría se entrelazan para formar un conocimiento más profundo y significativo.

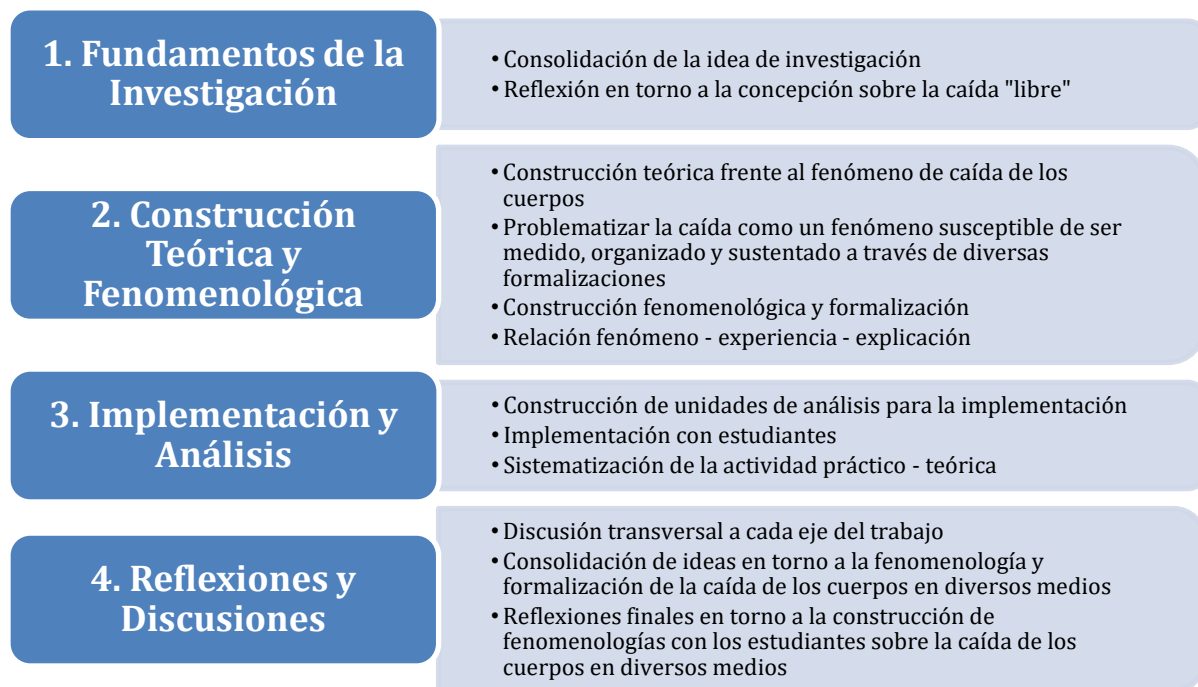


Ilustración 3 Fases de la investigación. Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 2: CAÍDA DE LOS CUERPOS

En este capítulo se presenta un análisis histórico sobre la caída de los cuerpos en diferentes medios, contemplando algunos aportes propuestos por Aristóteles hasta algunas propuestas planteadas por Galileo para explicar el fenómeno. También se hace un análisis sobre las características y variables susceptibles de considerar para dar cuenta de algunos aportes de orden histórico y experimental de la perspectiva fenomenológica a los procesos de formalización en la enseñanza de la caída de los cuerpos y permitan, seguidamente, establecer criterios que permitan caracterizar la formalización y la experimentación desde una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de las ciencias.

Caída de los cuerpos a lo largo de la historia

En la exploración de la caída de los cuerpos en diferentes medios, se encuentran dos figuras prominentes en la historia de la física: Aristóteles y Galileo. Ambos ofrecen visiones contrastantes que han moldeado la comprensión del fenómeno de caída de los cuerpos. Sin embargo, varios elementos que dieron paso a nuevas formas de interpretar el fenómeno de caída en presencia y ausencia de un medio fueron considerados, pero no resueltos por Aristóteles o Galileo. Se realiza, a continuación, un análisis histórico en torno a la caída de los cuerpos, donde se encuentran diferentes explicaciones en torno al fenómeno de caída a partir de la relación entre variables y cualidades asociadas al cuerpo y al medio.

Aristóteles (384 – 322 a.C), en su reflexión sobre la caída de los cuerpos, postuló que el peso de un cuerpo determina su velocidad de caída, esto es “La velocidad de un cuerpo en caída es directamente proporcional a su peso, e inversamente proporcional a la resistencia del medio sobre el cual se mueven” (Álvarez, J, 2012, pág. 36). Esta visión, arraigada en la observación y la lógica de su momento, sostiene que un objeto más pesado caerá más rápido que uno más ligero. Aristóteles formalizó esta idea en tres principios sobre el peso, la velocidad y la divisibilidad de los cuerpos:

1. Principio de peso: “Los cuerpos pesados caen más rápido que los ligeros en proporción a su peso”.
2. Principio de velocidad: “La velocidad de un cuerpo es directamente proporcional a su peso e inversamente proporcional a la resistencia del medio”.

3. Principio de divisibilidad: “Todo cuerpo es divisible hasta el infinito”.

Sin embargo, esta visión aristotélica se encontró en tensión con varias observaciones empíricas y experimentales que posteriormente serían refutadas por Hiparco (190 – 120 a.C) y Juan Filopón (490 – 570 d.C) cuando mencionaban y desarrollaban, respectivamente, la idea del *ímpetus* como “una especie de cualidad, potencia o virtud que se imprime al móvil desde el motor” (Alvarez, 2012, pág. 37) aludiendo a esto el hecho de que el medio tenía un carácter que permea al móvil en caída y lo precipitaba hacia su lugar natural, es decir, la tierra.

Para Giovanni Battista Benedetti (1530 – 1590), por ejemplo, el movimiento es efecto de la fuerza o *ímpetu*, como se mencionó anteriormente, asociando a esta una causa primaria y consecuente del movimiento. Primaria en la medida de que tiene que haber una causa que inicie el movimiento de caída, así como iniciaría sobre una superficie, y consecuente porque debe haber una causa que permita que el objeto se acelere y aumente su velocidad mientras más se aleje de su punto de partida.

Niccolo Tataglia (1499 – 1557) introduce entre sus reflexiones el hecho de considerar una hipótesis para la caída de los cuerpos desde la cual sostiene que “mientras más se aleja de su principio o se acerca a su fin, más rápido va el cuerpo” (Koyré, 1980, pág. 80) renuente al hecho de justificar que el cuerpo a mayor distancia mayor velocidad obtenida para un cuerpo que se mueve con un movimiento natural, es decir, bajo condiciones no impuestas sobre el cuerpo más que las que la naturaleza le impone; Benedetti, que mantiene una postura aristotélica, pero se siente en oposición a Aristóteles, sostiene ideas asociadas a que “la impetuosidad recibida crece continuamente, pues el móvil tiene en sí mismo su causa motriz” (Koyré, 1980, pág. 80) lo cual recae en las mismas ideas de Aristóteles frente al movimiento que seguirán siendo refutadas sin llegar a una explicación satisfactoria.

Benedetti introduce una visión más matizada y dinámica del movimiento, fundamentada en la hidrostática de Arquímedes. Para Benedetti, el peso no es una propiedad absoluta, sino una variable relativa que depende de la densidad del cuerpo y del medio en el que se encuentra (Koyré, 1980, pág. 48). Esta idea implica que el comportamiento de los cuerpos en movimiento no puede ser explicado únicamente por su peso, sino que debe considerar la interacción entre la densidad del objeto y la del medio que lo rodea. Así, Benedetti desafía la noción aristotélica de que el peso es

la única fuerza que actúa sobre un cuerpo en movimiento, sugiriendo que la resistencia del medio juega un papel crucial en la determinación de la velocidad y el comportamiento de los cuerpos.

Además, Benedetti critica la idea aristotélica de que las proporciones de los pesos de un mismo cuerpo en diferentes medios guardan relación con las proporciones de sus densidades. Según Benedetti, esta concepción es errónea, ya que las velocidades de los cuerpos de diferentes tamaños y pesos no se comportan de la manera que Aristóteles había afirmado. Por ejemplo, un cuerpo más pequeño con el mismo peso que uno más grande se moverá más rápido en un medio dado, debido a que la resistencia del medio será menor para el cuerpo más pequeño. Esta observación resalta la importancia de considerar múltiples variables en el estudio del fenómeno de caída de los cuerpos, dado que representa una relación con variables asociadas al medio.

La crítica de Benedetti a Aristóteles se extiende a la comprensión del movimiento en sí mismo. Mientras que Aristóteles sostiene que el movimiento rectilíneo hacia arriba y hacia abajo es natural, Benedetti argumenta que esta visión es limitada y no refleja la complejidad del movimiento en el mundo real. Al enfatizar la importancia de las variables medibles, como la densidad y la resistencia del medio, Benedetti abre la puerta a una nueva forma de entender la física que se aleja de las nociones absolutas y se adentra en un enfoque más contextual. Este cambio de paradigma no solo desafía las ideas de Aristóteles, sino que también sienta las bases para el desarrollo de una física moderna que busca comprender el movimiento a través de la observación y la medición precisa.

Claramente Galileo, como varios pensadores contemporáneos a él, refutaría la idea del ímpetu asociándose a la causa primaria del movimiento la fuerza viva. Esto exigiría una transformación radical (aunque no positiva) de las explicaciones que próximamente retomarían Descartes y Newton en sus explicaciones sobre el movimiento. Era contradictorio admitir que una causa constante produciría efectos variables, y claramente no habría cabida a la proporcionalidad de las variables. Galileo, por otro lado, desafió estos principios a través de diversos experimentos (Koyré, 1980), uno de ellos, mental, se puede resumir de la siguiente manera: Si dos objetos de distintos pesos son soltados desde la misma altura, el más pesado tocará el suelo antes que el más ligero. No obstante, si los conectamos con una cuerda, el objeto más ligero funcionará como un freno para el más pesado, retardando su descenso. Sin embargo, si tratamos el sistema de ambos objetos como

un solo cuerpo, se esperaría que cayera más rápido debido a su mayor masa. Por lo tanto, llegamos a una contradicción.

Los experimentos llevaron a Galileo a concluir que todos los objetos, sin importar su peso, caen a la misma velocidad en el vacío. Sin embargo, Galileo no contaba con una teoría sólida para respaldar su afirmación (Perilla & Lilia, 2005). Ni siquiera podía apoyarse en las consideraciones hidrostáticas de Benedetti, las cuales solo demostraban que objetos con pesos específicos idénticos caen a la misma velocidad en un medio dado. Este experimento mental de Galileo pone en evidencia la inconsistencia de los principios aristotélicos y establece una nueva forma de entender la caída de los cuerpos: todos los cuerpos, independientemente de su peso, caen a la misma velocidad en un vacío. Estas reflexiones llevan a reconsiderar cómo se entiende y se habla sobre la caída de los cuerpos, especialmente en diferentes medios. En lugar de asumir una relación directa entre el peso y la velocidad de caída, es deber considerar otras variables asociadas con el medio, como la resistencia del medio, que pueden tener un impacto significativo en la velocidad de caída de los cuerpos.

Descartes (1596 – 1650) retoma, al igual que Beeckman (1588 – 1637), el problema de la caída de los cuerpos y sustentó esto por varios caminos, estrechamente relacionados con los propuestos previamente por Galileo. Los cuerpos caen porque la Tierra los atrae. Beckman considera la anterior afirmación y comienza su búsqueda al sustentar esto bajo un principio que para él entonces (1613) no parecía tan fundamentado e importante, a saber: *lo que una vez es puesto en movimiento, sigue eternamente en movimiento* (Koyré, 1980, pág. 98). Beckman fue precursor de estos principios, otorgándole cierto crédito a Descartes, quien por su parte propone una búsqueda similar, pero con leves retoques a lo que propone Beckman para dar solución a la relación que se establece entre las variables que posibilitan la caída de los cuerpos.

Es entonces cuando surge indispensable, para Descartes, fundamentar matemáticamente el proceso, quien ve la caída de los cuerpos, ya no como un movimiento natural sino como resultado de la atracción terrestre sobre el cuerpo, no tenía la posibilidad ni los argumentos matemáticos que poseía Beckman para sustentar sus hallazgos al relacionar las distancias y, de nuevo, las velocidades que acontecían. “Estas consideraciones resultan ser una transposición beeckmaniana del razonamiento cartesiano que permitirían resolver correctamente el problema y calcular el tiempo de caída de los cuerpos” (Koyré, 1980, pág. 102). Tanto a Descartes como a Beckman les

preocupa asociar próximamente la variable de la velocidad con la Fuerza, sin embargo, prefieren esta última a relacionarla con el tiempo, para mencionar que la velocidad depende de la fuerza impresa sobre el objeto y concluye que una fuerza constante produce una velocidad constante.

Con base en lo anterior, en las clases tradicionales de física no surge indispensable el estudio histórico que trasciende a dejar caer un marcador, una piedra o una pluma, asimilando que los estudiantes comprenden el trasfondo y que el docente explica a la perfección el desarrollo que acontece detrás de un *simple* evento de caída que se repite y es válido en cualquier contexto. La razón por la cual en la clase de física los estudiantes asocian normalmente la gravedad con una fuerza que está estrechamente relacionada con la percepción que se tiene de la misma, como si la Tierra tirase del objeto por medio de una sogá invisible. Puede que Descartes y Beckman hayan tenido estas leves impresiones para evitar relacionar con el tiempo la variable de la velocidad y la distancia, ya sea desde el punto de partida como mencionaba Aristóteles, o el de meta como mencionaba Benedetti.

Luego de quince años estudiando el movimiento de caída, al añadir ahora el problema del vacío, Descartes en 1638 concibe un cambio “revolucionario” en su forma de pensar y envía una carta a Mersenne (1588 – 1648), donde critica la filosofía del movimiento de Galileo y propone lo siguiente:

“Supone que la velocidad de los pesos que descienden aumenta siempre por igual, cosa que en otro tiempo yo también creía, pero ahora creo saber por demostración que no es verdad” (Koyré, 1980, pág. 120).

Con base en esto Descartes sustenta que la deducción galileana se basa en la noción de vacío y no tiene en cuenta la resistencia y la fuerza motriz que determina la aceleración (Koyré, 1980, pág. 120). Es allí cuando se encuentra una imprecisión de gran importancia, pues las velocidades del cuerpo no podrían aumentar infinitamente debido a su interacción con el espacio donde se desplaza.

Al respecto Salviati y Sagredo producen algunas justificaciones, a manera de conclusión dentro de los diálogos de Galileo, que ponen en tela de juicio las afirmaciones de Simplicio frente al pensamiento de Aristóteles sobre el vacío, tales como:

“La imposibilidad de espacios vacíos notablemente grandes, los cuales ni yo supongo ni creo que los antiguos supusieron que se daban en la naturaleza, aunque se podrían producir violentamente, como parece seguirse de diversas experiencias, que nos llevaría demasiado lejos en este momento enumerar” (Koyré, 1980, pág. 103).

Galileo, en su intento de desentrañar los misterios de la caída de los cuerpos, propuso una hipótesis revolucionaria: todos los cuerpos caen con la misma velocidad en el vacío, independientemente de su peso. Esta idea, aunque innovadora, se encontró con una dificultad teórica insuperable: ¿cómo conciliar esta hipótesis con el principio aristotélico de proporcionalidad entre causa y efecto? Galileo intentó resolver este problema, pero cometió un error al confundir la equivalencia estática con la cinética.¹ A continuación, se presenta una síntesis de aportes sobre los autores mencionados (ver ilustración 4):

¹ Galileo adoptó un principio que consideraba evidente: que la velocidad de un objeto en caída libre es proporcional a la distancia recorrida. Sin embargo, este principio no se alinea con la ley de la caída que él mismo formuló. En lugar de establecer la ley correcta, este principio lo llevó a una conclusión errónea sobre el movimiento. Véase Koyré, 1980, pág. 78, Estudios galileanos.

Aristóteles (384-322 a.C.)	• Los cuerpos caen a diferentes velocidades dependiendo de su peso; los objetos más pesados caen más rápido que los ligeros. Aristóteles asigna causas al movimiento y a la velocidad, lo que establece una base cualitativa para la física.
Hiparco (190-120 a.C.)	• Reconoció que el aire podría afectar el movimiento de los cuerpos en caída, sugiriendo que la resistencia del medio (aire) juega un papel en cómo los objetos caen. Esto implica que no todos los cuerpos caen a la misma velocidad debido a la resistencia que el aire ejerce sobre ellos.
Filopón 490-570 d.C.)	• Criticó las ideas aristotélicas, proponiendo que todos los cuerpos caen a la misma velocidad en ausencia de resistencia, anticipando conceptos que Galileo desarrollaría más tarde.
Benedetti (1530 - 1590)	• Sostiene que el ímpetus es una fuerza interna que reside en el cuerpo en movimiento. Según él, el movimiento es el efecto de esta fuerza (ímpetus) que está comprendida en el móvil. Esto significa que el cuerpo tiene en sí mismo la causa de su movimiento, lo que contrasta con la visión aristotélica que requería un motor externo para el movimiento.
Galileo Galilei (1564-1642)	• Formuló la ley de la caída de los cuerpos, demostrando que todos los cuerpos caen a la misma velocidad en ausencia de resistencia del aire. Utilizó un enfoque matemático y experimental, estableciendo que la distancia recorrida es proporcional al cuadrado del tiempo.
Beecman y Descartes	• Su aporte condujo la formulación de la ley de la caída de los cuerpos, aplicando un enfoque matemático. Se reconoció que la caída de los cuerpos varía en función del medio (aire vs. vacío) y se exploró la relación entre la altura de caída y la velocidad alcanzada.

Ilustración 4 Síntesis histórica sobre la caída de los cuerpos. Fuente: Elaboración propia.

En el contexto de la exploración fenomenológica de la caída de los cuerpos en diferentes medios, es esencial considerar las visiones contrastantes de Aristóteles a Galileo, ya que estas perspectivas han influido en la comprensión del fenómeno a lo largo del tiempo. Aristóteles, basándose en la observación y la lógica, postuló que el peso de un cuerpo determina su velocidad de caída, estableciendo principios como el peso, la velocidad y la divisibilidad de los cuerpos. Sin embargo, estas ideas aristotélicas fueron cuestionadas a la luz de observaciones empíricas y experimentales. Por otro lado, Galileo desafió las concepciones tradicionales con sus experimentos, tanto mentales como contruidos, donde demostró que todos los cuerpos caen a la misma velocidad en el vacío, independientemente de su peso. Esta revolucionaria idea plantearía una nueva forma de entender la caída de los cuerpos, destacando la importancia de considerar variables como la resistencia del medio en lugar de simplemente el peso de los objetos. Este enfoque fenomenológico invita a reflexionar sobre cómo se interpretan y se habla acerca de la caída de los cuerpos (en un medio), reconociendo la complejidad de los factores que influyen en este fenómeno.

Al integrar la fenomenología en el análisis de la caída de los cuerpos en diferentes medios, se puede profundizar en la relación entre las observaciones directas, las interpretaciones construidas y las teorías formalizadas. La fenomenología permite explorar cómo se percibe y se experimenta el fenómeno de la caída de los cuerpos, mientras que la formalización ayuda a estructurar y dar coherencia a las explicaciones a través de modelos teóricos y matemáticos. Esta integración brinda una perspectiva enriquecedora para abordar la complejidad de la caída de los cuerpos en diferentes medios viscosos.

Organización de cualidades para procesos de formalización

Como experiencia personal del investigador, durante su formación en la licenciatura en física, un estudiante del curso de Mecánica I se planteó una pregunta que lo acompañó durante un tiempo considerable: “Si un objeto se dejara caer desde una altura infinita, ¿podría alcanzar una velocidad infinita en su caída?” Esta inquietud persistió hasta que conoció el concepto de velocidad límite, que un compañero le explicó como la máxima velocidad que un objeto puede alcanzar en caída libre. A través de la indagación, comprendió que la velocidad límite se manifiesta únicamente en un medio no vacío, como el aire en la atmósfera terrestre. En el vacío, donde no hay resistencia del medio, un objeto puede caer sin la influencia de fuerzas externas que limiten su velocidad, lo que permite que todos los cuerpos caigan a la misma tasa, independientemente de su masa. Sin embargo, en un medio como el aire, la velocidad de caída de un objeto se ve afectada por su forma, tamaño y densidad, lo que resulta en una velocidad terminal o límite que se alcanza cuando la fuerza de gravedad es equilibrada por la resistencia del aire.

Esto llevó al estudiante a reflexionar sobre las diferencias entre la caída de un objeto en la Tierra y en el vacío. Según algunos argumentos de los pensadores mencionados anteriormente, esta diferencia radica en la interacción entre la gravedad y la fuerza de atracción involucrada. La imposibilidad de que un objeto caiga de la misma manera en un entorno vacío y en uno no vacío implica varias consideraciones fundamentales que el autor demarca a continuación:

- La velocidad de un cuerpo en caída no aumenta indefinidamente en función de la altura desde la que se deja caer.
- La gravedad tiene un valor esencial en el fenómeno de la caída, pero no es la única responsable del incremento de la velocidad durante este proceso.

- En el vacío, se establece un espacio en el que no ocurren interacciones que influyan en el movimiento del cuerpo que cae.
- La resistencia del medio, como el aire, actúa como un factor limitante que afecta la aceleración y la velocidad final del objeto en caída, lo que no ocurre en el vacío.
- La relación entre la masa del objeto y la resistencia del medio determina la aceleración del cuerpo; en un medio denso, objetos más ligeros pueden caer más lentamente que objetos más pesados, mientras que, en el vacío, todos los objetos caen a la misma tasa independientemente de su masa.
- La comprensión del movimiento de caída puede incluir el análisis de las fuerzas de fricción y arrastre que actúan en medios no vacíos, lo que introduce un componente dinámico adicional en el estudio del fenómeno.

La reflexión sobre la caída de un objeto desde una altura infinita y su relación con la velocidad límite ilustra un proceso de formalización que no busca una relación contextual entre el cuerpo que cae y el medio en el que cae. Este proceso comienza con la experiencia personal del estudiante, quien, al plantear su inquietud inicial, se embarca en un camino de indagación que le permite construir un entendimiento más profundo del fenómeno. A través de la interacción con sus compañeros y la exploración de conceptos como la velocidad límite y la resistencia del aire, el estudiante no solo formaliza su conocimiento sobre la caída de los cuerpos, sino que también establece conexiones entre las variables que actúan en diferentes medios. Este proceso de formalización se alinea con la idea de que el conocimiento se construye a partir de la experiencia y la reflexión sobre las cualidades del fenómeno, donde se destaca la importancia de la caracterización de cualidades y la relación entre estas y los procesos de formalización.

La distinción entre el comportamiento de un cuerpo en caída *libre* en vacío y en un medio como el aire resalta la necesidad de considerar múltiples factores en la formalización de fenómenos físicos. La resistencia del medio y su interacción con la gravedad son elementos cruciales que enriquecen la comprensión del movimiento de caída. Este enfoque fenomenológico permite al estudiante reconocer que la formalización no es un proceso estático, sino dinámico, donde el fenómeno se transforma a medida que se organizan y analizan las experiencias y las fuerzas involucradas.

Estudio de la caída de cuerpos en diferentes medios

Cuando un cuerpo desciende en un medio experimenta una serie de interacciones que permiten explicar la presencia de una resistencia a la caída de los cuerpos, por tanto, surge importante caracterizar la caída en diferentes medios de acuerdo con diversas variables, una de ellas, en particular, la viscosidad.

Al preguntar por qué caen los cuerpos, es común que los niños de educación básica respondan "por la gravedad", interpretando la gravedad como una fuerza que atrae los cuerpos hacia la Tierra. Sin embargo, estas interpretaciones sobre las causas del movimiento de caída son susceptibles de análisis y reflexión, lo que permite entender la complejidad del fenómeno. Desde una perspectiva fenomenológica, es importante reconocer que "los esquemas conceptuales (producto de la organización de la experiencia inicial o de la actividad teórica) orientan la actividad experimental, ya sea para ampliar la experiencia o para dinamizar la teorización de esa experiencia" (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala, & Tarazona, 2018, pág. 13). Esto implica que la comprensión del fenómeno de la caída no se limita a identificar la gravedad como una fuerza, sino que requiere un análisis de cómo las experiencias previas de los estudiantes (y del maestro) influyen en su comprensión y en la construcción de conceptos científicos. Claramente no se puede desacreditar el hecho de que, para Newton, por ejemplo, se expresaba la caída de los cuerpos como una manifestación de la Ley de la gravitación universal la cual explicaba en su momento el movimiento de los planetas (Alarcón, 2012, pág. 21) pues a causa de su aceleración el objeto está cayendo y si la aceleración es constante una fuerza debía ejercerse y ser constante sobre el objeto.

La viscosidad del medio influye en la resistencia que experimenta el cuerpo al caer; a menor viscosidad, menor resistencia y viceversa. La ausencia de resistencia al flujo implica que el cuerpo en movimiento se precipita hacia otro cuerpo de mayor masa, ya que la caída implica una interacción entre dos cuerpos, donde el menos pesado se precipita hacia el más pesado. Cuando un objeto cae en un medio, experimenta una resistencia al movimiento que ralentiza su descenso. Esta resistencia considera las propiedades del fluido, como su viscosidad, densidad, temperatura y presión, que *interfieren* con el movimiento del objeto en caída. En contraste, en un medio con una viscosidad que tienda a cero, la ausencia de esta resistencia permite que un objeto en caída *aumente* su velocidad de manera ilimitada. Esta disparidad en el comportamiento de la caída en diferentes

medios plantea un desafío en términos de comprensión del fenómeno, ya que cuestiona nuestras concepciones tradicionales sobre el movimiento de los cuerpos en ausencia de fricción.

De acuerdo con Claret (2019), las organizaciones que atañe el estudio de la caída de los cuerpos en un medio llevan a pensar la caída como un proceso de relaciones y efectos pensando en el estudio de cuerpo y medio (Claret, 2019, pág. 67). En este sentido, resulta fundamental ampliar el análisis y estudiar la caída de múltiples cuerpos en la presencia de diferentes fluidos con coeficientes de viscosidad específicos para comprender cómo influyen estas variables en la forma en la que los cuerpos se desplazan durante su caída.

Esta perspectiva de estudio resalta la importancia de abordar la caída de los cuerpos desde una perspectiva fenomenológica. La observación detallada de cómo los cuerpos se comportan en distintos medios viscosos permite cuestionar y reevaluar diversas concepciones sobre el movimiento y la interacción entre los cuerpos y su entorno. Al explorar este fenómeno desde una perspectiva fenomenológica, es decir, centrando la atención en la experiencia y la observación de los fenómenos, podemos enriquecer nuestra comprensión y construir explicaciones más sólidas y contextualizadas.

Por tanto, la combinación de la perspectiva fenomenológica con la formalización en el estudio de la caída de los cuerpos en medios viscosos se considera de gran importancia para avanzar en el entendimiento de este fenómeno físico. Esta aproximación nos permite no solo explorar las relaciones y efectos que surgen de la interacción entre los cuerpos y el medio, sino también establecer bases sólidas para el desarrollo de conocimiento científico que trascienda la mera transmisión de información para involucrar a los estudiantes en la indagación y construcción de explicaciones fundamentadas en la observación y el razonamiento científico.

La organización de los efectos sensibles se convierte en un aspecto crucial para la comprensión de la viscosidad y su influencia en la caída de los cuerpos en diferentes medios. De acuerdo con Garzón y otros, la percepción de fenómenos (como la resistencia al movimiento en fluidos viscosos) permite a los estudiantes articular proposiciones y argumentaciones que reflejan su comprensión de estos efectos (Garzón, Tarazona, Sandoval, Malagón, & Ayala, 2020). Al experimentar con cuerpos que caen en fluidos de distintas viscosidades, los estudiantes pueden observar y clasificar los efectos producidos, como la velocidad de caída y la resistencia encontrada,

lo que facilita la construcción de conceptos teóricos sobre la viscosidad. Esta interacción entre la percepción y la producción de efectos sensibles no solo enriquece la experiencia de aprendizaje, sino que también promueve una comprensión más profunda de las características y variables que afectan el movimiento en fluidos, permitiendo a los estudiantes generalizar sus observaciones y teorizar sobre el comportamiento de los cuerpos en diferentes contextos.

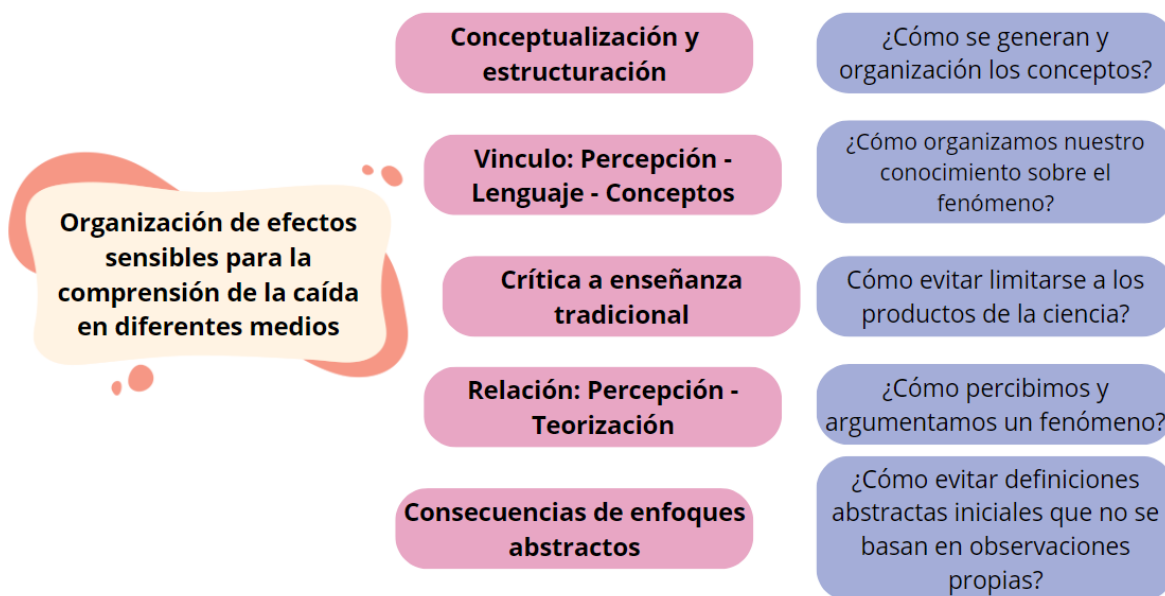


Ilustración 5 Organización de los efectos sensibles para la comprensión de la caída en diferentes medios. Elaboración propia con base en las ideas referentes a El efecto Volta. Un caso de estudio sobre la producción de efectos sensibles y los procesos de teorización en ciencias. (Garzón, et al, 2020).

A continuación, se describen algunas formalizaciones presentadas por algunos investigadores sobre la caída de los cuerpos considerando diversos aspectos, magnitudes, variables y características. Es posible considerar el trabajo realizado por Fernández y otros (2014), al dejar caer cuerpos en un medio viscoso permite analizar la velocidad límite que alcanza el cuerpo en su caída, siendo esta, la velocidad constante que alcanza una *esfera* que cae en un fluido viscoso, cuando el peso, el empuje y la fuerza de resistencia se equilibran (Fernandez, Hernandez, & Solá, 2014). Autores como Rojas y Ramírez (2002) mencionan que las fuerzas en equilibrio corresponden al peso, el empuje y la resistencia de acuerdo con la ley de Stokes, agregando también que la velocidad límite depende de la densidad y el radio del cuerpo, así como la densidad

y viscosidad del medio (Rojas & Ramirez, 2002). En la investigación propuesta por Fernández, et al (2014) mencionan la importancia de usar esferas de radio inferior a 1 milímetro a fin de dar cuenta del fenómeno con mayor precisión, puesto que al usar esferas de radio menor al milímetro se obtienen valores del coeficiente de viscosidad muy aproximados dentro de los errores experimentales para la glicerina, lo cual también se sustenta en Rojas y Ramírez (2002), al expresar matemáticamente que, la velocidad terminal del cuerpo está directamente relacionada con su densidad (Rojas y Ramírez, 2002), a comparación de los valores que se obtienen del coeficiente de viscosidad por medio de su estudio a partir el uso de esferas de radio mayor al milímetro (Fernandez, Hernandez, & Solá, 2014). Sugerencias como estas permitieron pensar el tipo de esferas para tener en cuenta en las diferentes prácticas experimentales de la presente investigación y obtener diversas reflexiones en relación con la caída de los cuerpos en diferentes medios.

Investigaciones como las propuestas por Muñoz y otros corresponden a análisis de tipo matemático donde se describen modelos algebraicos y diferenciales para la obtención de valores específicos para algunas variables analizadas en su proceder; mencionan un margen de error mayor a razón del aumento del diámetro del cuerpo que cae, con respecto al diámetro del recipiente donde cae. Para tal investigación demostraron que para relaciones de aspecto ($\beta = d/D$, siendo d el diámetro de la esfera y D el diámetro del cilindro, $\beta = 0.5$, $\beta = 0.25$, $\beta = 0.1$, $\beta = 0.067$ y $\beta = 0.05$, se obtiene que *el valor máximo alcanzado o velocidad terminal de caída disminuye para valores crecientes de β* (Muñoz, et al, 2005). Este tipo de investigaciones también sugiere que el diámetro del tubo o recipiente donde se desplazan las esferas tiene una relación con el diámetro de la esfera que se desplaza, lo cual da cuenta de la importancia de definir el contenedor y la forma de contener el medio para dejar caer los cuerpos.

Viscosidad en los fenómenos de movimiento

Dadas las diferentes precisiones propuestas en este trabajo en cuanto a la caída de los cuerpos y los diferentes medios, se considera importante definir cómo la viscosidad da cuenta de diversas formas de diferenciar el movimiento de un determinado cuerpo en un medio específico. Diversos autores señalan el papel crucial de la viscosidad en el movimiento de los cuerpos y es por eso por lo que, en este apartado se pretende delimitar el significado de viscosidad que se trabajará en función de la caída de los cuerpos en diferentes medios.

Es posible obtener una serie de relaciones entre cuerpos que caen en un medio, inclusive es posible obtener relaciones entre las partes que componen al medio, de esta forma, es menester señalar que un fluido se compone de ciertas cualidades que le permiten definirse y diferenciarse de otros fluidos. A estas cualidades se les conoce como características, y son las que permiten identificar algo distinguiéndose de sus semejantes (Perez & Gardey, 2021). En este contexto, la viscosidad se presenta como una característica sujeta a explicación y desarrollo conceptual, aunque no necesariamente vinculada a ideas cuantitativas o asociadas a la medición.

La viscosidad resulta entonces como una característica intrínseca al medio e implica una resistencia al flujo (Romero, 2019) es decir, radica en una oposición al movimiento de los cuerpos inmersos en el medio. A mayor viscosidad mayor dificultad para transitar a través del medio por lo tanto surge indispensable para esta investigación caracterizar las consideraciones que se generan en cuanto a la caída de los cuerpos en diferentes medios con diferentes viscosidades, dado que, de acuerdo con Sandoval y otros, “la relación entre percepción producción de efectos sensibles y lenguaje es el fundamento para la comprensión de fenomenologías y la producción de teorizaciones en la enseñanza de las ciencias” (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala, & Tarazona, 2018, pág. 21).

Autores como González S, definen la viscosidad *dinámica* como una medida de la resistencia a fluir de un fluido (González, 2009), aludiendo a ésta un carácter de propiedad y distinguiendo de varios tipos de viscosidad tales como la cinemática, aparente y extensional; el autor también le asigna ciertas unidades de medida, sugiriendo que es susceptible de medirse a través de dispositivos y equipos que permiten caracterizar experimentalmente el comportamiento reológico de los fluidos; destaca, el autor, la reología como el estudio de la deformación y flujo de los materiales (Laguna, 2013).

Por otro lado, otros autores definen la viscosidad como un fenómeno de transporte (Ortiz & A, 2022), y, de acuerdo con el autor citado previamente, la definen también como una propiedad de los fluidos. Ortiz y Cruz distinguen diversos contextos donde se emplea el papel de la viscosidad para el estudio del comportamiento dinámico de un objeto sumergido en el seno de un fluido, tales como engranajes en mecánica, alimentos, ungüentos en cremas, entre otros. Plantean una serie de formalizaciones matemáticas en relación con diversas variables, tales como la densidad, velocidad

límite, fuerzas de arrastre, número de Reynolds, entre otras, lo cual le asigna a la viscosidad un papel relacional y susceptible de asumir como variable medible.

Autores como Fernández, Hernández y Solá (2014), plantean diversas experiencias de caída de los cuerpos sumergidos en el seno de un fluido y pretenden cuantificar los diámetros de diversas esferas que se usan (menores a 1mm) y los valores del número de Reynolds, para obtener un valor de la viscosidad constante. Los autores definen la viscosidad, así como Ortiz y Cruz, como una resistencia al flujo (Fernandez, Hernandez, & Solá, 2014) que se cuantifica mediante el coeficiente de viscosidad, determinado experimentalmente utilizando la ley de Stokes que relaciona la velocidad límite de una esfera que cae en el fluido con su viscosidad. Los autores presentan un análisis experimental interesante pues detalla un método experimental que incluye la fotografía digital para determinar la posición de las esferas en distintos instantes de tiempo y así calcular la velocidad límite, así determinar la viscosidad de la glicerina (fluido) que se usó en el experimento en función de los diámetros de las esferas y las diversas variables que asocian a través de una serie de formalizaciones matemáticas.

Cordiviola, C. (2016), asume que uno de los experimentos más frecuentes para determinar la viscosidad es dejar caer una esfera en el fluido y determinar la velocidad límite (o estacionaria), sin embargo, textos académicos como Alonso y Finn, tomo 1 en física, o Crothers, en química, “no es común encontrar en la bibliografía la fórmula que nos indique la forma en que la velocidad varía con el tiempo y menos aún la ecuación horaria” (Cordiviola, 2016). Aunque asumen diversas explicaciones gráficas y descriptivas, no cuentan con una formalización matemática para poder obtener ecuaciones para la posición, velocidad y aceleración en función del tiempo, a través de una serie de cálculos con base en ecuaciones diferenciales. En este trabajo, Cordiviola también hace una breve descripción entre caída libre y caída en medios viscosos, asumiendo que, en la caída libre, un cuerpo cae bajo la influencia de la gravedad sin resistencia del aire o cualquier otro medio, mientras que, en medios viscosos, la caída del cuerpo es afectada por la viscosidad del medio, lo que resulta en una fuerza de roce que se opone al movimiento. Esto lleva a una velocidad límite constante, diferente de la aceleración constante de la caída libre (Cordiviola, 2016). En cuanto a diversas variables del movimiento de caída de una esfera dentro de un fluido sostiene que la aceleración al inicio del movimiento es máxima, pero con el tiempo llega a un estado

estacionario hasta llegar a cero lo que indica una velocidad constante.. A esta el autor le llama velocidad estacionaria, o límite (Cordiviola, 2016).

Diversos autores a lo largo de la historia han trabajado la reología, González S hace un análisis de varios de ellos, tales como Newton (1687), quien propuso la hipótesis asociada al estado simple de cizalladura, introduciendo el concepto de viscosidad dinámica o molecular y su ley para aplicación en líquidos, y ley de Hooke (1678), primero en hablar de reología, estableciendo la relación entre tensión y deformación para sólidos; posteriormente Hagen y Poiseuille (1839), quienes estudiaron el flujo capilar, llevando al descubrimiento de la ley de Hagen-Poiseuille que relaciona la velocidad de flujo y la caída de presión para un tubo capilar, luego Maxwell (1867) quien profundizó en el estudio de la viscoelasticidad, combinando comportamientos viscoso y elástico (González, 2009).

Relación experimento – formalización en el estudio de la caída de los cuerpos en diferentes medios

La caída de los cuerpos en diferentes medios, como el agua, el aceite o el jabón líquido otorga un contexto enriquecido para la exploración de las implicaciones de la formalización en la construcción del conocimiento científico. Al observar cómo una esfera de acero se comporta al caer en estos fluidos, se pueden identificar relaciones entre sus características, lo que invita a los estudiantes a formular hipótesis y teorías sobre su comportamiento, a predecirlo y manipularlo, pues de acuerdo con Sandoval, et al (2018), “la actividad experimental propicia la detección de efectos sensibles y el estudio de las condiciones para producirlos y alterarlos” (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala, & Tarazona, 2018, pág. 44). Este proceso de observación y experimentación es fundamental, ya que permite a los estudiantes conectar sus experiencias directas con formas de hablar y representar el fenómeno lo que les permite articular sus experiencias y reflexiones sobre lo que están aprendiendo.

La formalización de estos fenómenos implica la creación de modelos que representen pragmática y matemáticamente el comportamiento de la esfera en diferentes medios. Por ejemplo, al caer en agua, la esfera experimenta una resistencia mayor que en el aire, lo que puede ser descrito mediante ecuaciones que relacionan la densidad del fluido, la forma del objeto y la aceleración debida a la gravedad. Este tipo de formalización no solo ayuda a los estudiantes a visualizar y cuantificar el

fenómeno, sino que también les permite desarrollar un lenguaje científico que es esencial para la comunicación efectiva de sus hallazgos. Y esto se relaciona con la perspectiva fenomenológica en cuanto a que, si el ámbito de la experiencia se transforma, también lo hará el lenguaje con el cual nos referimos a esa experiencia (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala, & Tarazona, 2018, pág. 44). Así mismo los procesos de organización de las cualidades hacen posible hablar de una forma diferente del mismo fenómeno. Esto sugiere que los estudiantes pueden utilizar un lenguaje descriptivo y cualitativo para hablar sobre la caída de los cuerpos en diferentes medios, enfocándose en las características observables (como la velocidad de caída o la viscosidad del medio) en lugar de depender exclusivamente de fórmulas matemáticas, pues aunque la física y la matemática puedan compartir formas similares, se pueden considerar como "elaboraciones formales de lo externo" (Ayala, Malagón, Romero, Rodríguez, & Garzón, 2008, pág. 18).

Además, la experimentación con diferentes medios permite a los estudiantes explorar cómo las propiedades físicas de los fluidos afectan la caída de los cuerpos. Por ejemplo, al comparar la caída de la esfera en aceite y en vinagre, los estudiantes pueden observar diferencias en la viscosidad y cómo esta influye en la velocidad de descenso. Este tipo de análisis fomenta un pensamiento crítico y analítico, ya que los estudiantes pueden considerar múltiples variables y sus interacciones.

La relación entre la formalización y la experiencia es esencial en el aprendizaje de la física. A medida que los estudiantes realizan experimentos y recogen datos sobre la caída de la esfera en diferentes medios, están involucrándose en un proceso de construcción del conocimiento que es tanto cognitivo como práctico. La formalización de sus observaciones en gráficos, tablas y ecuaciones les permite no solo organizar la información, sino también identificar patrones y tendencias que pueden no ser evidentes a simple vista. Este enfoque constructivista del aprendizaje resalta la importancia de la experiencia en la formación de conceptos científicos, donde la teoría y la práctica se entrelazan para enriquecer la comprensión del fenómeno.

Finalmente, al abordar la caída de los cuerpos en diferentes medios desde una perspectiva fenomenológica, se enfatiza la importancia de la experiencia subjetiva en la construcción del conocimiento. Cada estudiante puede tener una interpretación única de lo que observa, influenciada por sus propias experiencias y contextos. La formalización de estas experiencias a través de la observación y la experimentación permite a los estudiantes articular sus comprensiones de manera más clara y precisa. Este proceso no solo enriquece su aprendizaje individual, sino que

también fomenta un diálogo colaborativo en el aula, donde las diferentes perspectivas pueden ser discutidas y analizadas, contribuyendo así a una comprensión más holística de los fenómenos físicos

CAPÍTULO 3: DELIMITACIÓN DE LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL

Delimitar criterios de selección para la elección de objetos en actividades experimentales es fundamental para garantizar la claridad y la efectividad del aprendizaje. Al establecer criterios claros, se facilita la interpretación de los fenómenos físicos en estudio, permitiendo centrarse en las variables relevantes y evitar confusiones que podrían surgir de la introducción de múltiples factores. La selección cuidadosa de los objetos asegura poder observar y analizar de manera efectiva los efectos de la forma, el peso y la resistencia en la caída de los cuerpos, tanto en el aire como en medios líquidos, a través de su relación con variables como el tiempo, la velocidad y la altura. Además, la estandarización de los objetos utilizados en los experimentos permite la replicación y la comparación de resultados. En última instancia, estos criterios de selección no solo enriquecen la experiencia educativa, sino que también promueven un enfoque más riguroso y sistemático en la enseñanza de las ciencias.

Esta selección no solo debe considerar las características físicas de los objetos, sino también cómo estas características influyen en su comportamiento al caer en diferentes medios. La experiencia del docente con los instrumentos y materiales es crucial para guiar a los estudiantes en la exploración de nuevas formas de hablar, representar e inferir sobre los fenómenos físicos.

Además, es relevante considerar cómo los cuerpos seleccionados se comportan en distintos medios, como el aire, el agua, el aceite de cocina y el jabón líquido. Cada uno de estos medios presenta características específicas que afectan la caída de los cuerpos de manera diferente. Por ejemplo, en el aire, la resistencia al movimiento es relativamente baja a comparación del agua, lo que permite observar claramente las diferencias en la caída de los cuerpos seleccionados. En contraste, al sumergir los mismos cuerpos en jabón o aceite, se pueden observar efectos de flotación y resistencia que alteran su velocidad de caída. Esto permite a los estudiantes explorar fenómenos como la viscosidad y la densidad, y cómo estos factores interactúan con las propiedades de los cuerpos.

Criterios para la selección de medios

La selección de medios para la caída de cuerpos en el contexto de esta investigación se fundamenta en una serie de criterios que emergen del análisis histórico presentado en las anteriores páginas, que dieron lugar a pensar en las condiciones de la caída, que consideran tanto las propiedades físicas de los medios como su interacción con los cuerpos en caída. En primer lugar, es esencial que los medios elegidos permitan observar y analizar de manera efectiva las diferencias en el comportamiento de los cuerpos al caer. Por ello, se optó por el aire, el agua, el aceite y el jabón líquido, cada uno de los cuales presenta características únicas que facilitan la exploración de fenómenos físicos relevantes y permiten evidenciar la caída de los cuerpos de acuerdo con sus propiedades traslucidas inicialmente.

El aire, como medio natural y omnipresente en nuestra vida cotidiana, se convierte en un punto de partida ideal para la experimentación. Su densidad y viscosidad relativamente bajas, del orden de $0,883 \text{ kg/m}^3$ a una altura de 2600m a 20°C (Vargas, 2006), permiten experimentar con la caída de los cuerpos, observando cómo la resistencia del aire influye en la velocidad y el tiempo de caída. Esta experiencia cotidiana no solo facilita la interpretación algunos conceptos físicos básicos, sino que también permite a los estudiantes relacionar sus observaciones con situaciones de la vida real, buscando así una interpretación del fenómeno.

Por otro lado, el agua se selecciona como un medio que introduce una nueva dimensión al fenómeno de la caída. La densidad y la viscosidad del agua son significativamente mayores que las del aire, del orden de $998,193 \text{ kg/m}^3$ a una temperatura de 20°C (Guzmán, 2010), lo que provoca que los cuerpos experimenten una resistencia diferente al caer. Esta variación en el medio permite a los estudiantes formular preguntas sobre la flotación y la sumersión, desafiando sus intuiciones iniciales y fomentando un análisis crítico de las propiedades físicas involucradas. La comparación entre la caída en el aire y en el agua es fundamental para que los estudiantes comprendan cómo las características de cada medio afectan el comportamiento de los cuerpos en caída.

Además, se incluyeron el aceite y el jabón líquido como medios adicionales, ya que ofrecen propiedades físicas que enriquecen aún más la investigación. El aceite, con su menor densidad en comparación con el agua, del orden de 913 kg/m^3 a una temperatura de 20°C (Muñoz, 2019), permite observar la relación de caídas de esferas metálicas en comparación con la caída en agua o en aire. Esta observación es crucial para discutir conceptos como la densidad y la viscosidad. Por

su parte, el jabón líquido, con una densidad de alrededor 1260kg/m^3 (Howie, 1982), al ser un medio con una densidad mayor que la de los demás medios, introduce la posibilidad de explorar fenómenos en relación con los cuerpos que caen a través de este medio, como la velocidad límite, lo que nutre la experiencia en relación con las explicaciones que se dan sobre el fenómeno.

La selección de los medios para la experimentación se fundamenta no solo en su capacidad para ilustrar conceptos físicos y su relación con el fenómeno en estudio, sino también en su seguridad y facilidad de manejo en un entorno educativo. Al optar por sustancias que son seguras y accesibles, se asegura la participación de los estudiantes en la experimentación, minimizando riesgos innecesarios. Este enfoque no solo facilita el desarrollo fluido y efectivo de la actividad experimental, sino que también promueve un ambiente de aprendizaje colaborativo y exploratorio, donde los conceptos se construyen a partir de la interacción y la experiencia.

Criterios para la selección de cuerpos que caen en el aire

La elección de cuerpos como hojas de papel, esferas de metal, pelotas de espuma, pelotas huecas y lápices se fundamenta en sus propiedades físicas y en cómo estas afectan su caída en un medio cotidiano como el aire. Aristóteles, en su análisis de la caída de los cuerpos, enfatizó el peso como un factor determinante en la velocidad de caída, sugiriendo que los cuerpos más pesados caen más rápido que los ligeros. Sin embargo, esta perspectiva se amplía con el trabajo de Galileo, quien introdujo la idea de que la caída de los cuerpos no depende únicamente de su masa, sino también de otras variables medibles, como la forma y la resistencia del medio. Por lo tanto, la comparación entre diferentes tipos de cuerpos permite observar y analizar cómo estas cualidades influyen en su comportamiento al caer.

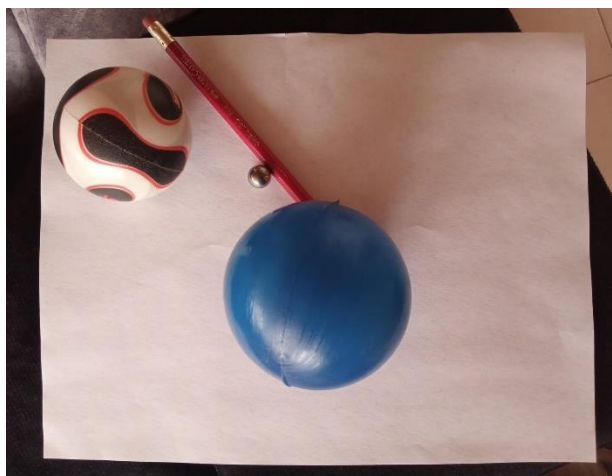


Ilustración 6 Cuerpos seleccionados para la práctica en aire. Fuente: Elaboración propia.

Al elegir cuerpos como hojas de papel, esferas de metal y pelotas de diferentes materiales, el autor busca crear un entorno en el que se puedan observar y analizar las variaciones en la caída, lo que permite establecer relaciones entre las propiedades de los objetos y su comportamiento en el medio. Por ejemplo, el lápiz, con su forma alargada y peso moderado, permite explorar cómo la aerodinámica afecta su velocidad de caída en comparación con una hoja de papel, que, debido a su gran superficie y bajo peso, experimenta una resistencia significativa al aire, lo que provoca que caiga más lentamente. Las pelotas de espuma y de plástico, por otro lado, ofrecen una oportunidad para cuestionar cómo los materiales con diferentes densidades y estructuras afectan la caída. La pelota de espuma, siendo más ligera y con una mayor capacidad de deformación, puede ser influenciada por corrientes de aire, mientras que la pelota de plástico, más densa y rígida, tiende a caer más rápidamente.

La inclusión de esferas de metal en este grupo permite a los estudiantes observar un objeto que es posible ser comparado con las otras esferas de mayor tamaño, e incluso de mayor masa, pero debido a su densidad es posible obtener otro tipo de caída diferente con respecto al análisis de variables. Desde una perspectiva fenomenológica, “la actividad experimental propicia la detección de efectos sensibles y el estudio de las condiciones para producirlos y alterarlos” (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala, & Tarazona, 2018, pág. 38), lo que conlleva a delimitar la actividad a través de procesos de organización y clasificación.

Caída de esferas de metal en otros medios

La decisión de seleccionar únicamente esferas de metal para dejarlas caer en medios como agua, aceite y jabón líquido considera la posibilidad de limitar y simplificar el experimento en cuanto al análisis de variables sujetas a observación. Las esferas de metal, con diámetros de 0,4 cm, 0,6 cm, 1 cm y 1,2 cm, presentan una forma esférica que minimiza la resistencia al medio, a comparación de otro tipo de forma regular e irregular, permitiendo que la caída se deba principalmente a la gravedad y a la viscosidad del medio en el que se encuentran. Esta elección permite observar cómo la densidad del medio afecta la velocidad de caída de un objeto y dar cuenta de esto a través de su relación con otras variables.



Ilustración 7 Esferas de metal utilizadas en la práctica experimental. Fuente: Elaboración propia.

La forma esférica de los objetos también es importante, ya que permite que la caída sea uniforme desde cada punto del cuerpo y que las fuerzas de arrastre se distribuyan de manera equitativa, lo que facilita el análisis de los efectos de la viscosidad del medio, llegando al punto de, inclusive, observar la velocidad límite de caída para varias esferas en algunos líquidos, como en el jabón y el aceite. Además, al centrarse en un solo tipo de objeto, se eliminan las complicaciones que podrían surgir al introducir otros materiales con diferentes formas y densidades, lo que podría llevar a resultados confusos. La caída de las esferas de metal en estos medios líquidos permite a los estudiantes explorar conceptos como la flotación, la densidad y la resistencia, y cómo estos interactúan en un contexto práctico.



Ilustración 8 Tubos utilizados en la práctica experimental propia. Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el experimento en tubos con un diámetro de entre 2 y 5 cm y alturas de entre 0,7 y 1,6 m, se asegura que las esferas de metal caigan en un entorno controlado, donde las variables externas, como la turbulencia del líquido, se reducen al mínimo. Esto es crucial para obtener resultados consistentes y comparables. Se eligieron este tipo de tubos teniendo en cuenta que pudieran ser llenados de forma rápida y se pudieran observar efectos físicos en relación con el movimiento de las esferas a través de ellos, esto teniendo como base algunas precisiones evidenciadas en algunos artículos revisados en el capítulo 2, para los cuales se utilizaban esferas relativamente pequeñas en comparación con el diámetro de los tubos para obtener uno u otro efecto de caída.

Criterios de orden pedagógico

A continuación, se explican algunos criterios que permitieron considerar una serie de actividades para la comprensión del fenómeno de caída de los cuerpos en diferentes medios, siguiendo una estructura de escalera que propendió involucrar diversas actividades que permitieran escalar en análisis respecto a diversos elementos que fueron usados durante los experimentos en cada sesión y se plantean como herramienta para aplicar con los estudiantes. Las preguntas en relación con el tipo de caída, la forma del objeto e inclusive la forma en la cual era posible dejar caer los objetos, representó una característica importante a considerar para tener diversas interpretaciones para un

mismo fenómeno a través de los efectos sensibles y la construcción de fenomenologías; por lo tanto, uno de los criterios consiste en ***el rol que juega la selección de cuerpos y medios en la construcción de explicaciones sobre el fenómeno de caída.***

La actividad de construcción de magnitudes y formas de medida está intrínsecamente ligada a la ampliación y organización de la fenomenología abordada. Como menciona Malagón, et al (2013), “medir una determinada magnitud se inscribe en la actividad de formalizar la explicación en torno al campo fenoménico al que está vinculada” (Malagón, Ayala, & Sandoval, 2013, pág. 14). Al realizar medición y análisis de las caídas en diferentes contextos se facilita la construcción de magnitudes que son cruciales para la comprensión del fenómeno, pero no solo a través de relaciones matemáticas que conduzcan a un valor específico, sino también a relaciones de proporcionalidad entre variables, representación de la caída a través de modelos y explicaciones en cuanto a la forma en la que caen los cuerpos en un medio, por lo tanto, el último criterio se define como ***el rol de la medición en la construcción de explicaciones sobre el fenómeno de caída.***

Considerar diversas formas de caída de los objetos a través del análisis de cualidades, variables y medición permitiría entonces contemplar herramientas que están a la base de la formalización, pues se debían considerar diversas explicaciones sobre lo que acontecía y que más se ajustaba al modelo de caída que se podría generar. La discusión posterior del autor, junto con los asesores, daba cuenta de diferentes preguntas sobre la caída que también permitiría plantear interrogantes futuros y constituir la actividad experimental como un insumo de gran importancia en la construcción del conocimiento sobre el fenómeno. Por lo tanto, otro de los criterios consiste en ***el rol del trabajo colectivo en la construcción de explicaciones sobre el fenómeno de caída.***

Estas actividades realizadas por el autor determinan un proceder susceptible de modificar para plantear con los estudiantes a fin de dar cuenta del fenómeno a través de las formas de hablar, representar e inferir sobre el fenómeno, considerando aspectos en relación con el diálogo entre homólogos y compartir experiencias de acuerdo con sus precisiones. Este trabajo, en aplicación con los estudiantes, debe estar guiado por un actor principal que reconozca el fenómeno desde su experiencia y pueda guiar la actividad a realizar, por lo tanto, se define como otro criterio ***el rol del docente como orientador en la construcción de explicaciones sobre el fenómeno de caída.***

Actividad experimental propia

En el desarrollo de la actividad experimental para estudiar la caída de los cuerpos en diferentes medios, se emplearon diversos tubos de plástico dispuestos verticalmente, cada uno con características específicas en cuanto a altura y diámetro. El objetivo principal era analizar cómo las esferas caían en función de la viscosidad de los líquidos presentes en los tubos. Estos tubos fueron diseñados con un tapón en el extremo inferior para garantizar la contención de las sustancias utilizadas y el correcto desarrollo de las pruebas. Los tubos seleccionados presentaban alturas que oscilaban entre 0,7 m y 1.6 m, con diámetros que variaban entre 2 cm a 4 cm, lo que generó un entorno experimental variado para acudir a diversas formas de entender la caída de los cuerpos con un diámetro específico en relación con la altura y diámetro de los tubos utilizados. El análisis cualitativo y cuantitativo de estas especificaciones para los instrumentos permitió establecer comparaciones entre las diferentes esferas que caían a través de los tubos. Esta cuidadosa planificación de los tubos es fundamental para considerar las diversas preocupaciones que pueden surgir antes, durante y después de la experimentación, de acuerdo con experiencias similares previas que permiten explicar el fenómeno que acontece. A continuación, se consideran las medidas de los diversos tubos utilizados en esta primera parte experimental:

Tubo	Altura (m)	Diámetro (cm)
A	1,1	3
B	1,6	3
C	1,6	2
D	1	4
E	1	3,7
F	0,7	2

Tabla 2 Medidas de algunos tubos utilizados en la práctica experimental propia. Fuente: Elaboración propia.

Durante la ejecución de la actividad, se procedió a dejar caer esferas de acero de diferentes diámetros a lo largo de los tubos. Las esferas, con diámetros de 0.4 cm, 0.6 cm, 1 cm y 1.2 cm, fueron liberadas una a una en cada tubo que contenía una sustancia específica. El objetivo principal de esta fase experimental era determinar los tiempos de caída de las esferas en los diferentes medios, observar el comportamiento de los cuerpos en su descenso y analizar cómo caían en función de diversas propiedades de cada sustancia en relación con el tubo que las contenía y el diámetro de la esfera que caía. Para esto, se acudió a videogravar cada caída y plantear interrogantes que pudieran orientar una actividad similar con los estudiantes en la implementación.



Ilustración 9 Ejercicio experimental: Diferentes momentos de la caída. Fuente: Elaboración propia.

La práctica realizada permitió considerar aspectos de los cuerpos en relación con su caída, tales como la relación entre su masa y el tiempo de caída, el diámetro de la esfera en relación con su velocidad promedio, el diámetro de la esfera en relación con el medio donde caía y la masa en relación con el tiempo y la velocidad de caída. A continuación, se expone una tabla donde se organizan varias de estas consideraciones:

Tubo	Medio	Altura (m)	Diámetro (cm)	t caída E1	t caída E2	t caída E3	t caída E4
1	Agua	1,1	3	1,01	0,77	0,56	0,53

Tubo	Medio	Altura (m)	Diámetro (cm)	t caída E1	t caída E2	t caída E3	t caída E4
2	Agua	1,6	3	0,93	0,96	1,05	1,34
3	Aceite	1,6	2	1,02	1,08	1,28	1,39
4	Aceite	1	4	1,34	1,22	0,95	0,88
5	Jabón	0,7	2	13,97	9,05	2,88	2,83

Tabla 3 Relación de tiempos de caída para esferas a través de tubos. Fuente: Elaboración propia.

Estos datos permiten plantear algunas relaciones con aquellas condiciones posibles de analizar de forma aritmética a través de la relación cinemática entre distancia y tiempo, $v = d/t$, para dar cuenta de la velocidad promedio de dos tipos de esferas, la de mayor y menor diámetro, para dar cuenta del cambio en su velocidad promedio a través de uno de los tubos:

Medio	Altura (m)	Diámetro (cm)	t prom caída E1 (s)	v prom (m/s)	t prom caída E4 (s)	v prom (m/s)
Agua	0,7	2	0,76	0,92	0,96	0,73
Aceite	0,7	2	2,72	0,26	2,80	0,25
Jabón	0,7	2	13,97	0,05	2,83	0,24

Tabla 4 Relación de velocidad para caída de esferas a través de varios medios. Fuente: Elaboración propia.

A través de la experimentación con esferas que caen en tubos con diferentes medios, como agua, aceite y jabón líquido, se puede observar una organización en el comportamiento de las esferas en relación con variables físicas que afectan su movimiento. Este enfoque permite explorar cómo las características del medio influyen en la dinámica de la caída. Por ejemplo, se ha evidenciado que esferas de mayor diámetro, al caer en tubos de menor diámetro, presentan una velocidad de caída diferente en comparación con las mismas esferas en tubos de mayor diámetro. Esta variación en la

velocidad puede atribuirse a la presión ejercida por las paredes del tubo sobre la esfera en movimiento, lo que genera un efecto de resistencia que dificulta su descenso.

Se puede considerar el caso de una esfera con un diámetro de 1,2 cm cayendo a través de un tubo (2) de 3 cm de diámetro con aceite. En este escenario, la esfera experimenta una mayor fricción y resistencia debido a la proximidad de las paredes del tubo, lo que ralentiza su caída, a comparación de la misma esfera cayendo en un tubo (3) con un diámetro de 3 cm de diámetro con agua. En contraste, cuando la misma esfera cae en un tubo (5) de menor diámetro y, a su vez, de menor altura, lleno de jabón, se observa que su tiempo de caída es ligeramente mayor que los anteriores, aunque su altura de caída sea diferente. Esto se debe a que el espacio adicional permite que la esfera se desplace con menor interferencia de las paredes del tubo, reduciendo así la resistencia y el empuje que debe superar para descender.

Este fenómeno ilustra cómo la organización de las cualidades del medio y de los cuerpos en caída puede ser analizada y formalizada, permitiendo comprender mejor las relaciones entre las variables involucradas. La identificación de estos patrones no solo enriquece la experiencia de aprendizaje, sino que también proporciona un contexto para la formalización matemática de los fenómenos observados, tal como se menciona en el análisis de la construcción de magnitudes y la relación entre cualidades y procesos de formalización. Esta descripción inicial del experimento permite identificar aspectos a mejorar, eliminar variables no deseadas y ajustar la actividad experimental en función de nuevas preguntas y necesidades que pudieran surgir con los estudiantes durante la implementación. La organización de los elementos utilizados y la cuidadosa planificación de las etapas experimentales son fundamentales para considerar las diversas preocupaciones que pueden surgir en el proceso.

Observaciones en cuanto a la caída de las esferas dentro de los tubos

La observación detallada de las caídas de las esferas en agua, aceite y jabón reveló diferencias significativas en el comportamiento de los cuerpos en función del medio en el que se encontraban; en el caso de las esferas que caían en agua, se notó un movimiento pronunciado hacia las paredes de los tubos, posiblemente debido a la disposición no totalmente vertical de los mismos, así como el efecto de turbulencia producto del desplazamiento de la esfera a través del tubo. Por otro lado, las esferas que caían en los tubos con aceite tendían a mantenerse más hacia el centro durante su

descenso, aunque algunas también chocaban con las paredes, esta diferencia radica en el tipo de tubo que se utilizó, así como la disposición que no era totalmente vertical: mientras que los tubos de agua fueron hechos por el autor usando una lámina de acetato sellada, los tubos que contenían aceite y jabón eran mangueras que ya venían fabricadas.

En cuanto a la velocidad de caída de las esferas dentro de los diversos fluidos analizados, fue mayor para las esferas que caían en agua en comparación con las que caían en aceite, el tiempo de caída fue mayor para las esferas que caían en el aceite, que las que caían en agua. Esta relación entre la velocidad y el tiempo de caída, que Galileo habría considerado luego de múltiples experimentos, resalta la importancia de abordar la caída de los cuerpos como un fenómeno que no está asociado a la caída en un único medio. No se puede asumir que una esfera caerá más rápido que otra únicamente por su tamaño o masa, ya que las observaciones experimentales demuestran, por ejemplo, que incluso las esferas de mayor masa y tamaño cayeron a una velocidad ligeramente menor que las de menor masa y tamaño en el aceite.

Procesos de formalización en la caída de los cuerpos

Dentro de las observaciones realizadas, se pudo establecer una relación con criterios que facilitaron la organización de la actividad experimental y algunas consideraciones sobre las relaciones entre las variables que intervienen en el fenómeno de caída a través de la selección de medios y esferas. A continuación, se presentan algunos criterios destacados:

- Si una esfera A, con el mismo diámetro que B, cae en un tubo con un medio C de mayor viscosidad que un medio D, ambos con un diámetro E, entonces A tomará un tiempo mayor en caer desde una misma altura.
- Si una esfera A, con un diámetro mayor que B, cae en un medio C, con igual viscosidad que un medio D, ambos con un diámetro E, entonces A tomará un tiempo menor en caer desde una misma altura.
- Si una esfera A, con el mismo diámetro que B, cae en un medio C de mayor viscosidad que un medio D, ambos con un diámetro E, entonces A caerá con una velocidad menor que B desde una misma altura.

- Si una esfera A, con el mismo diámetro que B, cae en un medio C con igual densidad que un medio D, entonces A tomará un tiempo mayor en caer que B, siempre que D tenga una altura menor que C.
- Si una esfera A, con el mismo diámetro que B, cae en un tubo con un medio C, con igual viscosidad que un medio D, siendo C de mayor diámetro, pero con la misma altura que D, entonces A caerá con una velocidad mayor que B.
- Si una esfera A, con el mismo diámetro que B, cae en un tubo con un medio C, con igual viscosidad que un medio D, siendo C de mayor diámetro, pero con la misma altura que D, entonces A caerá en un tiempo menor que B.

Esta serie de criterios, en torno a los cuales se puede presentar una amplia gama de combinaciones y resultados, otorga un valor agregado a la actividad a realizar con los estudiantes, pues permite enriquecer el sentido común a través de la experiencia y posibilita un cambio conceptual como lo ha hecho con el docente en el transcurso de su elaboración. Estos criterios descritos proporcionan un elemento fundamental en el estudio de la caída de los cuerpos en diferentes medios y permiten también enriquecer diferentes prácticas para futuros trabajos de investigación.

Aunque en el desarrollo de la actividad experimental no se han vinculado cálculos aritméticos específicos a las diferentes construcciones realizadas, se ha propuesto un vínculo de proporcionalidad que resulta fundamental para organizar el fenómeno de la caída de esferas. Este enfoque permite clasificar las caídas de acuerdo con variables que están en relación con las cualidades y características tanto del medio como de los cuerpos en caída. En este sentido, el reconocimiento de un campo fenomenológico implica diferenciar un conjunto de cualidades que se pueden estudiar y sobre las cuales se tiene una experiencia de base que facilita la identificación de patrones y relaciones (Malagón, Ayala, & Sandoval, 2013, pág. 96). Es crucial reconocer también, de acuerdo con Malagón y otros (2013):

“Cuando se comienza a organizar el fenómeno y se empieza a identificar cualidades que permiten hablar de ese fenómeno, esas cualidades y su organización o relación llevan a una formalización que incluye, entre otras cosas, clasificaciones, relaciones de orden, mediciones de diversos tipos y la configuración de la representación del fenómeno analizado a partir de dichas actividades” (Malagón, Ayala, & Sandoval, 2013, pág. 92).

La actividad experimental desempeña un papel crucial en la ordenación de estas cualidades, así como en el establecimiento de escalas de medida e instrumentos que permiten una mejor comprensión del fenómeno. A través de la observación y la experimentación es posible identificar cómo variables como el diámetro de las esferas y la viscosidad del medio influyen en el tiempo de caída. Este proceso de identificación y clasificación no solo enriquece la experiencia de aprendizaje, sino que también sienta las bases para una formalización más profunda del fenómeno.

La formalización se produce desde el momento en que se elaboran formas de hablar del fenómeno (Malagón, Ayala, & Sandoval, 2013, pág. 100), estableciendo relaciones que permiten organizar y clasificar las observaciones. En este contexto, la identificación de relaciones de proporcionalidad entre las variables se convierte en un primer paso hacia una formalización matemática. Por ejemplo, al observar que el tiempo de caída de una esfera puede variar en función de su tamaño y del medio en el que se encuentra, se pueden establecer patrones que sugieren una relación proporcional entre estas variables.

Estas discrepancias en el comportamiento de las esferas al caer en diferentes medios plantean interrogantes que pueden estimular la curiosidad de los estudiantes y motivar la exploración a través de experimentos y experiencias prácticas. Este enfoque no solo permite al docente generar nuevas preguntas y fomentar la indagación científica, sino que también destaca la importancia de no limitar el aprendizaje a la comprensión textual de un libro, sino más bien a la exploración activa y la construcción de conocimiento a partir de la observación y la experimentación.

Dificultades experimentales

Enfrentar retos en la construcción de un experimento implica abordar diversas preocupaciones sobre los resultados esperados. Aunque se busca obtener un resultado específico, la experiencia revela cambios en la comprensión del fenómeno a través de los procesos de experimentación. Este proceso experimental presentó una serie de dificultades que requirieron atención y soluciones creativas por parte del investigador. Una de las principales dificultades fue la conformación de los tubos utilizando láminas de acetato, dado que el material de vidrio es escaso y costoso, además de ser riesgoso en su manejo. La necesidad de mantener la estabilidad de los tubos al llenarlos con las sustancias era crucial para evitar derrames que pudieran comprometer la integridad del espacio

experimental. Para abordar esta situación, se implementó el uso de un embudo y se manejó con cautela el proceso de llenado, prestando especial atención a la fragilidad de algunos tubos.

Otra dificultad destacada durante el experimento fue la tendencia de algunos tubos a moverse o "bailar" una vez llenos con las sustancias, lo que podría interferir con la caída de las esferas y afectar los resultados. Para contrarrestar este problema, se enfocó en mantener los tubos lo más verticales posible, en ocasiones utilizando palos o tubos de madera, asegurando un entorno estable para la realización de las pruebas y tomas de tiempos de caída de las esferas. Este tipo de preocupaciones resalta la forma en la cual se puede analizar el fenómeno a través de la construcción de magnitudes evaluando lo que es posible medir y proponer problemas conceptuales en torno a la organización del fenómeno.

Durante el experimento, también se identificaron pequeñas fugas en los tubos que requerían la colocación de recipientes para contener los líquidos derramados, minimizando así posibles interferencias en las mediciones o riesgos de contaminación en el lugar. Aunque fue posible realizar un ejercicio comparativo a través de video, también podría ser interesante llevar a cabo una comparación simultánea con los estudiantes frente a la caída de los cuerpos en diferentes tubos con un mismo medio. Para esta tarea, en lo que prosigue a la construcción de actividades se articula la experiencia del investigador y la ampliación de una base fenomenológica estructurados a partir de una base conceptual.

Finalmente, es esencial delimitar los alcances de la práctica experimental para evitar ambigüedades en el análisis. En el estudio de la caída de los cuerpos para el investigador ha significado un cambio conceptual frente a la caída en relación con el medio, lo cual ha permitido obtener otras formas de hablar del fenómeno en cuanto a su relación con lo que acontece. Citando a Malagón y otros (2013), “el fenómeno cambia, se transforma y va evolucionando a medida que se van haciendo organizaciones distintas” (Malagón, Ayala, & Sandoval, 2013, pág. 89), permitiendo no solo hablar de la caída como algo en relación con el cuerpo, sino también con respecto al medio donde sucede y produce diferentes consideraciones.

CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE AULA

Este capítulo se presenta como una propuesta fenomenológica que busca permitir a los estudiantes hablar, representar e inferir sobre el fenómeno de la caída de los cuerpos en diferentes medios a través de una serie de actividades que tienen en cuenta la actividad experimental del autor y una revisión histórico-crítica del fenómeno mostrada en capítulos anteriores. No pretende mostrarse como una única forma de enseñar sobre el fenómeno y corresponde a una construcción que el autor genera para el contexto específico de la institución.

Caracterización de la población

La propuesta de aula se desarrolla en el Colegio Melanie Klein School, una institución educativa de carácter privado ubicada en Mosquera, Colombia. Este colegio alberga aproximadamente a 1500 estudiantes, cuyas edades oscilan entre los 3 y los 18 años. En este contexto el autor de este trabajo se desempeña como docente de matemáticas para el grado séptimo, con quienes ha trabajado durante aproximadamente dos años, lo que ha permitido establecer una trazabilidad y vínculo académico con ellos. Los estudiantes de este grado tienen edades comprendidas entre los 12 y 15 años.

Los contenidos de las clases están regidos por los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) y el Ministerio de Educación Nacional (MEN) de Colombia. Por lo tanto, se deben cumplir con una serie de contenidos característicos del curso. Es importante destacar que las clases se imparten en inglés en un 90%, lo que a veces puede presentar desafíos debido a las dificultades que algunos estudiantes pueden tener con este idioma.

El Colegio Melanie Klein School tiene una estructura dinámica, en la que se realizan actividades a través de un IQ board, un computador multi touch de tamaño considerable (90'' aproximadamente). Además, se cuenta con una serie de recursos didácticos y experimentales que garantizan un aprendizaje más vívido e interesante para los estudiantes, tales como laboratorio de física y ciencias, donde se albergan varios instrumentos de medición que es posible requerir para la práctica a realizar, ya que les permite descubrir el mundo a través de la experiencia y la experimentación. Aunque los procesos formales relacionados con la matemática son importantes, de acuerdo con la asignatura que imparte el docente dentro de la institución, es necesario tener en

cuenta que el colegio no mantiene un sistema tradicional de enseñanza y opta por el aprovechamiento dinámico de los recursos que están a disposición para generar ambientes de aprendizaje más dinámicos. Es allí cuando entra en juego la perspectiva que permite determinar el seguimiento de clases dentro de la institución para el docente adecuando las dinámicas a la actividad de pensamiento, representación y lenguaje.

La perspectiva fenomenológica juega un papel crucial en la comprensión de los fenómenos científicos, especialmente en el contexto educativo. Esta perspectiva se centra en la experiencia en vínculo con los fenómenos, permitiendo a los estudiantes observar, experimentar y analizar los fenómenos por sí mismos en lugar de simplemente aprender sobre ellos de manera abstracta. En el caso de la caída de los cuerpos en diferentes medios viscosos, la perspectiva fenomenológica surge entonces como un recurso pedagógico que permite al docente enfatizar en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva de ampliación, rectificación de los procesos de conocimiento al permitir a los estudiantes observar diversos fenómenos en relación con la caída de diversos cuerpos en diferentes medios.

La construcción de fenómenos en el aula se basa en la observación y análisis de las características de los objetos en caída, lo que permite a los estudiantes desarrollar una comprensión más profunda de las cualidades involucradas. De acuerdo con Malagón, et al (2013) “el reconocimiento de un campo fenomenológico a estudiar implica diferenciar una cualidad o conjunto de cualidades que se quieren estudiar y sobre las cuales se tiene una experiencia de base que permite hacer distinciones” (Malagón, Ayala, & Sandoval, 2013, pág. 96). Este proceso de identificación es fundamental para que los estudiantes puedan avanzar hacia la formalización de sus conocimientos.

Fue necesario iniciar con un conjunto de actividades que permitiera a los estudiantes preguntarse sobre la caída de los cuerpos, analizar y problematizar sobre la forma en la cual algunos cuerpos podían caer desde diferentes alturas de acuerdo con algunas consideraciones que los estudiantes pudieran tener en cuanto al cuerpo y al medio. Así pues, las actividades dedicadas a la primera semana se centraron en considerar los objetos y la forma en la cual podían caer; al problematizar se generaban diversas hipótesis en el diálogo entre los participantes de cada grupo que propendía por la explicación sobre cómo caerían los cuerpos para, posteriormente, dejarlos caer y evidenciar el fenómeno desde lo práctico.

Diseño de la propuesta de aula

Para el diseño de la propuesta de aula se tuvo en cuenta los criterios de selección explorados en el capítulo anterior, donde fue necesario realizar la actividad experimental propia por parte del autor para dar cuenta de diversas consideraciones con respecto a la actividad a desarrollar con los estudiantes y da cuenta de sus formas de hablar, representar e inferir sobre el fenómeno. A continuación, se presenta el cronograma de actividades con las cuales se destaca cada uno de los objetivos de la actividad semana a semana y se explora posteriormente la actividad realizada con los estudiantes.

A continuación, se presenta la organización de las actividades programadas para el grupo de estudiantes seleccionados de la institución, las cuales se llevarán a cabo durante un período de tres semanas. Este cronograma ofrece una visión general de los objetivos específicos que se abordarán con los estudiantes en cada semana. Además, se detalla la distribución de las actividades planificadas para cada hora de clase, sumando un total de cuatro horas semanales y doce horas en total para la implementación del trabajo. (ver Tabla 6).

	1 hora	2 hora	3 hora	4 hora
Semana 1: Exploración guiada	Objetivo: Analizar la caída de los cuerpos con relación a sus cualidades, evitando la influencia de una cuantificación o medición concreta.			
	Actividad: Introducción al fenómeno de la caída de los cuerpos y su relación con las cualidades de los objetos. Planteamiento de experimentos cualitativos para explorar la caída de los cuerpos en diferentes contextos. Formulación de preguntas relacionadas con las cualidades de los objetos y su influencia en la caída.	Actividad: Realización de experimentos prácticos de caída de cuerpos desde una altura determinada. Guía de trabajo en relación con la caída de los cuerpos. Recolección de datos, diagramas, dibujos, explicaciones, fotos, videos, audios. En torno al ejercicio realizado la clase anterior. (Ver guía de trabajo – Semana 1)	Actividad: Discusión sobre las observaciones obtenidas durante el experimento preliminar. Recolección de las conclusiones y reflexiones de la actividad semanal. Representar cómo cayeron los cuerpos. Recolección y socialización de datos.	
Semana 2: Profundización	Aplicar el uso de variables y comparación de medidas a través del uso de diversos instrumentos de recolección y medición.			
	Actividad: Conexión entre primera y segunda semana. Reconocimiento de materiales (tubos, esferas) y escenario. y la posibilidad de comparar diferentes caídas a partir de estas	Actividad: Realización de la actividad con tubos para registrar observaciones cualitativas y cuantitativas sobre la caída de los cuerpos	Actividad: Realización de la actividad con tubos para registrar observaciones cualitativas y cuantitativas. 1. Selección y	Actividad: Consolidación de los datos recopilados y reflexión sobre las implicaciones de las variables y características en el estudio de la caída de los cuerpos.

	mediciones. (Ver guía de trabajo – Semana 2)	en presencia de fluidos. Sugerencia sobre la realización de tablas con datos.	análisis de tubo único por grupo. Registro detallado de los procedimientos y resultados experimentales obtenidos.	
Semana 3: Integración	Integración de la actividad experimental y la formalización desde una perspectiva fenomenológica.			
Cierre	Selección de un único tubo y análisis a profundidad. Desarrollo de una representación audiovisual que sintetice las reflexiones y aprendizajes obtenidos durante las actividades experimentales.	Inclusión de aspectos cualitativos y cuantitativos relacionados con la caída de los cuerpos en diferentes medios viscosos. (Ver guía de trabajo – Semana 3)	Exposición de las representaciones audiovisuales elaboradas por cada grupo, destacando los puntos clave sobre la caída de los cuerpos y su formalización. Compartición de las reflexiones, conclusiones y posibles aplicaciones prácticas derivadas de las actividades realizadas.	

Tabla 5 Estructuración de la actividad experimental con los estudiantes. Fuente: Elaboración propia.

Al respecto, también se podrá encontrar un análisis más simplificado en la sección de Anexos ([Ver Anexo 1](#)), que permitió sintetizar la actividad experimental con los estudiantes. Seguido a esto, se presenta una organización con respecto a los instrumentos de recolección de datos utilizados durante las actividades con los estudiantes, justificando el uso de cada uno de los instrumentos y en qué momento el autor considera pertinente hacer la debida recopilación del material. (ver Tabla 6).

Instrumento	Justificación	Momentos
Fotos, Audios Videos	Permite registrar de manera visual el desarrollo de los experimentos, los resultados obtenidos y las interacciones entre los estudiantes y los materiales.	Durante la Experimentación: Para documentar el proceso de realización de los experimentos, la disposición de los materiales y la ejecución de las pruebas. En la Observación de Resultados: Para registrar el comportamiento de las esferas al caer a través de los tubos con diferentes fluidos, así como cualquier variación en la velocidad y resistencia.
Explicaciones escritas (descripciones, dibujos, gráficos, esquemas)	Fundamental para comprender las diversas formalizaciones, sus interpretaciones de los fenómenos observados y sus conexiones con los conceptos teóricos.	Antes de la Experimentación: Para conocer las hipótesis iniciales de los estudiantes y sus expectativas sobre los resultados. Durante la Discusión: Para registrar las interpretaciones de los resultados obtenidos, las conclusiones alcanzadas y las conexiones establecidas con los conceptos de viscosidad, resistencia, velocidad límite y peso.
Resultado Audiovisual de los estudiantes	Forma creativa y original en la que expresan sus interpretaciones, reflexiones y aprendizajes sobre la caída de los cuerpos en medios viscosos. Permite que los estudiantes utilicen diferentes medios para comunicar sus ideas y demostrar su comprensión del fenómeno.	Después de la Experimentación: Consistirá en evidenciar cómo los estudiantes reflexionaron sobre la actividad realizada y cómo pueden interpretar los resultados cualitativos y cuantitativos.

Tabla 6 Instrumentos de recolección de datos. Fuente: Elaboración propia.

Análisis de la actividad experimental

A continuación, se presenta una síntesis sobre la organización de la actividad experimental llevada a cabo con los estudiantes, estructurada por semanas. En esta síntesis se muestran evidencias del análisis de 9 grupos de estudiantes y se generan observaciones acerca de las maneras en que los estudiantes hablan, representan e infieren sobre el fenómeno de la caída de los cuerpos en diferentes medios a partir de su relación con la experiencia realizada semana a semana. Se denota con “G” a cada uno de los grupos (G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G9).

Caída de diferentes cuerpos en el aire

A continuación, se presenta un análisis del desarrollo de la actividad experimental con los grupos de estudiantes, en el cual se destacan algunas observaciones realizadas durante la experiencia. Estas observaciones permiten identificar las formas en que los estudiantes hablan, representan e infieren sobre la caída de los cuerpos en diferentes medios. Este enfoque se basa en la perspectiva fenomenológica, que subraya la relevancia de la experiencia y la observación en la construcción del conocimiento. Se han seleccionado precisiones significativas de los estudiantes, así como el análisis del docente sobre las aportaciones realizadas durante el diálogo final de cada semana. Además, se incluyen algunas discusiones con los grupos durante la ejecución de las actividades previamente establecidas.

Durante la primera semana con los estudiantes abordando la caída de los cuerpos, las actividades se desarrollaron desde un enfoque experimental que permitió a los estudiantes la construcción de explicaciones en torno al objetivo de la actividad, el cual consistía en analizar cómo caen diversos cuerpos desde diferentes alturas y problematizar sobre cualidades y variables relevantes en el proceso. Se seleccionaron cinco cuerpos de diferentes características: una pelota plástica hueca, una pelota de espuma, un balón de acero, una hoja de papel y un lápiz. Los estudiantes, organizados en grupos de cuatro a cinco personas, desarrollaron diversas experiencias en relación con la observación y registro de la caída de algunos cuerpos con diferentes propiedades y desde diferentes alturas.



Ilustración 10 Analogías generadas por los estudiantes en torno a la caída de objetos específicos. Elaboración propia.

El proceso se estructuró en tres momentos clave, de acuerdo con el objetivo específico del trabajo correspondiente al análisis de las formas de hablar, representar e inferir de los estudiantes:

- En la fase inicial, los estudiantes formularon hipótesis sobre el comportamiento de los cuerpos al caer, lo que les permitió establecer una base para la organización de sus ideas y explicar sus expectativas, recordando el sentido de la actividad en relación con la explicación de los fenómenos.
- El segundo momento correspondió a la representación de la caída a través del dibujo y formas de entender la caída de los cuerpos en cuanto a la hipótesis. Este momento, al igual que el anterior, correspondió a una base que los estudiantes tendrían previo a dejar caer los cuerpos y observar diversas interacciones.
- El tercer momento correspondería la interpretación y análisis de la caída desde la actividad que se realizó y dentro de la cual denotaría posibles cambios en sus formas de hablar y representar acudiendo a la forma en como cayeron los cuerpos específicos seleccionados para la actividad. Este tercer momento propendería por ser la base que los estudiantes tendrían para la siguiente semana de actividades.

A continuación, se detallan algunas elaboraciones de los estudiantes referentes al primer momento, y un pequeño análisis por parte del docente en cuanto a algunas preguntas realizadas dentro de la actividad escrita y que los estudiantes desarrollaron como parte de la explicación de la caída de los cuerpos. Se presenta una pregunta referente a las formas de los objetos y su influencia en la caída de los cuerpos:

¿La forma de los objetos hace que caigan diferente?

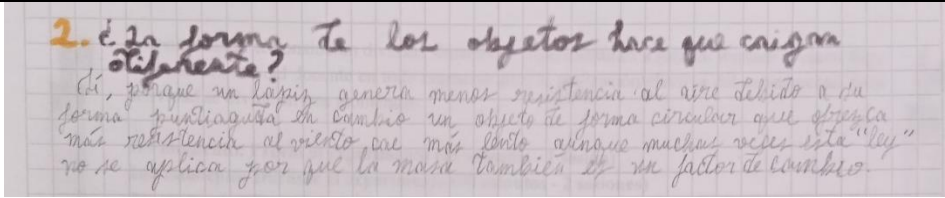
Evidencia	
Ideas G1	“Sí, porque un lápiz genera menor resistencia al aire debido a la forma puntiaguda, en cambio un objeto de forma circular que ofrezca más resistencia al viento cae más lento, aunque muchas veces esta “ley” no se aplica porque la masa también es un factor de cambio”.
Análisis del docente	La primera organización que presenta el grupo está en relación con el medio y la forma y masa del cuerpo; a través de esto explican una relación directa con el tiempo de caída del objeto.

Tabla 7 Evidencias escritas de los estudiantes sobre el primer momento, 1er pregunta. Elaboración propia.

Para los estudiantes, la actividad de explicación en cuanto a las preguntas que se encontraban en la guía representaba una herramienta para transmitir su conocimiento sobre el fenómeno en cuanto a las experiencias previas y cotidianas, pues hasta el momento no habían tenido una primera exploración directa con los objetos propuestos en la actividad, más que las imágenes de estos. En relación con lo anterior, también se obtuvo diversas precisiones de algunos grupos en cuanto a qué hace que caigan los cuerpos. A continuación, se muestran algunas explicaciones y el análisis del docente frente a las formas en las cuales los estudiantes explicaban sus razones para la caída de los cuerpos.

¿Qué crees que hace que caigan los objetos?

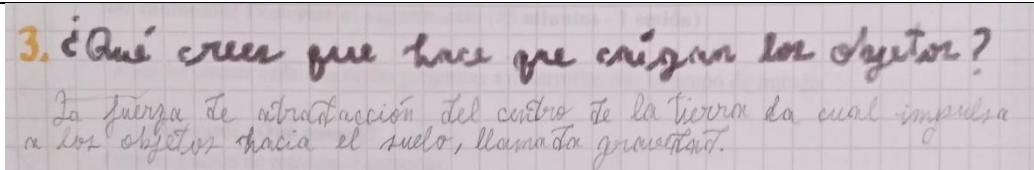
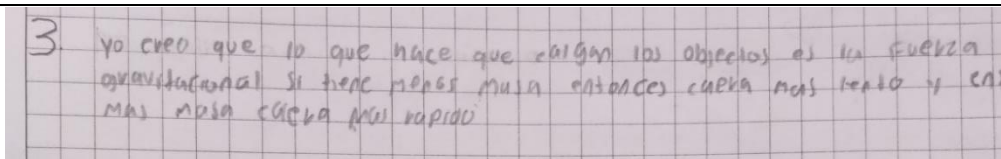
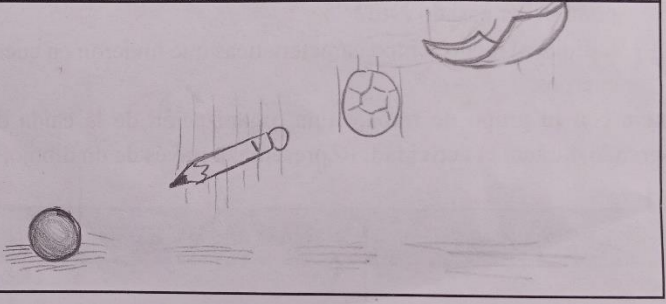
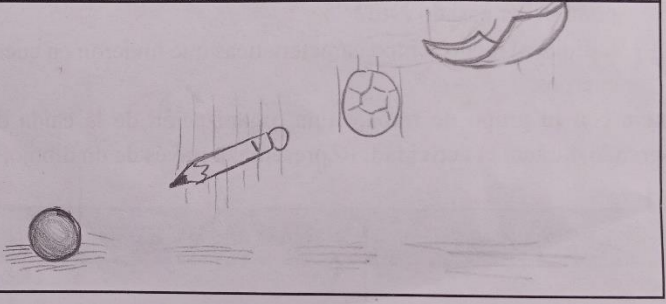
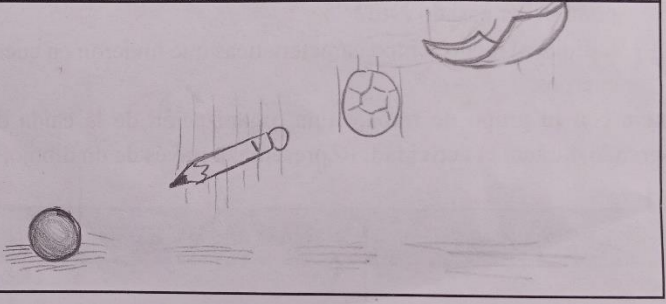
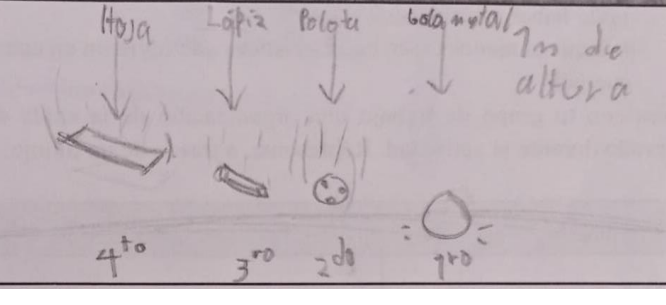
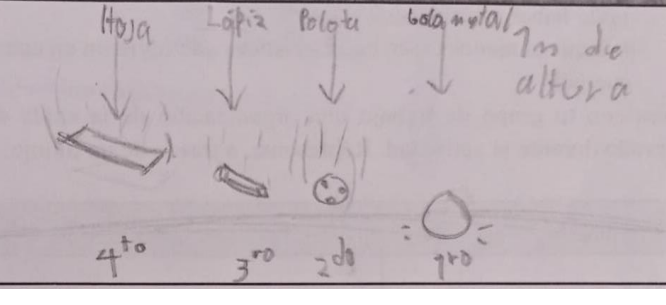
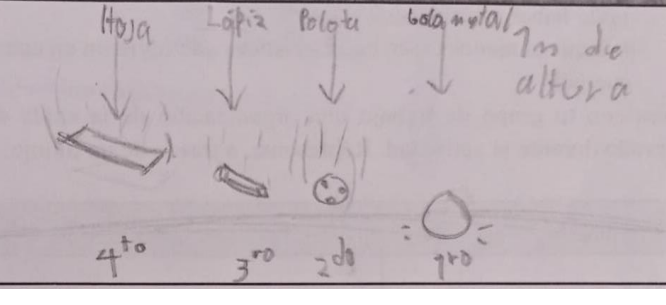
Evidencia G1	
Ideas G1	“La fuerza de atracción del centro de la tierra, la cual impulsa a los objetos hacia el suelo, llamada gravedad”.
Análisis del docente	El grupo denota un conocimiento de la caída de los cuerpos en relación con la gravedad y alude esto como una fuerza que atrae los objetos hacia el centro de la Tierra.
Evidencia G2	
Ideas G2	“Yo creo que lo que hace que caigan los objetos es la fuerza gravitacional si tiene menos masa, entonces caerá más lento y entre más masa caerá más rápido”.
Análisis del docente	El grupo propone una relación directa entre la masa y el tiempo de caída de los cuerpos. Dentro de su organización es posible denotar una proporción directa entre estas dos cualidades.

Tabla 8 Evidencias gráficas y escritas de los estudiantes sobre el primer momento, 2da pregunta. Elaboración propia.

Frente a estas explicaciones y posterior análisis del docente frente a lo que explican los estudiantes sobre la caída es posible generar un primer bosquejo en torno a las hipótesis que tienen los estudiantes frente al fenómeno de caída de cuerpos en un medio de acuerdo con diversas cualidades y variables asociadas no solo a los cuerpos, sino también en relación con el medio donde caen. Es posible dilucidar algunas preocupaciones que los estudiantes tienen en cuanto a la caída de los cuerpos, tales como la gravedad, el peso, la forma, la masa y su relación directa con las formas de hablar del fenómeno. Al respecto, también fue posible considerar las formas de representar que

algunos grupos de estudiantes logran hacer sobre la caída de los diferentes cuerpos, de acuerdo con experiencias previas que les permiten generar una hipótesis y organizar la caída de acuerdo con las cualidades asociadas a los cuerpos en interacción con el aire que provoca que caigan de una u otra forma:

Organización de la caída de los cuerpos en función de diversas características que puedan ser relevantes. Dibuja cómo crees que van a caer los cuerpos.

Evidencia G2	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="396 575 716 625">Organización</th><th data-bbox="716 575 1386 625">Representa la comparación de las caídas de los cuerpos</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="396 625 716 701">Bola de acero</td><td data-bbox="716 625 1386 926" rowspan="4">  </td></tr> <tr> <td data-bbox="396 701 716 777">Lapiz</td></tr> <tr> <td data-bbox="396 777 716 852">Pelota antiestres</td></tr> <tr> <td data-bbox="396 852 716 926">Papel</td></tr> </tbody> </table>	Organización	Representa la comparación de las caídas de los cuerpos	Bola de acero		Lapiz	Pelota antiestres	Papel
Organización	Representa la comparación de las caídas de los cuerpos							
Bola de acero								
Lapiz								
Pelota antiestres								
Papel								
Análisis del docente	En su representación muestran la bola de acero sobre el suelo, mientras los demás cuerpos siguen en caída. Representan líneas sobre, y detrás de los cuerpos, aludiendo a la resistencia del aire, de acuerdo con sus descripciones orales.							
Evidencia G3	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="367 1167 716 1218">Organización</th><th data-bbox="716 1167 1386 1218">Representa la comparación de las caídas de los cuerpos</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="367 1218 716 1293">Hoja de papel</td><td data-bbox="716 1218 1386 1520" rowspan="4">  </td></tr> <tr> <td data-bbox="367 1293 716 1369">Lapiz</td></tr> <tr> <td data-bbox="367 1369 716 1444">Pelota antiestres</td></tr> <tr> <td data-bbox="367 1444 716 1520">bola de metal</td></tr> </tbody> </table>	Organización	Representa la comparación de las caídas de los cuerpos	Hoja de papel		Lapiz	Pelota antiestres	bola de metal
Organización	Representa la comparación de las caídas de los cuerpos							
Hoja de papel								
Lapiz								
Pelota antiestres								
bola de metal								
Análisis del docente	Dentro de su organización destacan que el papel tardará más tiempo en caer, mientras que la esfera (bola) de metal tomará el menor tiempo de caída desde una altura, hipotética, de 1 metro.							

Evidencia G4	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Organización</th><th>Representa la comparación de las caídas de los cuerpos</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 bola de acero</td><td rowspan="4"> </td></tr> <tr> <td>2 lapiz</td></tr> <tr> <td>3 bola Anti-est</td></tr> <tr> <td>4 Papel</td></tr> </tbody> </table>	Organización	Representa la comparación de las caídas de los cuerpos	1 bola de acero		2 lapiz	3 bola Anti-est	4 Papel
Organización	Representa la comparación de las caídas de los cuerpos							
1 bola de acero								
2 lapiz								
3 bola Anti-est								
4 Papel								
Análisis del docente	Por medio de su representación y su descripción oral, muestran flechas detrás de los objetos como una simulación de la velocidad y el orden de caída de los cuerpos. Los estudiantes solo observaron los cuerpos, más no los tocaron antes de generar esta representación.							
Evidencia G5	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Organización</th><th>Representa la comparación de las caídas de los cuerpos</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Squishi ball</td><td rowspan="4"> </td></tr> <tr> <td>Paper</td></tr> <tr> <td>metal ball</td></tr> <tr> <td>Pencil</td></tr> </tbody> </table>	Organización	Representa la comparación de las caídas de los cuerpos	Squishi ball		Paper	metal ball	Pencil
Organización	Representa la comparación de las caídas de los cuerpos							
Squishi ball								
Paper								
metal ball								
Pencil								
Análisis del docente	Se representa la caída con varias flechas que dan cuenta de la velocidad y trayectoria del objeto. El número de flechas indica cuánto tiempo tomará el cuerpo en caer: a mayor número de flechas, mayor tiempo en caída. Así mismo expresan su creencia de que los cuerpos esféricos, como la pelota de espuma y la esfera de metal, caerán al mismo tiempo. No mencionan altura o tiempo en específico, sin embargo, consideran que una flecha corresponde a la caída más rápida, mientras a mayor número de flechas menor será la velocidad de caída.							

Evidencia G6	Organización	Representa la comparación de las caídas de los cuerpos				
	Lápiz	Lápiz	Plt 1 esponja	Plt 2 plástica	Balón	Hoja
	Balines					
	Hoja					
	Pelota 1 y 2					
Análisis del docente		Los estudiantes representan su organización incluyendo la posible trayectoria de los objetos en caída; el lápiz, muestra un cambio en su posición de caída, mientras que la pelota plástica y la hoja de papel se muestran como una caída en zigzag; tanto la esfera de metal (balón) y la pelota 1 (espuma) muestran una trayectoria en línea recta. Los estudiantes expresan también si los cuerpos rebotaran y cómo será la trayectoria en su rebote al llegar al suelo.				

Tabla 9 Evidencias gráficas de los estudiantes sobre el primer momento. Elaboración propia.

Este tipo de representaciones considera aspectos que están a la base de un conocimiento que los estudiantes tienen sobre el fenómeno de caída como algo cotidiano y a lo que pueden dar explicación, pues consideran que unos cuerpos caerán primero que otros, o en un menor tiempo por la interacción entre diversas cualidades y variables. La representación de su organización, junto con su hipótesis, constituye un elemento de partida frente a las diversas construcciones y preocupaciones que tendrán los estudiantes a lo largo de la actividad.



Ilustración 11 Estudiantes dejando caer diferentes objetos desde diferentes alturas. Elaboración propia.

Para el segundo momento, los grupos dejaron caer los diferentes cuerpos y registraron los tiempos y alturas según ellos consideraran importante para dar cuenta de sus explicaciones, lo que les permitió problematizar sobre las variables y cualidades involucradas en el proceso de caída de acuerdo con el uso de algunos instrumentos de medida. Los estudiantes no solo observaron, sino que también reflexionaron sobre sus observaciones, generando un diálogo que enriqueció su comprensión del fenómeno. A continuación, se detallan algunos registros de lo que comentaron los estudiantes y cómo esto les permitió profundizar en sus construcciones referentes al fenómeno de caída:

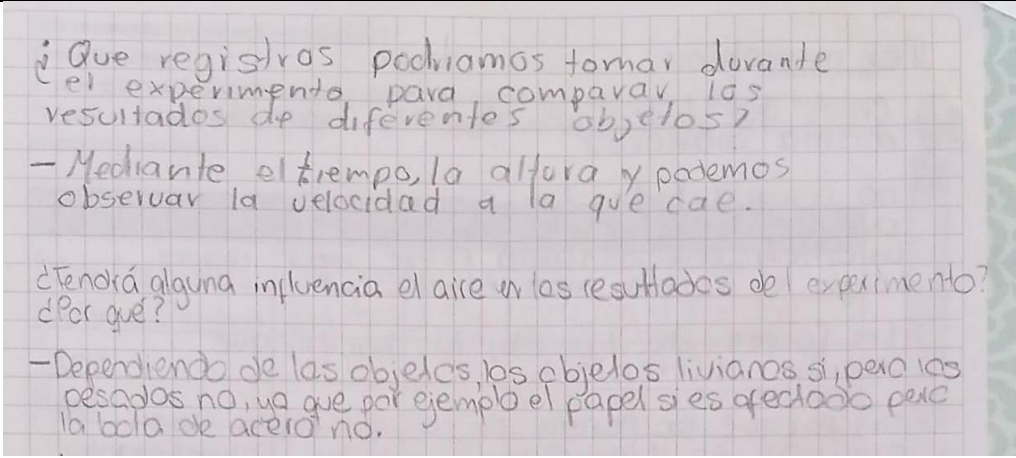
Evidencia G8	
Idea del grupo	Los cuerpos caen, pero hay algo que los detiene y retrasa en su caída. La influencia del aire depende del peso del cuerpo.
Análisis del docente	El grupo considera que el aire afectaría solo a los objetos livianos, como el papel, pero no a los pesados, como la esfera de acero. Aunque el grupo menciona que pudieron observar la velocidad, en el diálogo indican que esta se encuentra en relación con el tiempo de caída: a mayor tiempo, menor velocidad y viceversa, lo cual aludiría a una proporción inversa entre estas dos variables.

Tabla 10 Evidencias escritas de los estudiantes sobre el segundo momento. Elaboración propia.

Dentro de las explicaciones de los estudiantes es posible visualizar cómo los elementos en relación con la medición comienzan a tener un sentido para relacionar las variables y cualidades asociadas a la caída como algo susceptible de medir y construir una explicación que les permita dar cuenta del fenómeno para cuerpos similares y en diversas experiencias. A continuación, se muestran algunos datos numéricos tomados por algunos grupos como base para la construcción de explicaciones sobre la caída y plantear una organización sobre los cuerpos en cuanto a sus propiedades en relación con el medio (ver tabla 11):

Evidencia G3	<table><tr><th>Cuerpo</th><th>Altura</th><th>Tiempo</th><th>¿Cómo cayó?</th></tr><tr><td>Papel</td><td>escaleras Piso 2-3</td><td>5.5 s</td><td>balanceándose de un lado a otro</td></tr><tr><td>pelota anti-estrés</td><td>escaleras Piso 2-3</td><td>1.3 s</td><td>trayectoria fija con bastante rebote</td></tr><tr><td>bola metal</td><td>escaleras Piso 2-3</td><td>1.35 s</td><td>trayectoria fija con bastante arrastramiento</td></tr><tr><td>lápiz</td><td>escaleras Piso 2-3</td><td>1.25 s</td><td>trayectoria fija con leve inclinación</td></tr><tr><td>pelota plástico</td><td>escaleras Piso 2-3</td><td>1.62 s</td><td>trayectoria fija sin casi rebote</td></tr></table>	Cuerpo	Altura	Tiempo	¿Cómo cayó?	Papel	escaleras Piso 2-3	5.5 s	balanceándose de un lado a otro	pelota anti-estrés	escaleras Piso 2-3	1.3 s	trayectoria fija con bastante rebote	bola metal	escaleras Piso 2-3	1.35 s	trayectoria fija con bastante arrastramiento	lápiz	escaleras Piso 2-3	1.25 s	trayectoria fija con leve inclinación	pelota plástico	escaleras Piso 2-3	1.62 s	trayectoria fija sin casi rebote
Cuerpo	Altura	Tiempo	¿Cómo cayó?																						
Papel	escaleras Piso 2-3	5.5 s	balanceándose de un lado a otro																						
pelota anti-estrés	escaleras Piso 2-3	1.3 s	trayectoria fija con bastante rebote																						
bola metal	escaleras Piso 2-3	1.35 s	trayectoria fija con bastante arrastramiento																						
lápiz	escaleras Piso 2-3	1.25 s	trayectoria fija con leve inclinación																						
pelota plástico	escaleras Piso 2-3	1.62 s	trayectoria fija sin casi rebote																						
Análisis del docente	En la explicación de las estudiantes se mencionó la necesidad de mantener siempre la misma altura para dejar caer los objetos y que solo una misma persona los soltara. Describen la trayectoria de los cuerpos y presentan tiempos de caída para cada cuerpo desde una determinada altura, para los cuales se define el menor tiempo de caída para el lápiz y el mayor tiempo para la hoja de papel.																								
Evidencia G7	<table><tr><th>Cuerpo</th><th>Altura</th><th>Tiempo</th><th>¿Cómo cayó?</th></tr><tr><td>Hoja</td><td>Todos</td><td>7.15</td><td>Comenzó a frenarse por cuenta del viento y como es muy ligera se demoró.</td></tr><tr><td>Pelota plástica</td><td>tienen</td><td>1.2 s</td><td>Mantuvo una velocidad constante y no se frenó.</td></tr><tr><td>Pelota desestresante</td><td>la</td><td>1.2 s</td><td>Mantuvo una velocidad constante y no se frenó.</td></tr><tr><td>Bolin</td><td>misma</td><td>1.2 s</td><td>Mantuvo una buena velocidad.</td></tr><tr><td>Lapiz</td><td>altura.</td><td>1.2 s</td><td>Salio verticalmente trayectoria de vueltas hasta caer horizontalmente.</td></tr></table>	Cuerpo	Altura	Tiempo	¿Cómo cayó?	Hoja	Todos	7.15	Comenzó a frenarse por cuenta del viento y como es muy ligera se demoró.	Pelota plástica	tienen	1.2 s	Mantuvo una velocidad constante y no se frenó.	Pelota desestresante	la	1.2 s	Mantuvo una velocidad constante y no se frenó.	Bolin	misma	1.2 s	Mantuvo una buena velocidad.	Lapiz	altura.	1.2 s	Salio verticalmente trayectoria de vueltas hasta caer horizontalmente.
Cuerpo	Altura	Tiempo	¿Cómo cayó?																						
Hoja	Todos	7.15	Comenzó a frenarse por cuenta del viento y como es muy ligera se demoró.																						
Pelota plástica	tienen	1.2 s	Mantuvo una velocidad constante y no se frenó.																						
Pelota desestresante	la	1.2 s	Mantuvo una velocidad constante y no se frenó.																						
Bolin	misma	1.2 s	Mantuvo una buena velocidad.																						
Lapiz	altura.	1.2 s	Salio verticalmente trayectoria de vueltas hasta caer horizontalmente.																						
Análisis del docente	Se evidencia la toma de diferentes tiempos de caída, y comentan que por cuenta del viento la hoja se frenaba. Relacionan variables al análisis de la caída en relación con la masa, la velocidad y la trayectoria. Se distingue en su explicación un pensamiento relacional entre las variables que intervienen durante la caída.																								

Tabla 11 Evidencias gráficas de los estudiantes sobre el segundo momento. Elaboración propia.

Al respecto, también fue posible que los estudiantes plantearan diversas representaciones gráficas sobre la caída de los diferentes cuerpos de acuerdo con sus observaciones y mediciones, donde se evidenció una determinada organización en cuanto a los tiempos de caída, así como la trayectoria de los cuerpos en caída. (Ver tabla 12).

Evidencia G3	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Organización</th><th>Representa la comparación de las caídas de los cuerpos</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lápiz</td><td rowspan="4"> </td></tr> <tr> <td>Pelota anti-olivos</td></tr> <tr> <td>bola de metal</td></tr> <tr> <td>Papel</td></tr> </tbody> </table>	Organización	Representa la comparación de las caídas de los cuerpos	Lápiz		Pelota anti-olivos	bola de metal	Papel	
Organización	Representa la comparación de las caídas de los cuerpos								
Lápiz									
Pelota anti-olivos									
bola de metal									
Papel									
Análisis del docente	Presentaron un cambio en su organización gráfica con respecto al primer modelo. Decidieron explicar sus modelos en función de los tiempos obtenidos en el segundo momento. Proponen una organización de caída, donde el 1ro corresponde, de acuerdo con su descripción oral, con el cuerpo que cae más rápido, aunque en ningún momento dejaron caer varios cuerpos al tiempo.								
Evidencia G5	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Organización</th><th>Representa la comparación de las caídas de los cuerpos</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lápiz</td><td rowspan="5"> </td></tr> <tr> <td>bola de metal</td></tr> <tr> <td>Pelota de Antiestres</td></tr> <tr> <td>Pelota de plástico</td></tr> <tr> <td>Papel</td></tr> </tbody> </table>	Organización	Representa la comparación de las caídas de los cuerpos	Lápiz		bola de metal	Pelota de Antiestres	Pelota de plástico	Papel
Organización	Representa la comparación de las caídas de los cuerpos								
Lápiz									
bola de metal									
Pelota de Antiestres									
Pelota de plástico									
Papel									
Análisis del docente	Se presenta una organización similar a la inicial, sin embargo, luego de tener la experiencia cambiaron la trayectoria de las flechas a manera del cambio en la trayectoria de los cuerpos observados.								

Evidencia G6	<table border="1"> <tr> <th>Organización</th> <th colspan="5">Representa la comparación de las caídas de los cuerpos</th> </tr> <tr> <td>Pelota 1 y 2</td> <td>Plt 1</td> <td>Balón</td> <td>Hoja</td> <td>Lápiz</td> <td>Plt 2</td> </tr> <tr> <td>Balones</td> <td rowspan="3"> </td> <td rowspan="3"> </td> <td rowspan="3"> </td> <td rowspan="3"> </td> <td rowspan="3"> </td> </tr> <tr> <td>Hoja</td> </tr> <tr> <td>Lápiz</td> </tr> </table>	Organización	Representa la comparación de las caídas de los cuerpos					Pelota 1 y 2	Plt 1	Balón	Hoja	Lápiz	Plt 2	Balones						Hoja	Lápiz
	Organización	Representa la comparación de las caídas de los cuerpos																			
	Pelota 1 y 2	Plt 1	Balón	Hoja	Lápiz	Plt 2															
	Balones																				
	Hoja																				
Lápiz																					
Análisis del docente	Aunque la organización fue similar a la del primer momento antes de dejar caer los cuerpos, los estudiantes cambiaron la representación de las trayectorias de los cuerpos, y ahora la hoja, aparentemente, tiene una caída diferentes a los demás cuerpos; representan por flechas hacia abajo la dirección de la caída, aunque también representan, posiblemente, el time lapse de cada cuerpo en caída, en el cual el balón al caer con mayor velocidad no proyecta tantas imágenes como la pelota 1 y 2 (espuma y plástico), el lápiz y la hoja.																				

Tabla 12 Evidencias gráficas de los estudiantes sobre el tercer momento. Elaboración propia.

En el tercer, y último momento de la semana, los grupos discutieron sus hallazgos y respondieron a preguntas que les permitieron interpretar sus experiencias. Aquí, se evidenció la diversidad de organizaciones conceptuales. Algunos estudiantes utilizaron términos como "gravedad", "fuerza gravitacional" y "resistencia del aire", lo que indica un avance en su interpretación de los fenómenos físicos con respecto a relaciones entre variables, e incluso con otros fenómenos, mientras que otros grupos se limitaron a describir sus observaciones sin realizar mediciones o presentar relaciones entre cualidades y variables, lo que sugiere que la experiencia sensible fue suficiente para algunos, mientras que otros buscaron una formalización más rigurosa.

Un aspecto notable de la actividad fue la manera en la cual los estudiantes representaban las trayectorias de los cuerpos en caída. Algunos grupos optaron por utilizar líneas punteadas, flechas o líneas continuas para ilustrar este fenómeno, lo que refleja diversas concepciones sobre el mismo fenómeno, sin embargo, fue común evidenciar siempre una caída dirigida hacia la tierra, o "hacia abajo", en palabras de algunos estudiantes. Además, ciertos grupos se centraron en establecer la relación entre los tiempos y las alturas, así como la velocidad de cada cuerpo en caída, a través de ecuaciones o relaciones de proporcionalidad. Esta variabilidad en las representaciones gráficas y

modelación es interesante, ya que "muestra el estrecho vínculo que hay entre el trabajo de formalización ligado a la actividad de construcción de magnitudes y el trabajo fenoménico ligado a la actividad experimental" (Malagón, Ayala, & Sandoval, 2013, pág. 33). La forma en que los estudiantes eligieron representar la caída no solo revela una primera organización del fenómeno, sino también su compromiso con el proceso de aprendizaje.



Ilustración 12 Toma de alturas por parte de los estudiantes a través del uso de nuevas tecnologías. Elaboración propia.

Caída de cuerpos en diferentes medios

Durante esta segunda semana se realizaron diversas experiencias que involucrar al dejar caer esferas de metal en varios tubos con diferentes medios en función del objetivo correspondiente a esta semana, a saber **“Explorar y analizar cómo las características de distintos líquidos afectan la caída de esferas metálicas a través de tubos de diferentes diámetros.”**. Se consideraron 3 medios diferentes: agua, aceite de cocina y jabón líquido. En total se construyeron 11 tubos de diferentes alturas y diámetros. También se usaron 5 probetas: 3 de ellas con altura y diámetro igual entre sí, y dos de ellas de mayor altura y diámetro, e iguales entre ellas. A continuación, se muestran en la siguiente imagen los diferentes tubos usados en la práctica experimental con los estudiantes:



*Ilustración 13 Diferentes tubos usados en la práctica experimental con los estudiantes.
Elaboración propia.*

Se tuvo en cuenta el uso de 4 esferas de metal de diferente diámetro, a continuación, se muestran en la siguiente ilustración:



Ilustración 14 Esferas de metal utilizadas en la práctica. Fuente: Elaboración propia.

Para la actividad desarrollada con los estudiantes fue necesario dividirla en dos momentos: el primer momento correspondió a un reconocimiento de los materiales, sustancias, elementos y espacios donde se tendrían las siguientes experiencias con los estudiantes. Esta actividad les permitió considerar desde cómo debían ingresar al laboratorio, hasta cómo dejar caer las esferas dentro de los tubos con los diferentes medios. De acuerdo con las instrucciones del docente, los estudiantes llevarían a cabo las diversas actividades de llenado y vaciado de los tubos, momentos de observación y registro de actividad en la guía de trabajo propuesta.

Primer momento de la actividad

En la primera fase de la actividad, los estudiantes exploraron los tubos disponibles, recibiendo un tubo y una probeta por grupo, junto con ocho esferas de metal. No se utilizó ningún medio adicional, solo aire. Los estudiantes siguieron las instrucciones de la guía, dejando caer las diferentes esferas dentro de las probetas y los tubos. Algunos estudiantes observaron que las esferas de mayor diámetro caían más rápido que las de menor diámetro en los tubos más altos. Sin embargo, otros consideraron que en las probetas todas las esferas caían con la misma velocidad, tiempo y distancia. Estas variables fueron mencionadas por varios grupos durante la actividad, quienes las relacionaron con los experimentos de la semana anterior. También se discutieron otras variables como el tamaño, la forma, la densidad, la fluidez, la altura (además de la distancia) y el peso (o masa), utilizando ambos términos de manera indistinta.

Durante la práctica, algunos grupos registraron los tiempos de caída y utilizaron la tabla de datos de la guía, mientras que otros se centraron en explicaciones descriptivas y cualitativas sobre el comportamiento de los cuerpos al caer. Se escucharon afirmaciones como: “Los cuerpos caen igual, independientemente de su masa y tamaño”, “La altura es lo único que influye en la velocidad de las esferas” y “Si dejamos caer dos cuerpos al mismo tiempo en el mismo tubo, ambos llegan al suelo al mismo tiempo”. Estas afirmaciones fueron discutidas y sustentadas a través del diálogo entre los estudiantes y con otros grupos durante la experiencia.

La exploración inicial de la caída de esferas en aire, durante esta primera sesión con los diferentes grupos, no solo facilitó la observación de fenómeno, sino que también promovió un diálogo crítico entre los estudiantes, permitiéndoles cuestionar y explicar sus ideas. Este proceso es fundamental para la construcción de explicaciones y comprensiones sobre los fenómenos abordados, como la necesidad de "privilegiar la construcción de explicaciones y comprensiones acerca de los fenómenos" (Malagón, Ayala, & Sandoval, 2013). La actividad no solo fomenta la curiosidad, sino que también sienta las bases para futuras indagaciones en el campo de las ciencias.

Segundo momento de la actividad

Para el segundo momento de la actividad, se utilizaron medios como agua, aceite de cocina y jabón líquido, lo que permitió a los estudiantes realizar diversas experiencias que fomentaron la creatividad de los estudiantes y la practicidad del docente en el laboratorio. Para optimizar el

tiempo y la organización, se realizaron ajustes a la actividad inicial, considerando el horario del docente y la disposición del laboratorio tras cada práctica experimental. Se establecieron tareas específicas, donde el docente instruyó a los estudiantes en el proceso de llenado de los tubos, la caída de las esferas, el vaciado de los tubos y la recuperación de las esferas para las futuras prácticas. Esta organización facilitó el desarrollo de la actividad, con ciertas modificaciones, y promovió un aprendizaje más autónomo y participativo entre los estudiantes.



Ilustración 15 Análisis de los estudiantes en torno a la caída de esferas dentro de tubos con jabón líquido. Elaboración propia.

Fueron elegidos varios tubos para ser llenados con agua, aceite y jabón líquido de tal forma que los estudiantes dejaran caer cuatro tipos de esferas diferentes en cuanto a su diámetro y masa dentro de los tubos. A continuación, se relacionan los datos sobre las esferas:

Masa esfera (g)	Diámetro esfera (cm)
0,25	0,4
0,51	0,6

Masa esfera (g)	Diámetro esfera (cm)
1,03	1
4,51	1,2

Tabla 13 Datos sobre las esferas usadas en los diferentes experimentos. Elaboración propia.

Durante la experiencia de dejar caer las esferas dentro de los tubos, dentro de los grupos de estudiantes se hacían ciertas precisiones. A continuación, se relacionan algunas de ellas:

Caída en Agua	Caída en Aceite	Caída en Jabón Líquido
“Caen parecido que en el aire, pero un poco más suave”	“Se demora más en caer que en el agua”	“¡Oh! Caen bastante lento comparado con los demás”
“Salen burbujas cuando caen las esferas”	“Las burbujas suben cuando el cuerpo va cayendo”	“Es como si se viera la caída en cámara lenta”
“Todas las esferas caen igual, solo cambia la forma en que salpica”	“Las esferas más pequeñas caen más lento que las más grandes”	“Si las esferas fueran más pequeñas quedarían flotando en el jabón, pero caen en el aceite y el agua”
“No, las más grandes caen más rápido”	“Es por la viscosidad del aceite”	“Deja como una línea (en el jabón) la esfera cuando cae. Parece como un dibujo de su caída”

Tabla 14 Algunas precisiones de los estudiantes durante las prácticas con líquidos. Elaboración propia.

Los comentarios de algunos estudiantes reflejaban cómo relacionaban la caída de las esferas en los tubos con aire y diversas variables previamente discutidas. Algunos mencionaron la viscosidad como un factor que influía en la velocidad de caída, organizando los medios en el siguiente orden: jabón, aceite y agua, de mayor a menor viscosidad. También establecieron una relación entre la masa de las esferas y su comportamiento al caer, sugiriendo que las esferas de mayor masa caen más rápido que las de menor masa, lo que los llevó a asociar la masa como un factor predictivo de la caída. A continuación, se muestra un time lapse de la comparación de caída dentro de este tubo en particular.



*Ilustración 16 Time lapse de la caída de varias esferas dentro de un tubo con jabón.
Elaboración propia.*

Diversas acotaciones y precisiones fueron representadas por varios grupos de trabajo, quienes mencionaban en el diálogo y explicación de sus representaciones que las esferas de mayor masa caían con mayor velocidad y en menor tiempo, que las esferas de menor masa, dentro de la misma sustancia. A continuación, se comparten algunas representaciones gráficas de algunos grupos, sus ideas en el diálogo y el análisis del docente:

Representación gráfica G7	Representa la comparación de las caídas de los cuerpos
Ideas G7	Podemos observar que la caída de las esferas es más lenta dentro de los tubos con las sustancias que su caída sin ninguna sustancia. También

	notamos que la esfera pequeña siempre es la que tarda más en caer y la más grande siempre tiene menor tiempo.
Análisis del docente	El grupo hizo precisión en torno a la relación entre el tamaño de las esferas y el tipo de líquido en el caían. Desprecian el diámetro o la altura de cada tubo durante la comparación, dado que decidieron trabajar con un único tubo de cada sustancia.
Representación gráfica G5	Representa la comparación de las caídas de los cuerpos Entre mas larga la flecha mas rapido cae.
Ideas G5	Cuando comparamos la caída de varias esferas siempre caían primero las más grandes. Cayó rápido por la masa; entre más grande es, cae más rápido. Comparado con el aceite, en el jabón caían demasiado lento, y en agua caían mucho más rápido, suponemos que por la densidad del líquido.
Análisis del docente	El análisis del grupo fue similar al anterior hasta cierto punto, pues algo interesante de este análisis, a comparación de algunos otros, fue que relacionaron las cualidades del líquido con la caída de las esferas. Al mencionar la densidad consideran que, en el jabón, las esferas tomarán un mayor tiempo de caída que en el aceite y, a su vez, en el agua, y su velocidad será menor con respecto a la caída en otros líquidos porque el líquido tiene propiedades que se relacionan con la masa de las esferas.

Tabla 15 Representación gráfica, explicación de los estudiantes y análisis del docente frente a la caída de diversas esferas en diferentes medios. Elaboración propia.

Algunas acotaciones de los estudiantes durante la práctica estaban en relación con las cualidades de las sustancias para que las esferas lograran caer más o menos rápido. También fue importante considerar, para algunos grupos, la altura de varios tubos, pues realizaron diversas comparaciones de caída entre ellos en los cuales dejaban caer una esfera dentro de un tubo con líquido y comparaban su caída con otra esfera del mismo diámetro dejándola caer dentro de una probeta cuando la esfera que caía previamente dentro del tubo llegara a la altura de caída de la segunda esfera dentro de la probeta. A continuación, se muestran algunas comparaciones realizadas, el

análisis, previo a la experiencia, de algunos estudiantes y el análisis del docente en cuanto al análisis de los estudiantes:

Comparación	Fotografía	Análisis previo de los estudiantes	Análisis del docente
Aceite: Tubo y probeta de 1m y 0,4m de altura, respectivamente . Diámetro similar: aprox. 3.5cm		“La esfera de la probeta caerá más lenta por la cantidad de líquido. En la probeta es menor”. “La del tubo caerá más lento porque cae como en cámara lenta”.	Los estudiantes compararon los diámetros de los tubos, pero, debido a la altura, predicen que en el tubo la esfera caerá lento porque la cantidad de líquido la frenaría.
Jabón líquido: Tubo y probeta de 1m y 0,4m de altura, respectivamente . Diámetro similar: aprox. 3.5cm		“En el tubo caerá más rápido porque ya lleva una fuerza desde antes de lanzar la esfera en la probeta”. “Caerán al tiempo porque son el mismo diámetro y la misma sustancia”.	Comparan en función del “impulso” que tomaría cada una de las esferas a través de los recipientes; es interesante que algunos pensaron que caerían al tiempo debido al mismo diámetro y la misma esfera.

Jabón líquido: Tubo y probeta de 0,7m y 0,4m de altura, respectivamente . Diámetro tubo: 2cm Diámetro probeta: 3,5cm		“En el tubo caerá más rápido porque la altura le da un mayor impulso”. “En la probeta caerá más rápido porque la esfera no tiene que hacer tanta fuerza hacia los bordes; es como cuando uno está nadando en un espacio grande y uno pequeño”.	Los estudiantes planteaban que la cantidad de líquido influye en la caída, pero con este tubo consideraron que no solo influye el recipiente sino la esfera y el tipo de sustancia, además de la altura. Al ubicar el ejemplo del nadador consideran que la esfera debe “empujar” de alguna forma el líquido para descender: a mayor cantidad de líquido en un espacio pequeño, mayor será la dificultad para moverse.
--	---	--	---

Tabla 16 Comparación y análisis de diversas caídas en diferentes medios y tubos. Elaboración propia.

Durante esta semana, se evidenciaron estas relaciones a través de actividades que exploraron aspectos como viscosidades, densidades, resistencia del medio, diámetro de las esferas, así como el tiempo, la altura y la velocidad de caída. Al respecto algunos estudiantes propusieron algunas relaciones entre variables analizadas, tales como la relación entre el medio y la velocidad de caída de cada esfera, planteando diversas diferencias en cuanto a la caída.



Ilustración 17 Análisis de los estudiantes en torno a la caída de esferas dentro de tubos con agua. Elaboración propia.

Las interacciones observadas durante la actividad evidencian una formalización que el docente interpreta a partir del análisis de las formas de hablar, representar e inferir de los distintos grupos de trabajo. Los estudiantes sustentan sus observaciones mediante relaciones de proporcionalidad, las cuales documentan de manera escrita y organizan en tablas. A través de la experimentación, los estudiantes han podido integrar sus ideas y representaciones, lo que les ha permitido deducir patrones y relaciones que van más allá de la mera observación. Este proceso de formalización es fundamental, ya que proporciona un marco conceptual que facilita la comprensión de las interacciones entre las diversas variables y su impacto en el comportamiento de los cuerpos en movimiento, alineándose con la idea de que la actividad experimental y la formalización son procesos interrelacionados en la enseñanza de las ciencias.



Ilustración 18 Análisis de los estudiantes en torno a la caída de esferas dentro de tubos con aceite. Elaboración propia.

La capacidad de los estudiantes para hablar sobre las relaciones de proporcionalidad y las cualidades de los medios demuestra un avance significativo en su comprensión de los fenómenos físicos. Al construir un lenguaje específico para describir sus observaciones, los estudiantes no solo enriquecen su vocabulario científico, sino que también desarrollan habilidades críticas para analizar y comunicar sus hallazgos. Finalmente, es fundamental que la enseñanza de las ciencias continúe promoviendo este tipo de actividades experimentales, donde la exploración y la reflexión se entrelazan. Al hacerlo, se facilita un ambiente de aprendizaje en el que los estudiantes pueden construir su conocimiento de manera activa, desarrollando no solo habilidades científicas, sino también un pensamiento crítico que les será invaluable en su vida académica y profesional.

Síntesis de la actividad experimental

A lo largo de esta última semana se tuvo diversas explicaciones en torno a las formas en las cuales los estudiantes interpretaban el fenómeno y lograban sintetizar sus explicaciones sobre la caída de diferentes cuerpos en diversos medios; se tuvo en cuenta tanto las experiencias realizadas en la primer semana como también la segunda, donde las apreciaciones de los estudiantes estaban relacionadas para consolidar sus resultados y comparar las caídas de acuerdo con variables asociadas a los cuerpos, medios y recipientes si hubiere lugar. Algunos comentarios de los

estudiantes sobre la comparación denotaban una relación entre variables asociadas a las esferas, a los tubos y a las sustancias. A continuación, se presentan algunos comentarios en relación cada énfasis de los estudiantes (ver Tabla 17):

Respecto a las esferas	Respecto a la sustancia	Respecto a los tubos
“La masa influye en la caída de las esferas porque el cuerpo más pesado caerá más rápido”.	“Dejamos caer los cuerpos en diferentes líquidos”.	“La altura del tubo influye, porque la bola toma mayor impulso para caer”.
“El tamaño de los bolines influía en la caída porque en algunos tubos con la misma sustancia, caían diferente; como más o menos rápido”.	“El aceite al ser más aceitoso hacía que las bolitas se frenaran un poco cuando caían. Pero en el jabón se frenaban un poco más”.	“Cuando dejamos caer las mismas esferas en los tubos y las probetas con la misma sustancia sí había diferencia en la caída, porque uno caía más rápido que la otra”.
“Tuvimos en cuenta la forma del cuerpo porque la hoja al ser más amplia hacía que el aire la frenara más que a los demás. Además que era más liviana que los demás”.	“El espesor del líquido hace que las esferas caigan más lento; entre más espeso, menor velocidad”.	“El diámetro de los tubos influye porque en tubos muy delgados las esferas caían un poco más lento”.
“Como el balón tenía un peso como más condensado iba a caer más rápido, porque el aire no lo frena tanto como a los demás”.	“Las sustancias son diferentes por las propiedades que tienen. No es lo mismo cocinar con aceite que hacer con jabón o con agua, por ejemplo”.	“Si dejáramos caer las esferas en un tubo demasiado alto es probable que las esferas en algún momento conserven una misma velocidad al caer”.

Tabla 17 Algunos comentarios de estudiantes en torno a la influencia de algunas variables asociadas a las esferas, las sustancias y los tubos. Fuente: Elaboración propia.

Algunos comentarios generales sobre la actividad reflejaron la comprensión de los estudiantes acerca de la interrelación entre las variables involucradas en el fenómeno de la caída de los cuerpos. Esta conexión fue evidente en sus reflexiones sobre la pregunta fundamental: “¿Cómo caen los cuerpos?”. A partir de esta indagación, varios grupos comenzaron a establecer relaciones cuasi matemáticas que les permitieron vincular ciertas variables, aunque es importante señalar que ninguno de ellos logró desarrollar un modelo matemático concreto que facilitara la obtención de valores precisos o proporciones entre las variables. Este aspecto de la formalización, aunque no se discutió en profundidad, generó interrogantes interesantes sobre la proporcionalidad y la

naturaleza de las relaciones que estaban construyendo a partir de sus observaciones y experimentaciones.

La mayoría de los grupos consideraron aspectos como la masa y la forma de los cuerpos, así como el tipo de fluido en el que caían. Resultó particularmente interesante para el docente observar cómo los estudiantes abordaban conceptos como la densidad y la viscosidad, a pesar de no haber realizado mediciones directas de estas propiedades. Este fenómeno se manifestó en el diálogo entre los estudiantes, donde compartieron sus experiencias y percepciones, lo que permitió que emergieran diversas explicaciones sobre el reconocimiento de las sustancias a través de múltiples sentidos, más allá de la simple observación visual. Este enfoque fenomenológico en la actividad experimental no solo enriqueció su comprensión, sino que también facilitó la construcción de un lenguaje científico que les permitió articular sus ideas de manera más precisa. A continuación, se presenta un diálogo con los estudiantes frente a diversas preguntas (ver Tabla 18):

Pregunta	Análisis de los estudiantes	Análisis del docente
¿Es posible reconocer las sustancias sin necesidad de verlas?	G2, E1: “Pues profe, si yo toco las sustancias obviamente voy a saber cuál es cuál, porque el agua pues me la tomo todos los días, el aceite es como grasoso y el jabón es como más viscoso”. G2, E2: “También cuando se tocan las sustancias uno siente como la temperatura y uno nota que el agua está más fría que las otras sustancias”. G1, E2: “Y también si yo huelo las sustancias me doy cuenta de cuál es cuál, porque el jabón huele rico, el agua no huele a nada y el aceite como que huele a grasa”. G4, E3: “Profe, yo probé, por accidente, el aceite y eso sabe muy feo”. G4, E2: Por el oído profe, uno puede escuchar si la esfera cae rápido o no, y así uno sabe cuál es el líquido. G2, E1: “Pero eso es cuando ya hicimos los experimentos, porque si no, no sabrías cómo van a caer”.	De acuerdo con los comentarios en diálogo con los estudiantes, ellos, a través de sus diversas experiencias, consideraban la posibilidad de reconocer cada una de las sustancias teniendo en cuenta su textura, su olor, su sabor e inclusive, su sonido en cuanto al análisis del fenómeno de caída de una esfera en los diferentes líquidos y escuchando si suena fuerte el golpe o no cuando en su caída dentro de los tubos. También es importante señalar cómo relacionan sus experiencias, inclusive, con otros fenómenos como los térmicos y los magnéticos.

	G4, E2: “Sí, porque pues uno solo compara y si se demora más pues uno sabe que es el jabón, y si se demora menos es agua”. G2, E2: “Y también, profe, cuando uno intentaba sacar las esferas con el imán no dejaba el jabón, como que le costaba más y la retenía”.	
--	---	--

Tabla 18 Conversación con estudiantes en torno a pregunta específica. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con las presentaciones de algunos grupos de estudiantes, se destacó la forma en que cada una de las variables asociadas tanto a los cuerpos como a las sustancias se relacionaban, permitiendo que un cuerpo cayera de manera diferente o similar a otro. Por ejemplo, la densidad emergió como un factor general que los grupos consideraban relevante para las sustancias. Sin embargo, aunque no se realizó una medición cuantitativa de la densidad, sí se ofrecieron diversas explicaciones basadas en las experiencias y en cómo estas sustancias interactuaban con los cuerpos que caían a través de ellas, pues de acuerdo con Malagón y otros “hablar del fenómeno es construir un lenguaje para mostrar el proceso de diferenciación de una cualidad o conjunto de cualidades que expresen el estudio u organización del mismo” (Malagón, Ayala, & Sandoval, 2013, pág. 97). Esto sugiere que los estudiantes estaban en un proceso de formalización al intentar articular sus observaciones sobre la densidad y su impacto en la caída de los cuerpos.

En el análisis de los cuerpos, se prestó atención a la masa, la forma y el tamaño de los objetos, ya que estas variables eran consideradas por los estudiantes como susceptibles de ser medidas y conducían a formas de explicar sus ideas. Durante el cierre de la actividad, se hizo énfasis en cómo es posible considerar diversas variables al analizar y explicar un fenómeno determinado. Se resaltó la importancia de puntualizar en ciertas condiciones, permitiendo omitir otras para obtener resultados diferentes en función del análisis del mismo fenómeno. Al respecto fue posible obtener diversas precisiones en cuanto al cómo se perciben diversas sustancias que, en el análisis cotidiano, no se percibe el por qué las sustancias tienen esas condiciones que garantizan una posible funcionalidad; por ejemplo, lavarse las manos con jabón líquido será diferente a hacerlo con aceite o con agua, dadas las propiedades de las sustancias y su funcionalidad, tal cual como cocinar con aceite o con agua y jabón líquido. Este tipo de precisiones permitía, a los estudiantes, entender el

cómo este tipo de elementos cotidianos influye en la interacción con otro tipo de variables e inclusive, dentro de la caída, el cómo las diferentes esferas podían caer de acuerdo con las propiedades que se asumen para estos cuerpos.

Fue posible también indagar en cuanto a la producción de efectos sensibles a través de los sentidos donde era posible analizar un mismo fenómeno desde diferentes sentidos que garantizaban un resultado diferente, así como el análisis de este tipo de fenómeno, pero bajo condiciones específicas que denotaran un análisis o alteración en el tipo de resultado que se tendría.

Al interactuar con líquidos como agua, aceite y jabón, los estudiantes experimentan variaciones en la velocidad y el comportamiento de las esferas metálicas a través de los fluidos y logran diferenciar el tipo de caída a partir del reconocimiento de las sustancias desde sus sentidos, lo que los lleva a reflexionar sobre conceptos como la densidad y la viscosidad. Esta experiencia práctica les conduce, de acuerdo con Garzón y otros (2020) "la necesidad de hacer explícita esta percepción por medio de proposiciones y argumentaciones, que en muchos casos conducen a la producción de efectos que permiten ampliar y reproducir la percepción" (Garzón, Tarazona, Sandoval, Malagón, & Ayala, 2020), facilitando así un proceso de aprendizaje activo donde los estudiantes construyen su propio conocimiento a partir de la observación y la experimentación lo que les ayuda a desarrollar un lenguaje científico que les permita comunicar sus hallazgos y comprender mejor los fenómenos que estudian

Dentro del trabajo representativo de los estudiantes, de acuerdo con su síntesis de ideas a través de una presentación de formato libre, fue posible encontrar diversas preocupaciones que los grupos tenían al respecto y les permitía dar una serie de conclusiones, de acuerdo con sus hipótesis, organizaciones y representaciones previas, tanto de forma oral como escrita; estas preocupaciones decantaron la forma de observar el mismo fenómeno desde diferentes perspectivas, esto cercano a la idea comentada en primer capítulo en torno a la producción de efectos sensibles y la perspectiva fenomenológica, entendiendo este proceder como una forma de cuestionar, ampliar y rectificar su experiencia para formalizar sus formas de entender el fenómeno. A continuación, se muestran algunos fragmentos de presentación de algunos grupos, junto con el análisis del docente sobre las preocupaciones de los grupos y su forma de explicar el fenómeno de caída de diversos cuerpos en diferentes medios (ver Tabla 19):

Ideas G8	La preocupación del grupo se centró en la gravedad como “una fuerza que atrae a los objetos entre sí”, y bajo este argumento definieron diversas perturbaciones en los cuerpos en relación con su masa y su interacción en fricción con el medio. Mencionan que la altitud depende de la gravedad, esto a manera de proporción donde a mayor altura se tendría un mayor efecto gravitatorio. Precisan en ideas clásicas y relativistas al mencionar cómo interacciona la gravedad fuera de la atmósfera terrestre.
Evidencia gráfica G8	
Análisis del docente	No relacionan directamente con las experiencias realizadas, sin embargo, se genera una preocupación en torno a la perturbación que produce que caigan los cuerpos. Plantean una relación de proporción entre la gravedad y altitud que, de acuerdo con las experiencias del laboratorio, produciría, de acuerdo con la oratoria del grupo, una mayor influencia gravitatoria en aquellos cuerpos que caen desde alturas mayores.
Ideas G5	Plantean una organización de los experimentos describiendo lo realizado; indican que los objetos caen diferentes de acuerdo con cómo se dejan caer, así como la altura, por ejemplo, del lápiz. En la segunda experiencia, con los tubos, indican la importancia del medio en relación con las esferas. Plantean una relación de proporcionalidad directa entre la masa y la velocidad de caída; indican también una mayor dificultad de desplazamiento en caída de las esferas de acuerdo con las sustancias donde se soltaban generando un mayor o menor tiempo de caída, lo cual se traduce en otra relación de proporcionalidad donde se relaciona la fricción, producto de la sustancia donde se desplaza la esfera, con respecto al tiempo que tarda en caer. Indican que “al principio de la caída, la bolita se acelera debido a la gravedad y a medida que la velocidad aumenta, la resistencia del aceite también lo hace, desacelerando la bolita, cuando la fuerza de resistencia del aceite y la fuerza que equilibra el peso de la bolita alcanza la velocidad terminal, seguirá cayendo a velocidad constante”.

Evidencia gráfica G5	Tiempos de caídas en experimento 1:  2. Experimento Sede Roja  En este experimento dejamos caer dos pelotas desde el segundo piso en las cuales observamos que cada pelota caía de diferente manera, por ejemplo la pelota de plástico cayó rápido y medio directo en cambio la pelota anti estrés cayó a una velocidad media y de forma medio directa. Experimento de caídas en sustancias  En este caso pudimos observar que dependiendo del tamaño, altura, cantidad y también del ancho que tenga el tubo para que el objeto tenga mas o menos espacio para caer, el estado del liquido tambien puede hacer depender las caídas, por ejemplo: ¿Pero por que sucede esto?  Esto pasa porque al principio de la caída, la bolita acelera debido a la gravedad y a medida que la velocidad aumenta, la resistencia del aceite también lo hace, desacelerando la velocidad de la bolita, cuando la fuerza de resistencia del aceite y la fuerza que equilibra el peso de la bolita, alcanza la velocidad terminal, seguirá cayendo a velocidad constante.
Análisis del docente	El grupo relaciona directamente las experiencias con las explicaciones en torno a caída de los diversos cuerpos. Indican una relación entre variables como el tiempo, la velocidad, la fricción, la gravedad, la densidad, la aceleración, entre otras. Indican el concepto de “velocidad terminal” y lo explican como un efecto perceptible cuando caen las esferas a través de las sustancias en relación con otras variables involucradas. Inclusive logran delimitar una relación con el diámetro o espacio del tubo en relación con el diámetro de las esferas, aunque su preocupación se centra más en el análisis de la masa en relación con el tiempo de caída. Indican una relación entre variables como el tiempo, la velocidad, la fricción, la gravedad, la densidad, la aceleración, entre otras. Indican el concepto de “velocidad terminal” y lo explican como un efecto perceptible cuando caen las esferas a través de las sustancias en relación con otras variables involucradas. Inclusive logran delimitar una relación con el diámetro o espacios. Indican una relación entre variables como el tiempo, la velocidad, la fricción, la gravedad, la densidad, la aceleración, entre otras. Indican el concepto de “velocidad terminal” y lo explican como un efecto perceptible.
Ideas G3	Plantean una organización inicial sobre las experiencias realizadas durante estas tres semanas, seguido de algunas dificultades con respecto a la medición, cuidado de los implementos como tubos, organización y limpieza de los espacios, así mismo como factores no posibles de controlar tales como personas atravesándose en los espacios, “efecto burbuja en los tubos”, e inclusive la alta velocidad de caída de algunas esferas que no permitía su correcta medición. Proponen una organización en tablas y gráficas, relacionando el tiempo de caída con los diferentes objetos y haciendo la comparación entre ellos. Plantean un análisis de cada caída en relación con la densidad, la viscosidad y la velocidad de caída, sin embargo, no la calculan de forma numérica, aunque recurren a una relación entre el tiempo y la distancia recorrida. Indican que algunas hipótesis experimentales fueron erróneas dada

	su baja exposición a este tipo de experiencias antes de la realización de estas prácticas experimentales.																																
Evidencia gráfica G3	 hipótesis Experimento 1: nuestra organización de la caída de los objetos de más rápido a más lento era: pelota de metal, pelota antiestres, lápiz, hoja. Experimento 2: pensamos que las esferas iban a caer de más pequeña a más grande y que quizás sería al revés por el peso de cada esfera Resultados exp1 <table> <thead> <tr> <th>Objeto</th> <th>Tiempo de caída</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lápiz</td> <td>1.25 s</td> </tr> <tr> <td>Pelota antiestres</td> <td>1.3s</td> </tr> <tr> <td>Esfera metálica</td> <td>1.35s</td> </tr> <tr> <td>Pelota plastica</td> <td>1.62s</td> </tr> <tr> <td>Hoja de papel</td> <td>5.5s</td> </tr> </tbody> </table> Durante el experimento 1 01 Continuamos por dejar caer desde la misma altura distintos objetos con el fin de comparar los resultados. 02 Tomamos el tiempo de caída de cada uno de los objetos asegurándonos de que sea lo más exacto posible. 03 Comparamos la información en la guía de trabajo y respondimos las preguntas que había en esta misma. Resultados exp2 <table> <thead> <tr> <th></th> <th>Agua</th> <th>Aceite</th> <th>Jabón</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Esferas de metal</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grande</td> <td>0,19s</td> <td>0,56s</td> <td>0,75s</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td>0,44s</td> <td>0,50s</td> <td>0,97s</td> </tr> <tr> <td>Pequeña</td> <td>0,47s</td> <td>0,59s</td> <td>1,05s</td> </tr> </tbody> </table>	Objeto	Tiempo de caída	Lápiz	1.25 s	Pelota antiestres	1.3s	Esfera metálica	1.35s	Pelota plastica	1.62s	Hoja de papel	5.5s		Agua	Aceite	Jabón	Esferas de metal				Grande	0,19s	0,56s	0,75s	Mediana	0,44s	0,50s	0,97s	Pequeña	0,47s	0,59s	1,05s
Objeto	Tiempo de caída																																
Lápiz	1.25 s																																
Pelota antiestres	1.3s																																
Esfera metálica	1.35s																																
Pelota plastica	1.62s																																
Hoja de papel	5.5s																																
	Agua	Aceite	Jabón																														
Esferas de metal																																	
Grande	0,19s	0,56s	0,75s																														
Mediana	0,44s	0,50s	0,97s																														
Pequeña	0,47s	0,59s	1,05s																														
Análisis del docente	El grupo centró su preocupación en la influencia de diversas variables en la caída de los diversos cuerpos de las dos experiencias y les fue posible considerar variables que lograron medir, tales como el tiempo y la distancia recorrida por los cuerpos, aunque con algunas falencias en cuanto a exactitud. Plantean una organización que profiere por la explicación del fenómeno de caída desde sus experiencias y consideran importante el considerar diversas variables constantes, tales como la asignación de roles entre el grupo. Sus tablas consideran tiempos y alturas y plantean una relación de proporcionalidad que les permite entender el fenómeno desde relaciones que les invita a pensar que se podría tener unas relaciones similares en otro tipo de fenómenos.																																
Ideas G9	El grupo organiza la presentación en la descripción de las diferentes caídas de los diversos cuerpos utilizados, así mismo explica el por qué los cuerpos caen de una u otra forma de acuerdo con su interacción con el medio donde se dejan caer. Precisan en que la forma de dejar caer el cuerpo importa, inclusive las afectaciones mínimas pues indican un impulso o fuerza que provoca que los cuerpos vayan más o menos rápido. El grupo propone que los cuerpos caen diferente y que varias variables influyen en la caída tales como la gravedad, el peso, la altura y el material. Indican que durante la caída los cuerpos mostraron diferentes trayectorias, como el lápiz que dio vueltas en el aire antes de llegar al suelo, la hoja con una trayectoria errática e inclusive las pelotas de espuma y plástico que no cayeron totalmente rectas, y que el único cuerpo que mostró una caída en línea recta correspondió a la esfera de metal, para la primer experiencia; para la segunda experiencia se tuvo una caída de esferas con análisis de la velocidad y factores que alteraron la medición del tiempo. El grupo no añade tabla de datos, aunque menciona algunos tiempos y alturas tomadas.																																

Evidencia gráfica G9	
Análisis del docente	La preocupación del grupo se centró en explicar por qué caían como caían los cuerpos, lo cual fue interesante en la medida que se permitieron pensar el fenómeno de caída como algo de extremo cuidado y diferencia con el lanzamiento de los cuerpos, como notan que lo hicieron algunos grupos y podía afectar las medidas tomadas durante las prácticas. Indican que el viento afectó la caída de todos los cuerpos, sin embargo, algunos cuerpos eran más propensos a sufrir la afectación y lo expresaban por el cambio de trayectorias y diferencias en las tomas de tiempo de los mismos cuerpos durante varias observaciones. Indican que el medio es un factor indispensable en la caída de los cuerpos, pues no todos los medios ofrecen la misma resistencia y de eso dio cuenta la segunda experiencia en el laboratorio. Concluyen con la importancia de dejar caer el cuerpo de una forma “correcta” para evitar afectaciones o impulsos no deseados; el viento (y el medio) siempre será un factor clave; depende del tamaño y la masa del cuerpo el cómo caerá en los diferentes medios; el peso influye, como factor diferencial al tamaño.

Tabla 19 Análisis de ideas finales de algunos grupos. Fuente: Elaboración propia.

El análisis de los grupos en torno a la actividad experimental indica cómo la formalización y la construcción de fenomenologías se entrelazan en el proceso de aprendizaje de las ciencias. Cada grupo, al abordar el fenómeno de la caída de los cuerpos demuestra diferentes niveles de comprensión y aplicación de conceptos científicos, lo que refleja la diversidad de enfoques en la formalización del conocimiento. Por ejemplo, el grupo 9 (G9) se centra en la identificación de variables que afectan la caída, como el viento y la técnica de lanzamiento. Este enfoque no solo permite a los estudiantes observar el fenómeno, sino que también les ayuda a construir una base fenomenológica que considera el contexto físico, histórico y relacionarlo con la experiencia

obtenida. Al destacar la importancia de la técnica en la medición, se evidencia un proceso de formalización que va más allá de la simple observación, ya que los estudiantes comienzan a relacionar sus experiencias con conceptos teóricos.

En contraste, el grupo 3 (G3) aporta una perspectiva más gráfica al considerar diversas variables y analizarlas en gráficas y tablas. Su capacidad para relacionar observaciones con conceptos como la gravedad y el peso muestra un avance en la formalización del conocimiento. Su análisis cuantitativo refleja un proceso de construcción de fenomenologías que puede ser sistematizado en futuras investigaciones, lo que resalta la importancia de la reflexión crítica en la formalización. El grupo 5 (G5), por su parte, se adentra en un análisis técnico al relacionar variables como la fricción y la aceleración con el fenómeno de la caída. Su discusión sobre la "velocidad terminal" y la influencia de las características físicas de los objetos en el fenómeno observado demuestra un nivel avanzado de formalización. Este grupo ilustra cómo la comprensión de las relaciones entre variables puede enriquecer la experiencia de aprendizaje y facilitar la transición de un análisis cualitativo a uno cuantitativo, un aspecto crucial en la enseñanza de las ciencias.

Se observa un análisis de los grupos que refleja un proceso dinámico de construcción de fenomenologías y formalización del conocimiento a través de su ampliación y rectificación de conocimiento frente a las diversas precisiones iniciales. Cada grupo, a su manera, contribuye a una comprensión más profunda del fenómeno de la caída de los cuerpos, destacando la importancia de considerar múltiples variables y contextos en el análisis científico. Este enfoque no solo facilita el aprendizaje de conceptos físicos, sino que también promueve un pensamiento crítico y una mayor conexión entre la teoría y la práctica en el aula de ciencias.

Formas de hablar, representar e inferir de los estudiantes

Durante la discusión y reflexión en la sesión final de la actividad de la primera semana, se identificaron conceptos que algunos estudiantes tenían sobre la caída, aunque no los expresaron de forma escrita. Un criterio fundamental de análisis fue la comunicación de ideas, donde se destacó la importancia del lenguaje en la organización del pensamiento y la representación. A través de preguntas formuladas por el docente, se enriqueció la conversación, permitiendo que los estudiantes compartieran sus ideas sobre la caída de los objetos. Algunos mencionaron que la caída

era influenciada por una "fuerza que halaba a los objetos hacia el suelo", lo que refleja su comprensión inicial del fenómeno.

En cuanto a la medición como base para la explicación, se indagó sobre la pregunta: “¿Es posible indicar por qué algunos cuerpos caen diferentes a otros?”. Los estudiantes afirmaron que "no todos los cuerpos caen igual", citando factores como el peso y la forma. Reconocieron que "la caída de un objeto depende de cómo se deje caer" y de la resistencia del medio. Este análisis llevó a algunos grupos a destacar la necesidad de mantener la altura constante durante las pruebas para garantizar la consistencia en las observaciones. Una estudiante comentó: “En el experimento se observó que la velocidad de caída de los cuerpos puede variar dependiendo de diferentes factores, como la forma, el tamaño, la densidad, la aerodinámica del cuerpo y la resistencia del medio en el que caen, como una hoja de papel. Esto se debe a que la resistencia del medio afecta de manera diferente a cada objeto, generando una fuerza de arrastre que puede ralentizar la caída de los objetos menos aerodinámicos”. En el diálogo, uno de sus compañeros complementó: “Además, la densidad de un cuerpo también puede influir en su velocidad de caída. Por ejemplo, la esfera de metal y la de plástico, la esfera de metal cae más rápido en el aire debido a que la de metal no tiene aire adentro, como sí pasa con la de plástico. Esta diferencia afecta la fuerza gravitatoria que actúa sobre el objeto, lo que influye en su velocidad de caída”.

Respecto a la selección de objetos, los estudiantes plantearon la relevancia de utilizar objetos con características variadas para analizar su influencia en la velocidad y trayectoria de caída. Se enfatizó cómo la forma y el tamaño afectan la interacción de los objetos con el aire y la resistencia que experimentan. La discusión sobre la resistencia del aire llevó a considerar cómo este factor externo puede afectar la velocidad de caída, resaltando la importancia de minimizar su influencia mediante condiciones controladas, como realizar las pruebas en un ambiente sin corrientes de aire.

En relación con los instrumentos de medición, los estudiantes reconocieron la necesidad de utilizar cronómetros y reglas o cintas métricas precisas para registrar con exactitud el tiempo de caída y la distancia recorrida. Se enfatizó que la precisión en las mediciones es crucial para obtener datos confiables y analizar adecuadamente los resultados. Una de las preguntas planteadas fue: "¿Por qué necesitamos medir el tiempo y la distancia? ¿No podemos solo ver cómo caen los objetos?"-

En las consideraciones de los estudiantes, el medio se identificó como un factor que no solo frena la caída de los objetos, sino que en ciertas circunstancias también puede "ayudar" a aumentar su velocidad. Aunque los estudiantes no calcularon un valor específico de velocidad en ningún momento, establecieron una serie de relaciones directas entre la altura desde la cual se deja caer un objeto y el tiempo que tarda en llegar al punto más bajo. A partir de sus observaciones, lograron construir una experiencia que les permitió inferir patrones sobre el comportamiento de los cuerpos en caída. Estas inferencias se pueden sintetizar en diversos criterios que facilitan el análisis del fenómeno de la caída de los cuerpos.

- Si entre dos cuerpos, A y B, que caen desde una misma altura, A toma menor tiempo en llegar al suelo, entonces A tiene una velocidad mayor que B.
- Si entre dos cuerpos, A y B, que caen desde una misma altura, A tiene una mayor masa que B, entonces es probable que A llegue al suelo en un menor tiempo que B.
- Si entre dos cuerpos, A y B, que caen desde una misma altura, A tiene una superficie mayor que B, entonces es probable que, por su interacción con el medio, A pueda retrasar su caída con respecto a B.
- Si entre dos cuerpos, A y B, que caen desde una misma altura, A tiene mayor masa, y mayor superficie que B, entonces es probable que B adquiera mayor velocidad final que A durante su caída.
- Si entre dos cuerpos, A, que caen desde una altura C, considerablemente mayor que B, que cae desde una altura D, entonces A adquiere mayor velocidad final de caída que B.

También se logran denotar algunas relaciones de caída específicas para las esferas que cayeron en los diferentes medios contenidos en tubos:

- Si A cae en un menor tiempo que B, a través de un medio C, entonces A tuvo una menor resistencia a la caída que B.
- Si A tiene mayor masa que B, y ambos caen a través de un medio C, es probable que A caiga en un menor tiempo que B.
- Si A tiene mayor masa que B, y ambos caen a través de un medio C, es probable que A caiga con una velocidad mayor que B.

- Si A y B tienen misma masa y ambos caen a través de un medio C, ambos contenidos en tubos D y E, siendo D de mayor diámetro que E, entonces es probable que A y B caigan con mayor velocidad en D que en E.
- Si A y B tienen misma masa y ambos caen a través de un medio C, ambos contenidos en tubos D y E, siendo D de mayor diámetro que E, entonces es probable que A y B caigan en tiempo menor en D que en E.

Estas relaciones reflejan una formalización que el docente interpreta a partir del análisis de las formas de hablar, representar e inferir de los diferentes grupos de trabajo a lo largo de la actividad. Los grupos fundamentan sus observaciones mediante relaciones de proporcionalidad, expresadas de forma escrita y presentadas en tablas. Las observaciones realizadas por los estudiantes no solo evidencian su capacidad para identificar y relacionar cualidades y variables del fenómeno de caída, sino que también subrayan la importancia de la formalización en el proceso de construcción del conocimiento. A través de la experimentación, los estudiantes han podido articular sus ideas y representaciones, lo que les ha permitido inferir patrones y relaciones que trascienden la mera observación. Este proceso de formalización es esencial, ya que proporciona un marco para entender cómo las diferentes variables interactúan y afectan el comportamiento de los cuerpos en movimiento.

Al formalizar sus hallazgos, los estudiantes comienzan a estructurar el fenómeno de la caída de los cuerpos, lo que les permite articular explicaciones más complejas que integran tanto sus experiencias como los conceptos teóricos adoptados. En este proceso, se introducen conceptos clave como la viscosidad, entendido como la resistencia de un fluido al flujo y cómo esta propiedad influye en la velocidad de caída de un objeto. Por ejemplo, al comparar la caída de una esfera en diferentes medios, como aceite y agua, los estudiantes pueden observar cómo la viscosidad de cada medio afecta el tiempo que tarda la esfera en alcanzar el fondo. Esta observación los lleva a formalizar la idea de que, en medios más viscosos, la resistencia al movimiento es mayor, lo que resulta en una caída más lenta.

La formalización teórica se manifiesta en la capacidad de los estudiantes para relacionar sus observaciones con conceptos físicos fundamentales, como la gravedad, la resistencia del aire y la densidad. A medida que los estudiantes organizan sus datos en gráficos y tablas, pueden identificar patrones que les permiten formular hipótesis sobre el comportamiento de los cuerpos en caída.

Este proceso no solo enriquece su comprensión del fenómeno, sino que también les permite contemplar la aplicación de estos conceptos en otros contextos, ya que los estudiantes reflexionan sobre sus propias experiencias y construyen una fenomenología que les ayuda a explicar y predecir el comportamiento de los objetos en diferentes condiciones. Así, la interacción entre la formalización y la perspectiva fenomenológica se convierte en un eje central en la enseñanza de la física, facilitando un aprendizaje del fenómeno.

Además, la interacción y el diálogo entre los estudiantes durante las actividades experimentales son cruciales para la construcción de fenomenologías, en tanto permiten pensar diversas formas de medir, cuantificar y caracterizar el fenómeno. Al discutir sus observaciones y confrontar sus ideas con las de sus compañeros, los estudiantes desarrollan un pensamiento crítico que les permite cuestionar y revisar sus explicaciones iniciales. Este proceso de reflexión y formalización no solo enriquece su aprendizaje individual, sino que también les proporciona herramientas para generar nuevas preguntas y explorar de diversas formas el mismo fenómeno.

La reflexión sobre lo observado y la apertura de la actividad, semana a semana, sugiere un enfoque continuo en la construcción de fenomenologías, pues ha planteado diversas inquietudes en los estudiantes que manifiestan una ampliación en su estructura de conocimiento a través de la organización de la experiencia, y los procesos vinculados a la construcción de magnitudes y formas de medida (Malagón, Ayala, & Sandoval, 2013, pág. 11) Este ciclo de indagación y reflexión es esencial para el aprendizaje en ciencias, donde se busca establecer conexiones entre la experiencia y la formalización del conocimiento. La experiencia de estas semanas no solo permitió a los estudiantes explorar la caída de los cuerpos en diferentes medios, sino que también sentó las bases para futuras indagaciones y un entendimiento más profundo de los conceptos científicos involucrados.

REFLEXIONES FINALES

Durante la realización del presente trabajo, centrado en las reflexiones sobre la caída de los cuerpos en diferentes medios, se lograron obtener diversas consideraciones respecto a los procesos de formalización en la enseñanza de las ciencias, vinculados al fenómeno de la caída. Este fenómeno se relaciona también con la experiencia y la experimentación, que permiten entender, explicar y constituir el fenómeno a través de procesos de cuestionamiento, ampliación y rectificación de esa experiencia no estática. A continuación, se detallan algunas reflexiones que el autor de este trabajo ha podido desarrollar a través de un proceso que no solo intervino en su labor como docente, sino también en su formación como maestro.

Una de las primeras precisiones abordadas fue el estudio de diversos referentes históricos sobre la caída de los cuerpos, lo que permitió comprender y fundamentar conceptos, construcciones conceptuales y desarrollos propuestos por varios autores. Esto generó cuestionamientos en el autor sobre cómo entender los conceptos de caída, medio y su interacción para explicar el fenómeno. Este proceso implicó una recuperación de experiencias que fundamentan nuevas formas de entender el fenómeno a partir de la experiencia personal, así como la generación de dinámicas que permitieran interactuar directamente con el fenómeno, explicarlo y, posiblemente, predecirlo.

En cuanto al análisis histórico, ha proporcionado criterios de delimitación que han guiado la comprensión de fenómenos físicos a lo largo del tiempo. Al estudiar las contribuciones de autores clave, se ha podido observar cómo la formalización de conceptos y la experimentación se entrelazan, permitiendo una resignificación de los fenómenos en cuestión. Este ejercicio de reflexión crítica invita a cuestionar y profundizar en las formas de explicar el fenómeno de caída de los cuerpos, así como en su relación con otros fenómenos físicos. Fue a partir de este estudio histórico que se pudieron concebir diversos criterios de delimitación de la actividad experimental, en torno a los cuales se planteó la forma en que se habría de explicar el fenómeno a través de las interacciones con este. Para establecer los criterios de delimitación, fue importante considerar los aspectos históricos, con el fin de intervenir en los procesos de construcción de conocimiento a través de la explicación de la caída de diferentes cuerpos en diversas condiciones, reflexionando sobre las formas de hablar, representar e inferir, tanto del docente como de los estudiantes, y generando criterios de organización que permitieran dar cuenta de los procesos de formalización

desde la construcción de fenomenologías a través de la identificación de cualidades, la construcción de magnitudes y las formas de medida.

Así, el trabajo realizado ha evidenciado la importancia de la experiencia vinculada a la experimentación en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física, especialmente en el estudio de fenómenos como la caída de los cuerpos. La generación de efectos sensibles a través de la experimentación, como se ha mencionado anteriormente a través de Malagón y otros (2013), no solo enriquece la comprensión de estos fenómenos, sino que también permite establecer vínculos significativos entre la teoría y la práctica. Este enfoque experimental se convierte en un medio para formalizar conceptos, facilitando la comprensión de proporciones y relaciones fundamentales para la explicación científica.

Comprender la perspectiva fenomenológica ha sido fundamental para identificar criterios que configuraron la actividad experimental y permitieron delimitar algunas precisiones a trabajar, pues de no haberlo hecho la actividad habría sido extensa y desorganizada, así mismo tampoco se habría centrado un problema de estudio en cuanto a la caída. Estos criterios no solo son relevantes en el ámbito académico, sino que también son esenciales para llevar al aula trabajos que fomenten una comprensión más profunda y contextualizada de las ciencias. Al vincular la experimentación con los estudiantes, se abrió un espacio para que ellos mismos se convirtieran en protagonistas de su aprendizaje desde sus propias formas de explicar el fenómeno a través de sus formas de hablar, representar e inferir, explorando y descubriendo algunos principios que permitieran dar cuenta de sus construcciones a través de la observación y la práctica.

Uno de los criterios identificados para la construcción de explicaciones sobre el fenómeno de la caída de los cuerpos fue establecer relaciones de proporcionalidad entre las variables que intervienen en el proceso, no solo en el estudio del cuerpo, sino también en su interacción con el medio. A través de diversas construcciones del docente y de los estudiantes, se lograron dilucidar diferentes formas de entender el fenómeno, construir relaciones entre variables y delimitar la comprensión de este, explicando desde la experiencia y la construcción del conocimiento. Esto no solo refleja formas de hablar, sino también una configuración definida sobre el fenómeno, en cuanto a las percepciones sobre los cuerpos que caen y el entorno en el cual lo hacen.

Se espera que esta propuesta sirva para avanzar en el proceso de construcción de fenómenos físicos mediante la elaboración de explicaciones. Además, se confía en que estos desarrollos proporcionen un sustento teórico-práctico que pueda ser útil en futuras investigaciones y ofrezcan formas innovadoras de explicar el fenómeno de caída, adaptadas a un contexto educativo tanto para futuros autores como para propuestas de aula con estudiantes. Esto resalta la necesidad de integrar la experimentación en la enseñanza de la física, no solo como un recurso didáctico, sino como una herramienta esencial para la construcción del conocimiento. La interacción entre la teoría, la historia y la práctica experimental ofrece un marco enriquecedor que puede transformar la manera en que los estudiantes se relacionan con la ciencia, promoviendo un aprendizaje significativo.

Desde la experiencia del autor como docente, se observa que la enseñanza de las ciencias a menudo recae en un ejercicio descontextualizado, donde se imparten modelos explicativos sobre un fenómeno, esperando que los estudiantes consideren tales conceptualizaciones sin posibilidad de construir las suyas. Este enfoque refleja una actividad que no considera adecuadamente la experiencia de los estudiantes. En contraste, este trabajo se ajustó a dinámicas que no solo facilitaron la comprensión del fenómeno, sino que también promovieron una construcción conceptual que permitió a los estudiantes fundamentar sus formas de entender el fenómeno a través de la argumentación y la reflexión sobre su propia actividad.

El ejercicio experimental se considera de gran importancia, ya que orienta las explicaciones hacia una actividad propia y no se limita a la comprobación de la teoría. Es responsabilidad del docente generar nuevas dinámicas de enseñanza, mitigando diversas prácticas mencionadas en el primer capítulo, y diseñar actividades orientadas hacia la construcción colectiva de fenómenos a través de la actividad experimental. Sin embargo, en algunas ocasiones, debido a la falta de recursos experimentales, es necesario que el docente sea quien proponga, a través de la creatividad, nuevas formas de entender el fenómeno por medio de la construcción de implementos que den cuenta de lo que se quiere analizar, como fue el caso puntual de esta investigación, donde fue necesario la construcción de diversos elementos y la solución de diversas dificultades antes, durante y después de la actividad experimental.

La carga de construir planes curriculares que cumplan con los estándares de aprendizaje recae frecuentemente sobre el docente. Sin embargo, a menudo se pasa por alto cómo se puede indagar en diversos recursos que permitan visibilizar la construcción del conocimiento a través de

diferentes formas, no solo las teóricas. La construcción de magnitudes no se obtiene únicamente de la conversión de unidades, sino, como se observó en esta investigación, también a través de relaciones de proporcionalidad obtenidas mediante el ejercicio experimental y la elaboración de explicaciones, reflejando una preocupación por el deseo de ser explicadas.

La interacción entre la formalización teórica y la perspectiva fenomenológica en el contexto de la enseñanza de la física no solo enriquece el proceso de aprendizaje, sino que también fomenta el desarrollo de habilidades cognitivas y metacognitivas en los estudiantes. Al combinar la abstracción conceptual de la formalización con la experiencia sensorial de la fenomenología, se estimula la creatividad, la curiosidad y la capacidad de análisis crítico de los estudiantes. Esta sinergia entre la teoría y la práctica no solo fortalece la comprensión de los fenómenos físicos, sino que también fortalece la reflexión crítica frente al proceso de quien comprende.

Sobre el trabajo grupal de los estudiantes, es importante resaltar como aspecto notable de la actividad, la manera en la cual los estudiantes representaban las trayectorias de los cuerpos en caída. Algunos grupos optaron por utilizar líneas punteadas, flechas o líneas continuas para ilustrar este fenómeno, lo que refleja diversas concepciones sobre el mismo fenómeno, sin embargo, fue común evidenciar siempre una caída dirigida hacia la tierra, o “hacia abajo”, en palabras de algunos estudiantes. Además, ciertos grupos se centraron en establecer la relación entre los tiempos y las alturas, así como la velocidad de cada cuerpo en caída, a través de ecuaciones o relaciones de proporcionalidad. Esta variabilidad en las representaciones gráficas y modelación es interesante, ya que "muestra el estrecho vínculo que hay entre el trabajo de formalización ligado a la actividad de construcción de magnitudes y el trabajo fenoménico ligado a la actividad experimental" (Malagón, Ayala, & Sandoval, 2013, pág. 33). La forma en que los estudiantes eligieron representar la caída no solo revela una primera organización del fenómeno, sino también su compromiso con el proceso de aprendizaje.

Finalmente, interpretar las reflexiones de los estudiantes sobre el fenómeno otorga una cualidad particular a esta investigación, al reflexionar sobre el rol del docente en la construcción del conocimiento a través del relato colectivo. Esto proporciona diferentes criterios para organizar la actividad experimental, reflejados en las reflexiones de los estudiantes sobre sus construcciones finales en torno al fenómeno de caída. Este ejercicio permite considerar la labor docente como algo satisfactorio, ya que la formalización de cada grupo abarcó una amplia gama de

preocupaciones, enriqueciendo así las organizaciones conceptuales que cada grupo consideró para explicar la caída de los cuerpos, no como un fenómeno general, sino como algo que puede ser abordado desde diferentes aspectos, relaciones y construcciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, M. (2012). Estudio del fenómeno de la caída de objetos desde la perspectiva de los Sistemas Dinámicos: una propuesta para el desarrollo de competencias científicas. *Tesis de Maestría*. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.
- Alvarez, J. (2012). El fenómeno de la caída de los cuerpos. *Artículo de Revista Mexicana de Física E 58 (2012) 36–40*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ayala, M., Malagón, J., Romero, Á., Rodríguez, O., & Garzón, M. (2008). Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción del conocimiento sobre los fenómenos físicos. *Artículo Latin-American Journal Of Physics Education , 4(2), 455-457*. Instituto Politecnico Nacional, Bogotá.
- C, M., Cruchaga, M., & Calentano, D. (2005). MODELACIÓN DEL MOVIMIENTO DE UN CUERPO RÍGIDO EN UN MEDIO VISCOSO. *Artículo MECOM 2005 – VIII Congreso Argentino de Mecánica Computacional*. Universidad de Santiago de Chile, Buenos Aires.
- Catanese, R. (2020). CONSTRUCCIÓN Y FORMALIZACIÓN DEL FENÓMENO DE MOVIMIENTO DE LOS CUERPOS. *Tesis de Maestría*. Universidad pedagógica Nacional, Bogotá.
- Chamizo, J. (2009). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Artículo de Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 7, núm. 1, 2010, pp. 26-41*. Revista Eureka, Cádiz.
- Claret, H. (2019). Una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de la caída de los cuerpos: Propuesta experimental. *Tesis de Maestría*. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.
- Coll, R., France, B., & Taylor, I. (2006). El papel de los modelos y analogías en la educación en ciencias: Implicaciones desde la investigación. *Artículo de Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 3, núm. 1, 2006, pp. 160-162*. Eureka, Cádiz.
- Cordiviola, C. (2016). Caída libre en fluidos viscosos. *Artículo de REVISTA DE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA*. Universidad Nacional de Rosario, Córdoba, Argentina.
- Escamilla, L. (2019). Modelos del sistema Tierra - Sol con el grupo de astronomía de la Escuela Pedagógica Experimental,. *Tesis de pregrado*. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.
- Fernandez, R., Hernandez, J., & Solá, J. (2014). Puntualizaciones en las aplicaciones didácticas de la ley de Stokes. *Artículo de Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 8, No. 1, March 2014*. Latin-American Journal of Physics Education, Madrid, España.
- Garzón, M., Tarazona, L., Sandoval, S., Malagón, J., & Ayala, M. (2020). Un caso de estudio sobre la producción de efectos sensibles y los procesos de teorización en ciencias. *Artículo de Ensaio • Pesquisa em Educação em Ciências. 2020; 22:e14862*. Revista Ensaio, Belo Horizonte .

- González, S. (2009). Diseño mecánico de un equipo para medida de la viscosidad en fluidos no Newtonianos. *PROYECTO FIN DE CARRERA*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA, Cartagena.
- Guzmán, C. (2010). Densidad del agua. *Artículo de La Guía Metas*. Metas y Metrólogos Asociados, Jalisco.
- Hernández, L., & Aldana, M. (2021). *Explicaciones sobre el color, la luz y la oscuridad: Propuesta de aula a partir de una perspectiva histórica y fenomenológica*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Hewitt, P. (2007). Física Conceptual. *Libro*. Pearson Educación, México.
- Howie, F. (1982). Medida de la tensión superficial mediante por el procedimiento de la burbuja. *Artículo web Phys. Educ.* 17 (1982), pp. 274-277. IOP Science. Obtenido de Medida de la tensión superficial mediante por el procedimiento de la burbuja.
- Koyré, A. (1980). Estudios Galileanos por Alexandre Koyré. *Libro Traducción de Mariano González*. Siglo XXI de España editores S.A, España.
- Laguna, L. (2013). Reformulación de galletas de masa corta: cambios en reología, textura y propiedades sensoriales. *Tesis de Doctorado*. Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, Valencia.
- Malagón, J., Ayala, M., & Sandoval, S. (2013). Construcción de fenomenologías y procesos de formalización: un sentido para la enseñanza de las ciencias. *Libro*. Universidad Pedagógica Nacional, CIUP, Bogotá.
- Montero, G., García, A., Ríos, V., & Román, A. (2017). Estudio de la caída libre utilizando diferentes técnicas experimentales. *Artículo de Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 12, No. 1, March 2018*. Latin-American Journal of Physics Education.
- Muñoz, J. (2019). *casalbert*. Obtenido de <https://www.aceitesalbert.com/noticias/190-densidad-del-aceite-de-oliva-de-que-dependera#:~:text=a%20la%20densidad,-,%C2%BFC%C3%B3mo%20se%20mide%20el%20peso%20específico%20del%20aceite%20de%20oliva,a%20tener%20en%20cuenta%20siempre>.
- Ortiz, M., & A, C. (2022). Viscosidad de un fluido. *Artículo de Publicación semestral, Ingenio y Conciencia Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún*, Vol. 9, No. 17 (2022) 77-84. UAEH, México.
- Perez, J., & Gardey, A. (23 de Abril de 2021). *Característica - Qué es, características, definición y concepto*. Obtenido de definicion.de/caracteristica/: <https://definicion.de/caracteristica/>
- Perilla, & Lilia, M. (2005). El fenómeno de la caída libre en Galileo. *Artículo de Tecné, Episteme y Didaxis No. 18, 2005*. Tecné, Episteme y Didaxis.
- Rojas, A., & Ramirez, M. (2002). Caída de un cuerpo esférico, inicialmente en reposo, en un medio denso y viscoso. *Artículo de PARA SABER, EXPERIMENTAR Y SIMULAR, Vol. 13. Num 2 (2002)*. Revistas UNAM, Coyoacán, México.

- Romero, C. (2019). *Laboratorio N° 1: Viscosidad*. Concepción: Universidad del Bío Bío.
- Ruiz, S. (2021). *Diseño de una unidad didáctica para el estudio de la caída de los cuerpos*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Sandoval, S., Malagón, J., Garzón, M., Ayala, M., & Tarazona, L. (2018). Una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de las ciencias. *Libro*. universidad Pedagógica Nacional, CIUP, Bogotá.
- Serway, & Jewett. (2008). Física para ciencias e ingeniería. Volumen 1. *Libro, Volume 1, Seventh Edition*. Cengage Learning Editores, México.
- Vargas, J. (2006). Desarrollo de una escultura eólica. *Proyecto de grado*. Universidad de los Andes, Bogotá.
- Villalba, E. (2015). LA EXPERIENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTO: UNA OPCIÓN PARA PENSAR LAS CIENCIAS NATURALES CON ESTUDIANTES DE GRADO OCTAVO. *Tesis de Maestría*. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.

Anexo 1. Organización simplificada de la actividad experimental

Se presenta a continuación una organización simplificada de las actividades realizadas con los estudiantes. Esta tabla sirvió en su momento para delimitar la actividad experimental a realizar con los estudiantes y ser presentada ante la institución como un insumo para el plan de trabajo que se llevaría a cabo dentro de la asignatura.

	1 hora	2 hora	3 hora	4 hora
Semana 1: Exploración guiada	Analizar la caída de los cuerpos con relación a sus cualidades, evitando la influencia de una cuantización o medición concreta.			
	Presentación caída de los cuerpos y propuesta de experimentación.	Guía de trabajo y recolección de datos, diagramas, dibujos.		Discusión de observaciones y recolección de actividad semanal. Representar cómo caen los objetos.
Semana 2: Profundización	Aplicar el uso de variables y comparación de medidas a través del uso de diversos instrumentos de recolección y medición.			
	Relación primera y segunda semana. Delimitación de caídas con objetos específicos. Tubos sin líquidos y esferas en tubos.	Experimento con tubos, fluidos y esferas. Exploración guiada y toma de datos.	Experimento con tubos, fluidos y esferas. Selección de una sustancia y analizarla a profundidad.	Concreción de ideas, discusión y socialización. Representar cómo caen los objetos.
Semana 3: Integración Cierre	Integración de la actividad experimental y la formalización desde una perspectiva fenomenológica.			
	Selección de un tubo y toma de video para la presentación de los estudiantes. ¿Cómo se podrían organizar las caídas	Elaboración de videos y resolución de inquietudes referentes a la caída de los cuerpos.		Presentación audiovisual de las reflexiones propuestas por cada grupo. Cierre de la actividad y consolidación del conocimiento a

	de los cuerpos? ¿Qué influye en la caída de los cuerpos?		partir de las reflexiones de los estudiantes.
--	---	--	---

Tabla 20 Organización de la actividad experimental con los estudiantes. Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Guía de trabajo – Semana 1

CAÍDA DE DIFERENTES CUERPOS

NAMES: _____ GRADE: 7TH

DATE: _____ SUBJECT: EUREKA

RUBRIC

OBJETIVO

Analizar cómo caen diversos cuerpos desde diferentes alturas y problematizar sobre cualidades y variables relevantes en el proceso.

Guía de trabajo No. 1

A continuación, se consideran diversas situaciones experimentales a realizar durante la clase. Siga las instrucciones del docente en todo momento para la realización efectiva del experimento. Esta actividad se divide en tres momentos:

1er momento: Previo al experimento (45 minutos - 1 sesión)

2do momento: Durante el experimento (90 minutos - 2 sesiones)

3er momento: Posterior al experimento (45 minutos - 1 sesión)

Tenga en cuenta cada una de las preguntas a desarrollar con su grupo de trabajo.

1er momento: ¿Qué pasará?

Formar grupos de máximo 4 personas.

Junto con su grupo de trabajo analicen y respondan las siguientes preguntas:

- ¿Crees que todos los objetos caen de la misma manera?
- ¿La forma de los objetos hace que caigan diferente?
- ¿Qué crees que hace que caigan los objetos?
- ¿Puedo medir la caída de un objeto? ¿Cómo lo haría?
- ¿Cómo puedo comparar la caída de dos o más cuerpos?

Genera con tu grupo de trabajo una organización de la caída de los cuerpos en función de diversas características que puedan ser relevantes. Dibuja cómo crees que van a caer los cuerpos.



Organización	Representa la comparación de las caídas de los cuerpos



2do momento: ¿Qué está sucediendo?

Procedimiento experimental:

A cada grupo se le asignará diversos objetos que podrán dejar caer como el grupo así lo prefiera. Durante el proceso de caída registre en la siguiente tabla tiempos de caída con el cronómetro asignado y escríbalos.

Cuerpo	Altura	Tiempo	¿Cómo cayó?

Durante el proceso será importante responder las siguientes preguntas:

- ¿Cómo podríamos asegurarnos de que los objetos se dejan caer desde la misma altura en cada prueba?

- ¿Qué registros podríamos tomar durante el experimento para comparar los resultados de diferentes objetos?
- ¿Tendrá alguna influencia el aire en los resultados del experimento? ¿Por qué?
- ¿Qué observaciones inesperadas podríamos registrar durante el experimento que podrían afectar nuestras conclusiones?

3er momento: Reflexionemos

Posterior a la realización de diversas experiencias de caída de cuerpos, responda las siguientes preguntas.

- ¿Cómo podríamos explicar a alguien que no participó en el experimento lo que se realizó durante esta experiencia?
- De acuerdo con los tiempos registrados para la caída de los diferentes cuerpos, responda:
 - a. ¿Es posible indicar por qué algunos cuerpos caían diferentes a otros?
 - b. ¿Es posible indicar por qué algunos cuerpos caían similares a otros?
- Durante la experiencia ¿hubo algunos cuerpos que en vez de caer se elevaron? ¿por qué pudo haber pasado esto?
- Indique al menos cinco características que tuvieron en cuenta al momento de dejar caer los cuerpos.

Genera con tu grupo de trabajo una organización de la caída de los cuerpos de acuerdo a lo observado durante la actividad. Representa, a través de un dibujo, cómo cayeron los cuerpos.

Organización	Representa la comparación de las caídas de los cuerpos

Anexo 3. Guía de trabajo – Semana 2

CAÍDA DE LOS CUERPOS EN DIVERSOS MEDIOS - I

NAMES: _____ GRADE: 7TH

DATE: _____ SUBJECT: EUREKA

RUBRIC

OBJETIVO

Explorar y analizar cómo las características de distintos líquidos afectan la caída y el comportamiento de esferas metálicas a través de tubos de diferentes diámetros.

Guía de trabajo No. 2

A continuación, se consideran diversas situaciones experimentales a realizar durante la clase. Siga las instrucciones del docente en todo momento para la realización efectiva del experimento. Esta actividad se divide en tres momentos:

1er momento: Previo al experimento (45 minutos - 1 sesión)

2do momento: Durante el experimento (90 minutos - 2 sesiones)

3er momento: Posterior al experimento (45 minutos - 1 sesión)

1er momento: ¿Qué pasará?

Reconocimiento de elementos

A continuación, se pretende que reconozca los elementos con los cuales se trabajará durante las siguientes sesiones a fin de interpretar la caída de los cuerpos desde diversas experiencias. No se vea sesgado al análisis profundo a través de fuentes, pues lo importante consistirá en entender sus explicaciones frente a la caída de los cuerpos y el cómo logra definir similitudes, diferencias y relación de características.

Tenga en cuenta cada una de las preguntas a desarrollar con su grupo de trabajo y analícelas con detenimiento.

Caída de las esferas dentro de los tubos

Con su grupo de trabajo diseñe, en la siguiente tabla, una experiencia en la cual varios cuerpos

puedan caer, uno a uno, dentro de los tubos que les han sido entregados. Es libre de generar experiencias de comparación.

Diámetro de la esfera	Diámetro del tubo	Altura del tubo

¿Qué creen que sucederá con las esferas al liberarlas dentro de cada uno de los tubos? ¿Habrá alguna diferencia en sus caídas?

Procedimiento experimental:

Junto con su grupo de trabajo proceda a dejar caer cada esfera y registre en la siguiente tabla sus observaciones con base en cada experiencia:

Diámetro de la esfera	Diámetro del tubo	Altura del tubo	Observaciones

¿Es posible distinguir alguna diferencia en la caída de las esferas dentro de cada tubo?

¿Sería diferente la caída de las esferas en presencia de algún líquido dentro del tubo?

Procedimiento experimental:

Siga las instrucciones del docente frente al uso de los tubos, en cuanto a su llenado, dejar caer las esferas y vaciar los tubos para su correcto funcionamiento.

Al observar cómo cae una esfera dentro de un tubo lleno con agua, ¿Es posible predecir cómo caería la esfera dentro del mismo tubo lleno con jabón líquido?

Luego de evaluar las experiencias compartidas previamente, a cada grupo se le asignará dos tubos con distintas sustancias con los cuales dejarán caer esferas de diferentes diámetros y contabilizarán el tiempo de caída de cada esfera desde que se suelta en la parte superior hasta que cae en el extremo inferior del tubo. Realice la actividad experimental de acuerdo con instrucciones del docente, y resuelva las preguntas que se encuentran a continuación:

- ¿Qué creen que sucederá con las esferas al caer en agua, jabón líquido, vinagre y aceite de cocina?
- ¿Qué es posible medir al dejar caer los cuerpos dentro de los tubos?
- ¿Es posible saber cómo caerán los cuerpos dentro de cada sustancia? ¿Por qué?

2do momento: ¿Qué está sucediendo?

Al dejar caer las esferas se puede observar un tipo de movimiento. Describa, de acuerdo con las siguientes preguntas, cómo es el movimiento de las esferas a través de los líquidos contenidos dentro de cada tubo.

- ¿Qué observan en cuanto a la caída de las esferas dentro de los tubos? Representa mediante un dibujo cómo caen los cuerpos dentro de los tubos.

Representa la comparación de las caídas de los cuerpos



- ¿Notan alguna diferencia significativa en el comportamiento de las esferas al dejarla caer dentro de varias sustancias? ¿Cuáles?
- Realice la medición de tiempos para las esferas y los tubos específicos.

Diámetro de la esfera	Diámetro del tubo	Altura del tubo	Sustancia	Tiempo de caída	Observaciones

3er momento: Reflexionemos

Posterior a la realización de diversas experiencias de caída de cuerpos dentro de los tubos con las sustancias, responda las siguientes preguntas.

- ¿Qué tipo de características pueden resaltar de la caída de los cuerpos dentro de los fluidos?
- ¿Qué tipo de dificultades encontraron durante la realización de los experimentos?
- ¿Es posible organizar de alguna manera las caídas de los cuerpos en las diferentes sustancias utilizadas? De ser así, organícelos en la siguiente tabla y represente mediante dibujos:

Organización	Representación

Anexo 4. Guía de trabajo – Semana 3

CAÍDA DE LOS CUERPOS EN DIVERSOS MEDIOS - II

NAMES: _____ GRADE: 7TH

DATE: _____ SUBJECT: EUREKA

RUBRIC

OBJETIVO

Identificar y explicar las características del fenómeno de caída de las esferas de metal en un líquido, analizando factores que intervienen en esta.

Guía de trabajo No. 3

A continuación, se plantea un ejercicio similar al de la anterior semana, sin embargo, se tendrán en cuenta ciertas condiciones específicas que deberá discutir con su grupo y representar, por medio de un material audiovisual de su preferencia, diversas explicaciones que pueda obtener sobre la caída de los cuerpos en diferentes medios.

1er momento: Previo al experimento (45 minutos - 1 sesión)

2do momento: Durante el experimento (90 minutos - 2 sesiones)

3er momento: Posterior al experimento (45 minutos - 1 sesión)

1er momento: ¿Qué pasará?

Reconocimiento de elementos

A continuación, se pretende que reconozca los elementos con los cuales se trabajará durante las siguientes sesiones a fin de interpretar la caída de los cuerpos desde diversas experiencias. No se vea sesgado al análisis profundo a través de fuentes, pues lo importante consistirá en entender sus explicaciones frente a la caída de los cuerpos y el cómo logra definir similitudes, diferencias y relación de características.

Antes del Experimento:

- ¿Es posible saber cómo caerán las esferas teniendo en cuenta los experimentos anteriormente realizados?

- ¿Qué características de las esferas crees que influirán en su caída? ¿Por qué?
- ¿Es posible cuantificar el tiempo que tarda cada esfera en caer? En caso de que consideres importante tomarlo ¿Qué métodos utilizarías para medirlo?
- Proponga una organización para dejar caer las esferas, justificando de forma breve qué espera que pase en cada caída teniendo en cuenta varias observaciones comentadas en las actividades anteriores.

Orden de caída	Diámetro de esfera (mm)	Justificación
1		
2		
3		
4		

Durante el Experimento:

¿Qué observan en cuanto a la caída de las esferas dentro de los tubos?

- ¿Notan alguna diferencia significativa en el comportamiento de las esferas al dejarla caer dentro de esta sustancia a comparación con las sustancias usadas en los anteriores experimentos?
- ¿Qué tipo de resistencia piensas que experimentan las esferas al caer en el líquido?
- Use el siguiente recuadro para crear una tabla que le permita organizar diversos datos cuantificables y que pueda utilizar para explicar la caída de las esferas de una forma precisa y medible.

Después del Experimento:

Con su grupo de trabajo genere un **material audiovisual de su preferencia** que le permita transmitir sus ideas, explicaciones, descripciones, representaciones e inferencias sobre la caída de los cuerpos con base en los observado y realizado durante estas últimas semanas. Tenga en cuenta las siguientes preguntas sólo cómo una orientación frente a lo que puede transmitir dentro del material audiovisual:

¿Qué descubriste sobre la caída de las esferas en el líquido? ¿Cómo se relacionan tus observaciones con tus hipótesis iniciales?

- ¿Qué características consideraste más importantes para explicar el fenómeno de la caída?
¿Por qué?
- ¿Cómo puedes representar gráficamente los datos que recopilaste durante el experimento?
- ¿Qué formalizaciones matemáticas o físicas puedes incluir en tu explicación para respaldar tus observaciones?
- ¿Qué aspectos del experimento te sorprendieron y por qué?
- ¿Cómo podrías aplicar lo que aprendiste sobre la caída de los cuerpos a otros fenómenos físicos en la vida cotidiana?
- ¿Qué dificultades encontraste durante la práctica experimental con los tubos y cómo crees que podrían mejorar en futuros experimentos?
- ¿Es posible organizar las caídas de los cuerpos en las sustancias de alguna forma?