

**UNA PERSPECTIVA FENOMENOLÓGICA PARA LA
ENSEÑANZA DE LA CAÍDA DE LOS CUERPOS: PROPUESTA
EXPERIMENTAL**

HAROLD MAURICIO CLARET VALENCIA

Código: 2017184103

ASESORAS

**MARINA GARZÓN BARRIOS
LILIANA TARAZONA VARGAS**

MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

2019

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre, Eulalia Valencia Mosquera, quien, con sus esfuerzos, constancia, sacrificios y amor eterno, ha luchado por mostrarme un mejor mañana. Mi entera admiración por todo lo que me has demostrado desde que llegué a tus brazos. Siempre has creído en mí y por eso este logro es más que tuyo.

También dedico este trabajo a mi padre, Francisco Claret Palacios, quien a pesar de todas las dificultades que vivimos durante mi adolescencia nunca me exigió más allá de superarme, de estudiar, de demostrar que siempre hay una luz por la cual luchar.

A los dos, muchas gracias, jamás tendré como pagarles.

Harold M. Claret Valencia

AGRADECIMIENTOS

Si bien este trabajo posee mi nombre, detrás de mis reflexiones se encuentran muchas personas que han posibilitado la constitución imaginarios desde diferentes escenarios.

En principio, darle las gracias a Mi Dios por permitirme vivir una nueva experiencia académica, la cual ha resignificado mi manera de vivir, pensar y enfrentar cada uno de los retos que trae el hecho de estar vivo.

A mi familia, en cabeza de Julio Valencia, quien siempre se ha preocupado por mi formación académica y me ha brindado su apoyo incondicional.

A mi hermosa novia, Jennyfer Padilla P., quien ha sufrido más que yo estos estudios, me ha entregado su apoyo y en los momentos difíciles siempre ha estado dispuesta para mí, sin importar días, horas y espacios; ha comprendido la importancia de mi meta y ha ayudado a que esto se pueda lograr.

A la Sra. Encarnación Moreno y su familia, quienes han permitido que cada año me reencuentre con mis raíces, hospedándome como un miembro más de su núcleo familiar.

A mis asesoras de tesis, la profesora Marina Garzón & la profesora Liliana Tarazona, con quienes pasé momentos muy agradables y difíciles en la construcción de este documento, dado que, siempre estuvieron pendiente de que diera lo mejor de mí. Sé que en algunos momentos se molestaron conmigo por andar de despedido, pero aquí están los frutos y en gran parte es por ustedes que nunca me dejaron a un lado.

A mis amigos, en cabeza de: Leonardo Hernández, Hammer Chaverra, Germán Cuesta, Julio Bustacara, con quienes he compartido gran parte de mi historia como persona y estudiante y a quienes considero mis hermanos de vida, los cuales siempre me están animando a tomar nuevos retos y en algunos casos me acompañan a llevarlos a cabo.

A mis estudiantes de la Institución Educativa Rural Departamental Chimbe, quienes aportaron con sus ocurrencias, cuestionamientos e ideas, significativamente a la construcción de este documento.

A mis compañeros de clase de Maestría, con quienes pensé no encajar muy bien y terminé siendo uno eje central de relaciones en el aula, volvería a estar con ustedes en la academia una y mil veces más.

Al Departamento de Física y cada uno de los profesores de Maestría, quienes me brindaron la oportunidad de volver a sentir lo que era estar del otro lado de la pantalla, como estudiante, no saben lo significativo que ha sido para mí estar bajo sus orientaciones.

Harold M. Claret Valencia

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Resistencia al cambio</i>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 7	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de Grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de la caída de los cuerpos: propuesta experimental
Autor(es)	Claret Valencia, Harold Mauricio
Director	Tarazona Vargas, Liliana; Garzón Barrios, Marina
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2019. 168 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	FENOMENOLOGÍA; ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS; ACTIVIDAD EXPERIMENTAL; CAÍDA DE LOS CUERPOS; RELACIÓN CUERPO-MEDIO; AULA.

2. Descripción
La presente investigación consiste en una propuesta experimental para el estudio de fenómenos naturales en el aula bajo la perspectiva fenomenológica. Para el desarrollo de la propuesta, se estudia la caída de los cuerpos como fenómeno a organizar, teniendo en cuenta que las actividades planteadas para abordar el suceso, permiten al docente y a los estudiantes construir reflexiones frente a características particulares en el descenso de un cuerpo. La constitución de ideas sobre el fenómeno de estudio pone de manifiesto los efectos que se presentan en el movimiento de un cuerpo que cae en medios que ofrecen resistencia. Para llevar a cabo la propuesta, se estudian los tratados de Galileo Galilei: Diálogos acerca de dos nuevas ciencias, quien considera que es de suma importancia prestar atención al lugar donde se realiza la caída, pues dependiendo de su relación cuerpo - medio se determinan consecuencias particulares sobre el fenómeno como el hecho de que el cuerpo caiga con distintas velocidades en distintos medios. Al igual que Galileo, el docente y los estudiantes también tienen formas de pensar, organizar y reflexionar sobre la caída que dan cuenta de las comprensiones que se configuran en la medida que se profundiza el estudio, las cuales, al ser caracterizadas, muestran relaciones de dependencia basadas en formas extensas de entender el fenómeno. De acuerdo con esto, una de las preocupaciones del trabajo es mostrar: ¿Qué organizaciones elaboran los estudiantes alrededor de la caída de los cuerpos desde las actividades experimentales, como muestra de ampliación de la experiencia?

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Resistencia al cambio</i>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 2 de 7	

Para identificar las organizaciones que realizan los estudiantes sobre el estudio propuesto, se estima conveniente centrar la mirada en las organizaciones y formas de hablar de los estudiantes al implementar las actividades experimentales para la construcción de la caída. Mostrando que, al abordar fenómenos de esta manera, se posibilita introducir cuestionamientos, ideas y preocupaciones del sujeto que investiga en la elaboración o ampliación de conocimientos en la clase de ciencias.

Estas organizaciones sobre la caída que los estudiantes proporcionan darían pie a establecer ciertas maneras en las cuales ellos interiorizan y expresan sus ideas frente al fenómeno, dejando entrever una forma particular de exponer lo que sucede en la caída, pero además pone de manifiesto el trasfondo contextual y conceptual que estiman importante para hablar de la caída, por tal motivo, el trabajo, también se preocupa por indagar:

¿De qué forma hablan los estudiantes sobre la caída de los cuerpos cuando se problematiza el fenómeno a partir de medios que ofrecen resistencia?

3. Fuentes

- Alarcón Rodríguez, M. M. (2012). *Estudio del fenómeno de la caída de los objetos desde la perspectiva de los Sistemas Dinámicos: una propuesta para el desarrollo de competencias científicas*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Álvarez G., J. L., & Posada V., Y. (2003). La obra de Galileo y la conformación del experimento en la física. *Revista Mexicana de Física*, 1, 61 - 73.
- Álvarez García, J. L. (2012). El fenómeno de la caída de los cuerpos. *Revista Mexicana de Física E*. Vol 58, pp. 36 - 40.
- Árca, M., Guidoni, P., & Mazzoli, P. (1990). *Enseñar ciencia: Cómo empezar: Reflexiones para una educación científica de base*. Madrid: Ediciones Paidós.
- Boido, G. (1993). La reconstrucción del experimento en la historia de la ciencia: Galileo en debate. *Revista de enseñanza de la Física*, VI(1), pp. 66 - 72.
- Bolio, A. (2012). Husserl y la fenomenología trascendental: Perspectivas del sujeto en las ciencias del siglo XX. *REencuentro*(65), 20-29.
- Candela, A. (1993). La construcción discursiva de la ciencia en el aula. *Investigación en la escuela*(21), 31 - 38.
- Casrascos, J., Gil Pérez, D., Vilches, A., & Valdés, P. (2006). El papel de la actividad experimental en la educación científica. *Cuaderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(2), 157 - 181.
- Chaparro Susa, C. I., Pedreros Martínez, R. I., Méndez Hincapié, N. F., Sastoque Quevedo, H. O., & Prías Bastidas, C. a. (segundo semestre del 2006). Elementos del pensamiento sistémico en la elaboración de explicaciones sobre el fenómeno de la caída de los cuerpos. *TEA*. N° 20, 96 - 109.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Excellence in Education</i>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 3 de 7	

- Duran Rojas, N. P. (2011). *La experiencia didáctica para mejorar la comprensión del concepto de la caída libre y demostrar la independencia de la masa en el tiempo de caída de los cuerpos en ausencia de fuerza de rozamiento*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Fourez, G., Englenbert-Lecompte, V., & Mathy, P. (1997). *Saber sobre nuestro saber: Un léxico epistemológico para la enseñanza (traducción: Elsa Gómez de Sarría)*. Buenos Aires - Argentina: Colihue S.R.L.
- Galilei, G. (2004). *Diálogos acerca de dos nuevas ciencias*. (T. Isnardi, Trad.) Argentina: Losada.
- García Arteaga, E. G. (2009). *Historia de las ciencias en textos para la enseñanza. Neumática e hidrostática*. Santiago de Cali: Universidad del Valle.
- Giodan, A., & Gagliardi, R. (1986). La historia de las ciencias: una Herramienta para la Enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(3), 253 - 258.
- Giordan, A., & Vecchi, G. (1995). *Orígenes del saber, Fundamentos N° 1, Colección, Investigación y Enseñanza*. Sevilla: Diada Editorial S. L. EN: Tarazona, L. Pedreros R. (2017). El aula como un sistema de relaciones: modulo de pedagogía 2. Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales. Departamento de Física. Universidad Pedagógica Nacional. .
- Koyré, A. (1980). *Estudios Galileanos*. (G. Ambóu, Trad.) Madrid: Siglo veintiuno.
- Kuhn, T. S. (2006). *La Estructura de las Revoluciones Científicas* (Tercera ed.). (C. Solis Santos, Trad.) México: FCE.
- Lambert, C. (2006). Edmund Husserl: la idea de la fenomenología. *Teología y Vida*, XLVII(4), 517-529.
- Mach, E. (1948). *Conocimiento y Error*. (P. Costés, Trad.) Buenos Aires: Espasa - Calpe, S.A.
- Malagón Sánchez, J. F., Ayala Manrique, M. M., & Sandoval Osorio, S. (2013). *Construcción de fenomenologías y procesos de formalización*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Malagón, F. (2012). Caída de los cuerpos. *Universidad Pedagógica Nacional: Departamento de Física*, 1 - 8.
- Malagón, F. (2014). Teoría y experimento, una relación dinámica: Implicaciones en la enseñanza de la física. *Física y Cultura: cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias* v8, 95-104.
- Malagón, F., & et al. (2014). El lenguaje y la construcción de fenomenologías: El caso del efecto Volta. *Revista Brasileira de História da Ciência, Rio de Janeiro*, v7, n. 2, 203-213.
- Malagón, F., Sandoval, S., & Ayala, M. M. (2013). La actividad experimental: Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. *Praxis Filosófica*, 119-138.
- Merleu-Ponty, M. (1993). *Fenomenología de la percepción*. (J. Cabanes, Trad.) Barcelona: Planeta-De Agostini, S.A.
- Montes Jiménez, J. P., & Rivera Vargas, Y. H. (2014). *Percepción: Ampliación y organización de la experiencia en la construcción de fenomenologías*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Nathan B., E. (1985). Galileo y la Idealización. *Elementos, Ciencia y Cultura*, 27 - 36.
- Saavedra Sánchez, Ó. I., & Bautista Ballén, M. (2008). *Nueva Física 10*. Bogotá: Santillana S. A.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Excellence in Education</i>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 4 de 7	

Sanabria Quiñones, J. S. (2016). *El Aula Inclusiva como un Escenario de Reflexión para la Enseñanza de la*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional de Colombia .

Sandoval , C., Caram, J., & Salinas , J. (2009). La engañosa simplicidad del "metodo de Stokes" para medir viscosidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 4310 - 4323.

Segura, D., Arcos, F., & Pedreros, R. (2005). El constructivismo radical como alternativa para fundamentar prácticas con sentido en la enseñanza de las ciencias. *Itinerantes v3*, 59-72.

Villegas, M. Y. (1987). *Física Investiguemos 10*. Bogotá: Voluntad.

4. Contenidos

Este documento presenta seis partes que estructuran las organizaciones del estudio de la caída de los cuerpos a través de una propuesta experimental bajo una perspectiva fenomenológica, estas partes son:

La primera parte, concerniente al capítulo uno, contempla: el contexto problemático de la propuesta investigativa junto a su justificación. También posee los caminos que delimitan la investigación y el enfoque metodológico en el cual se sustentan las acciones a investigar.

La segunda parte, la cual conforma el capítulo dos, está compuesta por trabajos concernientes al carácter experimental, histórico y fenomenológico que permiten configurar una mirada hacia el estudio de la caída de los cuerpos en el aula.

La tercera parte, corresponde al capítulo tres, el cual posee referentes de estudios puntuales sobre la caída de los cuerpos, específicamente los tratamientos de Galileo Galilei sobre el fenómeno, además, contempla la estructuración de una mirada fenomenológica acerca de particularidades sobre la caída.

La cuarta parte, que corresponde al capítulo cuatro, el cual posee la organización de una propuesta de aula para abordar el fenómeno de la caída de los cuerpos con los estudiantes.

La quinta parte, la cual corresponde a la sistematización de ideas de los estudiantes frente al fenómeno de la caída, se estiman dos posibilidades de estructuración, una sobre la organización que los estudiantes realizan para construir el fenómeno, y la otra, que corresponde al trasfondo contextual y conceptual detrás de las palabras de los estudiantes.

La sexta parte que gira en torno a una serie de reflexiones finales que dan respuesta a las preguntas problema del documento y los objetivos propuestos para la investigación.

5. Metodología

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Revolution of Education</i>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 5 de 7	

El enfoque metodológico de la investigación está centrado en la mirada cualitativa, dado que, al problematizar en el aula la caída de los cuerpos se posibilita la construcción de diferentes puntos de vistas subjetivos que se convierten en instrumentos principales para elaborar, analizar y dar sentido a particularidades sobre el fenómeno. De acuerdo con esto, los significados que los sujetos construyen responden a interacciones con: su contexto, sus formas de relacionarse con otros y su manera de ver y de interpretar sus respectivas observaciones sobre la caída.

El enfoque cualitativo presenta una perspectiva de carácter interpretativo, pues está en caminado a comprender las formas de hablar que inicialmente poseen los estudiantes y que se van transformando en la medida que se van desarrollando las actividades que permiten problematizar el fenómeno. Tal perspectiva, contempla el análisis descriptivo sobre ciertas características generales del lenguaje, de tal manera que, se puede hacer referencia a las formas en las cuales las personas organizan su experiencia en un momento determinado. Experiencias que cambian o se amplían en la medida que se profundiza en la problematización del fenómeno.

Estas implicaciones metodológicas en el aula, contemplan la posibilidad de indagar y reconocer formas en las cuales es posible estudiar y establecer comprensiones sobre un fenómeno de estudio como la caída de los cuerpos, que luego dan sentido a representaciones a partir de su percepción.

6. Conclusiones

En esta propuesta investigativa fue posible delimitar ciertas reflexiones finales frente a tres ejes de estudio: las implicaciones fenomenológicas en la construcción de fenómenos en el aula, las orientaciones sobre aspectos históricos en la organización de la caída de los cuerpos, y las actividades experimentales como propuesta de aula:

- Ubicarse en una perspectiva fenomenológica permite que, a través de las actividades experimentales, las reflexiones que los estudiantes construyen parten de sus propias pretensiones, ideas, y cuestionamientos que posibilitan construir explicaciones frente a observaciones directas hacia el fenómeno de estudio. De aquí que, las ideas de los estudiantes sobre la caída de los cuerpos se encuentran estructuradas bajo cuestionamientos de condiciones que le permiten establecer organizaciones sobre la caída, por ejemplo, el hecho de pensar en que, la velocidad de caída depende de la forma del cuerpo, pues es quien posiblemente determine si cae lento o rápido, expresando cosas como: si la forma del cuerpo es alargada entonces cae lento porque hace más contacto con el medio que otros cuerpos de formas menos alargadas.
- De igual forma, acudir a los aspectos históricos sobre el fenómeno de la caída, puntualmente los tratamientos de Galileo Galilei, por ejemplo, los hechos sobre los cuales estima que, en una caída no actúa el peso absoluto del cuerpo, sino su peso específico relacionado con el

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Reservados los derechos</i>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 6 de 7	

peso específico del medio, permitió que tanto el profesor como los estudiantes consideraran otras posibles características en el descenso de un cuerpo, por ejemplo, los efectos del medio en la caída, estableciendo maneras de estudiar condiciones como: relaciones entre, material del cuerpo y velocidad en la caída, de igual manera, afectaciones como: el espesor del medio y su influencia en la velocidad de caída; los cuales para el aula, intervienen de forma directa en el fenómeno.

- Por último, al implementar las actividades experimentales en el aula para construir la caída de los cuerpos, se identificó que los estudiantes asimilan con mayor facilidad las relaciones y afectaciones que se presentan durante el proceso de caída, dado que, las organizaciones que se construyen sobre el fenómeno, responden a cuestionamientos e intencionalidades de los propios estudiantes, permitiendo que esta forma de construir la caída conlleven a reflexiones y con ellas, a formas de hablar de lo que pasa en el descenso de un cuerpo en medios que ofrecen resistencia.

También se da respuesta a los interrogantes de la investigación, ¿qué organizaciones elaboran los estudiantes alrededor de la caída de los cuerpos desde las actividades experimentales, como muestra de ampliación de la experiencia?, y ¿de qué forma hablan los estudiantes sobre la caída de los cuerpos cuando se problematiza el fenómeno a partir de medios que ofrecen resistencia?

- Se identificó que los estudiantes para organizar la caída estiman conveniente caracterizar de manera independiente cada elemento que compone el fenómeno: el cuerpo y el medio; por ejemplo, para el caso del cuerpo, caracterizarlo a partir de su material, forma y tamaño, etc. En el caso del medio, a partir de su densidad y viscosidad, para así establecer interacciones entre características puntuales que determinan cómo cae el cuerpo en medios que ofrecen resistencia.
- Por otro lado, en relación con la segunda pregunta, las formas de hablar, cuando se plantea el estudio de la caída de esta manera, para medios que ofrecen resistencia a la caída de un cuerpo, se observó que los estudiantes expresan formas de compresiones complejas, por ejemplo, el hecho de establecer que en un cuerpo lo que da peso es su material, expresiones que reflejan ideas para determinar qué sucede durante la caída, acudiendo a relaciones y afectaciones que se presentan durante el proceso de descenso.
- Al sistematizar las formas lingüísticas de hablar sobre la caída se encontró que los estudiantes acuden a expresiones contextuales que reflejan concepciones particulares sobre características de un fenómeno de estudio. Por ejemplo, al estudiar la caída de los cuerpos en medios que ofrecen resistencia, los estudiantes expresan que: si el medio es tupido entonces se ve el cuerpo caer lento; para lo cual, el hecho, para ellos, de ser tupido, se puede

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Formadora de formadores</i>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 7 de 7	

entenderse como viscoso. En ese sentido, decodificar estas formas contextuales de hablar que poseen los sujetos, constituye las maneras en las cuales las compresiones se hacen significativas en la construcción de un fenómeno natural.

Esta propuesta experimental para el estudio de la caída de los cuerpos a través de una perspectiva fenomenológica ha hecho que se replantee la mirada hacia la introducción de fenómenos naturales al aula, puesto que, esta clase de actividades anima a que los estudiantes y docente se involucren en la organización del estudio, dejando de lado, propuestas que contemplan un aula pasiva en la construcción de conocimiento, es decir, entender el aula como recinto donde se llevan las reflexiones y no se brinda la posibilidad de crearlas. Además, cimienta la construcción de conocimiento sobre el estudio de fenómenos a partir de diferentes paralelos, por ejemplo, aspectos históricos y comprensiones del sujeto, experiencias sensibles y contexto del investigador, relaciones interpersonales en el aula, las cuales determinarían las clases de reflexiones que construyen los sujetos inmersos en la organización de un fenómeno de estudio; permitiendo encontrar otras maneras de abordar la ciencia en el aula.

Elaborado por:	Claret Valencia, Harold Mauricio
Revisado por:	Tarazona Vargas, Liliana; Garzón Barrios, Marina

Fecha de elaboración del Resumen:	15	11	2019
--	----	----	------

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO I: DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA	12
A. Encaminar el estudio de fenómenos exclusivamente a través de consideraciones matemáticas	12
B. La implementación de la actividad experimental en el estudio de fenómenos	14
C. La información de los libros de texto para abordar diferentes fenómenos.....	16
D. La organización del fenómeno de la caída de los cuerpos en el aula.	17
II. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
A. Objetivo general.....	22
B. Objetivos Específicos.....	22
III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	23
A. Implicaciones Metodológicas.....	23
B. El proceder frente al estudio del fenómeno de la caída de los cuerpos.....	23
C. Momentos de la investigación.....	24
D. Población y muestra de estudio.	25
E. Herramientas que permiten la sistematización de ideas en el aula	26
CAPÍTULO II: REFERENTES DE ESTUDIO PARA ABORDAR LA CAÍDA DE LOS CUERPOS....	28
2. Antecedentes.....	28
2.1 Propuestas experimentales para la enseñanza de la caída de los cuerpos	28
2.2 El carácter histórico de las ciencias.....	35
2.3 Mirada fenomenológica en la estructuración de conocimientos en ciencias	43
2.3.1 Organización de la experiencia del sujeto a través de fenomenologías	45
CAPÍTULO III: ALCANCES DEL CONTEXTO HISTÓRICO EN LA CONSTRUCCIÓN DE REPRESENTACIONES HACIA UN FENÓMENO DE ESTUDIO.....	54
3. El papel de las representaciones en la construcción de conocimientos.....	54
3.1 Caída de los cuerpos: Actividad en Galileo	56
3.1.1 El peso específico en la velocidad de caída.....	58
3.1.2 Efecto de aligeramiento en la caída.....	60
3.1.3 La resistencia del medio hacia el cuerpo que cae	62
3.2 Pensando en el fenómeno de la caída.	64
3.2.1 Consecuencias del empuje en la caída.....	65
3.2.2 Los efectos de fricción en la velocidad de caída	66
CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LA PROPUESTA DE AULA.....	69
4. Descripción de la Propuesta de aula.....	69
4.1 Fase I: Indagación de ideas. Abandonando la nave	71

4.2 Fase II: Interacciones en la caída	86
4.2.2 Reconozcamos dónde se realiza la caída	107
4.2.3 Relación entre las densidades del cuerpo y el medio.....	110
4.3 Fase III: Estudio de magnitudes en la caída de un cuerpo. La velocidad en la caída.	112
4.3.1 Los medios en acción	113
REFLEXIONES FINALES	117
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	124
Anexos.....	127
Anexo uno: Relatos de los estudiantes en la organización de la caída de los cuerpos	127
Anexo dos: Cartilla para el estudio de la caída de los cuerpos para medios que ofrecen resistencia	135
Anexo tres: Consideraciones realizadas por Aristóteles y Galileo en “Diálogos acerca de dos nuevas ciencias”	161

TABLA DE REPRESENTACIONES

Esquema 1. Etapas de la investigación	25
Esquema 2. Propuestas experimentales (Fuente: elaboración propia).....	32
Esquema 3. Aspectos históricos en la construcción de fenómenos naturales (Fuente: Elaboración propia).....	42
Esquema 4. Estrategia fenomenológica para el estudio de la caída de los cuerpos en el aula	53
Esquema 5. Caídas de cuerpos en medios que ofrecen resistencia descrita por Galileo	64
Esquema 6. Esfera cayendo en medios de diferente espesor	67
Esquema 7. Fenomenología de la caída de los cuerpos en medios que ofrecen resistencia	68
Esquema 8. Caída en el aire.....	73
Esquema 9. Caída en el agua.....	73
Esquema 10. Representación de caídas personalizadas. (Fuente: Cuadernos de los estudiantes).....	78
Esquema 11. Organización de líquidos de acuerdo al tiempo de caída de una esfera	108
Esquema 12. Organización de los medios de forma perceptible y numérica.....	108
Esquema 13. Ejercicio de los estudiantes sobre análisis de caídas en el Software Tracker.....	114
Tabla 1. Herramientas que permiten realizar análisis a las ideas de los estudiantes.	26
Tabla 2. Propuesta general sobre el estudio de la caída de los cuerpos en el aula.....	69
Tabla 3. Panorama exploratorio sobre la caída de los cuerpos en el aula.....	72
Tabla 4. Registro de preguntas, comparación de relatos y relaciones de dependencia entre magnitudes sobre la caída de los cuerpos en el aire y en el agua.....	75
Tabla 5. Propuesta para el estudio del Cuerpo, del medio y sus interacciones dentro del fenómeno de la caída de los cuerpos.....	88
Tabla 6. Predicciones y observaciones sobre la caída de cuerpos con diferentes pesos, pero igual tamaño y forma.91	
Tabla 7. Predicciones y observaciones sobre la caída de cuerpos con diferentes tamaños, pero iguales pesos e iguales formas.....	92
Tabla 8. Predicciones y observaciones sobre la caída de cuerpos con diferentes formas, pero iguales pesos e iguales tamaño.....	94
Tabla 9. Socialización de ideas alrededor de cuerpos que caen con diferentes pesos, pero igual tamaño y forma ...	96
Tabla 10. Representación de los estudiantes sobre la caída de los cuerpos según Aristóteles y Galileo. (Fuente: Cuadernos de los estudiantes)	101
Tabla 11. Comparación de ideas sobre la caída de cuerpos.....	102
Tabla 12. Propuesta para el estudio de la velocidad en la caída de los cuerpos.....	113

INTRODUCCIÓN

Este trabajo consiste en una propuesta experimental para la enseñanza de fenómenos naturales en el aula, para ello, se acude al estudio de la caída de los cuerpos desde una perspectiva fenomenológica la cual se caracteriza por introducir la ideas del sujeto que investiga en la construcción del fenómeno, permitiendo entonces encontrar reflexiones que detallen las maneras en las cuales los estudiantes organizan e interpretan particularidades del fenómeno, por ejemplo, pensar, describir y analizar caídas en medios que ofrecen resistencia, reconociendo dentro del suceso, relaciones y afectaciones que se presentan en el descenso de un cuerpo, consideraciones que en el aula se pueden apreciar cuando se acude a observaciones directas sobre el fenómeno y se establecen relaciones interpersonales con los otros sujetos con quienes discuten sus observaciones.

El documento está compuesto por seis partes que estructuran las acciones e implicaciones sobre el estudio de la caída de los cuerpos en el aula:

La primera parte, que corresponde al capítulo uno, contempla: el contexto problemático de la propuesta investigativa junto a su justificación. También posee los caminos que delimitan la investigación y el enfoque metodológico en el cual se sustentan las acciones a investigar.

La segunda parte, la cual conforma el capítulo dos, está compuesta por trabajos concernientes al carácter experimental, histórico y fenomenológico que permiten configurar una mirada hacia el estudio de la caída de los cuerpos en el aula.

La tercera parte, corresponde al capítulo tres, el cual posee referentes de estudios puntuales sobre la caída de los cuerpos, específicamente los tratamientos de Galileo Galilei sobre el fenómeno, además, contempla la estructuración de una mirada fenomenológica acerca de particularidades sobre la caída.

La cuarta parte, que corresponde al capítulo cuatro, el cual posee la organización de una propuesta de aula para abordar el fenómeno de la caída de los cuerpos con los estudiantes.

La quinta parte, la cual corresponde a la sistematización de las ideas de los estudiantes frente al fenómeno de la caída, se estiman dos posibilidades de estructuración, una sobre la organización que los estudiantes realizan para construir el fenómeno, y la otra, que corresponde al trasfondo contextual y conceptual detrás de las palabras de los estudiantes.

La sexta parte que gira en torno a una serie de reflexiones finales que dan respuesta a las preguntas problema del documento y los objetivos propuestos para la investigación.

CAPÍTULO I: DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En el siguiente apartado se presenta una serie de consideraciones iniciales sobre el tratamiento de fenómenos naturales en el aula, estimando como contexto exploratorio, la caída de los cuerpos; sobre el suceso, se delimitan acciones directas a investigar y las maneras en las cuales se desarrolla la propuesta. De esta forma, se detalla, en primera medida, la problemática que suscita el trabajo y su justificación; en segunda instancia, los objetivos planeados para el desarrollo de la propuesta y, en tercera medida, la metodología a implementar como estrategia que permite construir reflexiones puntuales sobre organizaciones del fenómeno de la caída en el aula.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

Mi experiencia como docente en física me ha llevado a reconocer tres problemas entorno al análisis de los fenómenos naturales en el aula de clase, los cuales considero que dificultan la creación de escenarios propicios para la producción de conocimiento y, por supuesto, la ampliación de la experiencia de los estudiantes; estos problemas son:

A. Encaminar el estudio de fenómenos exclusivamente a través de consideraciones matemáticas

Para hablar de esta problemática consideremos un fenómeno de estudio: la caída de los cuerpos; se observa que, al abordar este fenómeno sólo de forma matemática, se genera cierto grado de desorientación en los estudiantes al tratar de comprender ¿cómo caen los cuerpos? Por ejemplo: si se plantea la caída de una hoja de cuaderno extendida, y luego la misma hoja arrugada en forma de esfera, las ecuaciones que describirían el movimiento como, por ejemplo: $y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$, en el caso ideal, no tienen como consideración el cambio de la forma de la hoja o las características del medio en el cual se está realizando la caída.

Incluso, estas ecuaciones que se proporcionan al aula para describir el movimiento de caída, no se vinculan fácilmente a lo que se observa del fenómeno. Pues, es notorio observar en la clase a los estudiantes comparando situaciones en las cuales dejan caer simultáneamente el lápiz y el borrador, borrador y hojas, etc. y encuentran diferentes caídas, por ejemplo: mientras el borrador

describe una trayectoria recta, la hoja de papel describe una trayectoria zigzagueante, proceso que al parecer está más acorde con múltiples caídas que el estudiante puede apreciar en su entorno, como: la caída de hojas de los árboles, la caída de una cascada, la caída de ladrillos de un edificio en construcción, etc. Realizar descripciones sobre este tipo de experiencias le permite al estudiante encontrar maneras de referirse a la caída que posiblemente en las ecuaciones no se contemplan, por ejemplo: elaborar ideas sobre la influencia del peso en la caída.

A pesar de ello, lo que habitualmente se propone en la enseñanza de la caída es la descripción de una forma particular de verla: La caída libre o caída ideal. Su descripción se limita a remplazar datos en fórmulas como, por ejemplo: $y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$, que relacionan variables, las cuales hablan de los espacios recorridos por el cuerpo que cae, de los cambios de velocidad del cuerpo, del tiempo que tarda el cuerpo en caer y de la aceleración constante en la caída. Esto implica que, como docente se conciba el tratamiento de las ecuaciones como única manera en la cual los estudiantes pueden llegar a referenciar y describir el fenómeno, sin tener en cuenta qué si las condiciones en las que se plantea el fenómeno de la caída cambian, entonces el fenómeno como tal cambia y, por consiguiente, las expresiones matemáticas que representan el movimiento de caída deberían cambiar.

De esta manera, la enseñanza centrada únicamente en las formulaciones matemáticas, renuncia a consideraciones de carácter cualitativo acerca del fenómeno que permitirían dar cuenta de: ¿qué sucede si el medio donde se realiza la caída de un cuerpo es viscoso? O ¿qué sucede en la caída si tomamos un cuerpo con el mismo peso y variamos su forma? Estos interrogantes son de carácter cualitativo porque a la caída se le puede atribuir ciertas propiedades al observar el descenso del cuerpo. Estos tratamientos estarían más cerca de la experiencia sensible de los estudiantes, admitiendo que ellos participen en la construcción de su conocimiento y, conjuntamente, elaboren formas que pongan de manifiesto sus percepciones a partir de los razonamientos mentales; este ejercicio de orden cognitivo se va adquiriendo a medida que se organiza la experiencia en el desarrollo de las actividades que se proponen para abordar la construcción de la caída.

Tener en cuenta las percepciones de los estudiantes a partir de los razonamientos que construyen sobre el fenómeno, indica estar ubicado en una propuesta que concibe el proceso de elaboración de conocimiento a partir de:

- Las representaciones

- Las concepciones elaboradas por los sujetos como forma de comprender su entorno
- Los cuestionamientos propios sobre un fenómeno de estudio el cual se dispone y se observa directamente

De acuerdo con estos aspectos, es necesario aclarar que para este trabajo las representaciones se entienden como:

un conjunto de ideas coordinadas e imágenes coherentes, explicativas, utilizadas por las personas que aprenden para razonar frente a situaciones-problema, y sobre todo evidencia la idea de que este conjunto traduce una estructura mental subyacente responsable de estas manifestaciones contextuales (Giordan & Vecchi, 1995, pág. 85)

Partiendo de esta concepción, las representaciones no son estáticas, ni predeterminadas, son dinámicas y de carácter contextual. Así, el mundo de ideas que podrían configurar los estudiantes, comenzando con las actividades que conlleven a plantear formas de pensar en la construcción del fenómeno, serían diferentes a las expresadas únicamente mediante la formalización matemática, por lo que las representaciones sobre la caída pueden ser múltiples. Caso que no tiene cabida en el estudio de la caída libre que se lleva al aula debido a que, habitualmente, solo tiene una forma de ser expresada.

De acuerdo con esto, las concepciones elaboradas por los estudiantes en el aula y guiadas por las imágenes del docente sobre el fenómeno, son construidas a partir de su forma de pensar, de vivir, de relacionarse, etc. En ese sentido, el fenómeno es intersubjetivo, es decir, propio de las descripciones que los estudiantes edifican a la base de lo percibido y que permiten realizar reflexiones, las cuales son producto de cuestionamientos del estudiante. De esta manera, se permite hablar, reconocer y compartir la experiencia tal y como es, reconociendo puntos de encuentro y puntos discutibles en sus posibles conclusiones, que animan a ver los fenómenos como una indagación trascendental en la manera como su estructura es abordada. Por lo que, el campo de estudio para el caso de la caída de los cuerpos sería más familiar y menos problemático en el aprendizaje.

B. La implementación de la actividad experimental en el estudio de fenómenos

Cuando se implementa la actividad experimental en el aula como forma de acercar a los estudiantes a organizar reflexiones sobre fenómenos naturales, es habitual que se privilegie el hecho de

manipular instrumentos para poner de manifiesto fundamentos teóricos. Un ejercicio que refleja este hecho es poner en evidencia el valor cuantitativo de la aceleración gravitacional, el cual utilizamos con regularidad en el aula para el tratamiento de la caída de los cuerpos. Este ejercicio se encamina a dejar caer cuerpos desde diferentes alturas y se registran los tiempos de caída, luego, se manipulan ecuaciones paramétricas de la caída libre y se relacionan las variables (altura, tiempo) para hallar la gravedad.

En ese sentido, la finalidad de la actividad experimental está puesta en mostrar particularidades sobre la caída de los cuerpos que en esencia poseen un carácter demostrativo, dejando de lado disposiciones sobre el evento de estudio que permitirían problematizar el fenómeno desde su totalidad, es decir, a partir de las observaciones directas a sus interacciones. De acuerdo con esto, la actividad experimental, entendida como una actividad que permite realizar observaciones directas a un fenómeno de estudio, para el caso del tratamiento de fundamentos teóricos, deja de lado propuestas que involucren los intereses a investigar por parte de los estudiantes, en otras palabras, estas actividades presentan el abandono de las ideas del sujeto que estudia el fenómeno porque en su conformación,

se plantea la ausencia de muchos de los aspectos fundamentales para la construcción de conocimientos científicos tales como la discusión de la relevancia del trabajo a realizar y el esclarecimiento de la problemática en que se inserta, la participación de los estudiantes en el planteamiento de hipótesis y el diseño de los experimentos, el análisis de los resultados obtenidos, etc. (Casrasco , Gil Pérez, Vilches, & Valdés, 2006, pág. 161)

De esta forma, las consideraciones personales de carácter reflexivo fundamentales para la ampliación o elaboración de conocimiento, se encuentran alejadas de las propuestas experimentales que se llevan al aula con el propósito de constatación teórica.

En cambio, si la actividad experimental fuera encaminada a construir fenómenos que animen, tanto al docente como a los estudiantes, a plantear sus ideas, sus formas de entender lo que está sucediendo, de elaborar formas de analizar el fenómeno de estudio, entonces, la actividad experimental estaría encaminada a una propuesta investigativa de aula; la cual se entiende como un proceso de indagación, de descripción, de reflexión que incluye las consideraciones de carácter teórico y cuantitativo. Por ejemplo, si se ha empezado a describir la caída considerando el medio

donde cae el cuerpo, comparando similitudes y diferencias en la forma de caer de un mismo cuerpo en diferentes medios, entonces, es necesario que se estime cuáles son las características del medio, si es viscoso, denso, etc. Y si se quieren comparar las caídas en estos medios, entonces, en cuanto un medio es más viscoso o denso que los otros, es posible que estas disposiciones permitan observar diferentes características en la caída.

En ese orden, lo que se espera con la actividad experimental es que promueva un ambiente de construcción de conocimiento basado en las contribuciones de experiencias que motiven a los estudiantes a hablar de una forma particular de lo que observan sobre el fenómeno de estudio. De esta manera, la actividad experimental estaría encaminada a entrelazar formas de ver y de pensar, lo que conlleva a estructurar una forma de vivir la ciencia dentro del aula.

C. La información de los libros de texto para abordar diferentes fenómenos

Este tercer problema relacionado con el material de apoyo (libros para secundaria), se ha encontrado que en muchos de los casos la información de estos textos no ofrece la oportunidad de ser asociada con la experiencia que los estudiantes poseen, al igual que en los anteriores problemas mencionados.

En algunas oportunidades, el problema de estos textos está en el trasfondo de la información, dado que, al ser tan resumida, se desliga del entramado que posibilita construir conocimiento dentro del aula a través del vínculo sujeto – información, pues la información no abarca consideraciones que permitan al estudiante satisfacer problemas propios sobre el fenómeno, por ejemplo: en el caso de la caída de los cuerpos, es posible que surjan dudas sobre algunas circunstancias en las cuales se encuentra establecido el fenómeno como: ¿en qué condiciones los cuerpos dejan de caer de la misma forma?, interrogante que los estudiantes pueden estructurar en cualquier momento de sus respectivas organizaciones, ya sean, de carácter teórico o experimental, y que no se pueden resolver con estos libros de texto.

En otras oportunidades, el libro de texto genera problemas porque solo expresa consideraciones generales de la caída, como:

La Tierra ejerce una fuerza de atracción, dirigida hacia su centro, a todo cuerpo que se encuentra cerca de la superficie terrestre, imprimiéndole cierta aceleración, denominada aceleración debida a la gravedad y denotada con la letra g . se ha

determinado experimentalmente que un cuerpo en caída libre, aumenta su velocidad en unos 9,8 metros por segundo cada segundo, es decir que la aceleración producida por la Tierra es constante y tiene un valor aproximado de $9,8 \text{ m/s}^2$ (Saavedra Sánchez & Bautista Ballén, 2008, pág. 52)

La información que brinda el libro de texto hace suponer que los estudiantes de antemano aprecian:

- El contexto en que se establece la caída libre
- Que cuando un cuerpo cae en todo su recorrido lo hace de forma acelerada sin importar en qué medio lo haga
- Cómo se determina el valor de la aceleración de la caída

Además, intrínsecamente los autores conciben que, los resultados de una posible experiencia siempre sean iguales. Esto impediría, por lo tanto, responder a preguntas más abiertas sobre la caída. De acuerdo con estas ideas, confiar en la información que algunos textos para bachillerato presentan de manera absoluta, implica considerar supuestos teóricos que los estudiantes poseen en concordancia con el fenómeno de estudio, dejando de lado las consideraciones propias del aula.

Ahora bien, lo que sí se lograría con la información de estos textos, es encontrar maneras dialógicas de introducir la caída ideal (caída libre) a partir de la caída de los cuerpos problematizada y contextualizada en el aula; es decir, una vez que los estudiantes reconozcan que en la naturaleza existe más de una caída y, por consiguiente, caídas con características diversas, es posible que estos textos ayuden a comprender en qué condiciones el recorrido de un cuerpo está sujeto a una aceleración constante. Frente a este panorama es preciso pensar en otras miradas sobre la enseñanza de fenómenos que permitan involucrar las propuestas del docente y, también, la experiencia, el lenguaje y el conocimiento de los estudiantes en el ejercicio de construcción de conocimiento que se realiza en el aula.

D. La organización del fenómeno de la caída de los cuerpos en el aula.

La importancia de trabajar con el fenómeno de la caída reposa en la familiaridad que los sujetos expresan sobre ella, pues en lo cotidiano, las cosas se caen, ya sea porque alguien las deje caer o porque se encuentran en un lugar que les permite la caída. Normalmente las personas no se detienen a pensar en la caída de un objeto como un fenómeno, ni tampoco como un proceso que relaciona el medio en el cual se lleva a cabo la caída y el cuerpo que cae. De ahí que la forma más

común de expresar lo que sucede, es el hecho de reconocer la existencia de la gravedad como único parámetro de referencia hacia el fenómeno, pero cuando se consulta lo que se entiende por gravedad, o se cuestiona la caída en sí, las personas carecen de herramientas que les permitan especificar el suceso como causa de efectos o de relaciones entre el cuerpo que cae y el lugar donde se lleve a cabo la caída (medio), lo que también sucede cuando se pone en cuestión el fenómeno en el aula.

En ese sentido, la posibilidad de estructurar un conocimiento en el aula que involucre a los estudiantes, su experiencia y su forma de caracterizar lo que observa sobre fenómenos físicos, requiere que, como docente, se reconozca a los estudiantes como agentes capaces de estructurar formas de estudio a partir de su contexto, permitiendo que docente y estudiantes puedan crear o ampliar el estudio de la caída de los cuerpos, a través de la organización de múltiples experiencias que involucren sus ideas, por ejemplo. De aquí que, las diferentes experiencias que se plantean a los estudiantes estén permeadas por diferentes escenarios, como: el experimental, el teórico, el tecnológico, etc.

En este trabajo, se ha pensado en involucrar los aspectos teóricos y tecnológicos a partir de escenarios experimentales, los cuales tienen el propósito de poner en discusión aquello que acontece cuando diferentes cuerpos con características específicas, como: sus formas, densidades, tamaños y pesos caen en medios que ofrecen resistencia, como: aceite, parafina, alcohol, etc. Permitiendo a los estudiantes problematizar la caída de acuerdo a observaciones puntuales sobre el suceso, las cuales, posiblemente, pondrían de manifiesto la no existencia de una sola caída, estableciendo particularidades sobre el fenómeno como variabilidad en la velocidad y la forma de caer del cuerpo, que introducirían nuevos interrogantes para el aula ampliando las maneras de comprender la caída de un cuerpo.

Sin embargo, para saber cómo configurar la experiencia de los estudiantes a través del estudio de la caída de los cuerpos, se debe tener claro que, la naturaleza no se manifiesta sin un sujeto que realice descripciones, analice y reflexione sobre lo que observa, de esta manera la caída no está dada, ni es única en su organización, como lo expresan Malagón, Sandoval y Ayala (2013), quienes retoman ideas de Husserl y Heidegger:

El fenómeno es lo que aparece a la conciencia, no es en sí mismo, no existe en sí mismo, ni tampoco la conciencia existe en sí misma, hay una relación de doble vía.

[...] el fenómeno requiere alguien ante quien aparecer, pero no oculta un ser verdadero de carácter absoluto (pág. 122).

En ese orden de ideas, si el fenómeno es lo que aparece en la conciencia **¿Cómo se posibilita la conciencia sobre el fenómeno, en el aula?** De acuerdo con este interrogante, como docentes estaríamos buscando en el aula formas mediante las cuales los estudiantes, a través de las actividades propuestas, estructuran y reflexionan sobre un fenómeno natural como lo es la caída de los cuerpos.

Una manera de ayudar a estructurar y establecer, en el aula, una mirada de la caída de los cuerpos, es a través de situaciones que posibiliten al estudiante problematizar sus ideas frente a las de sus compañeros, sumando elementos que permitan al docente contemplar aquellas formas de pensar en la caída como problemas de estudio y, con ellas, dinamizar las actividades posteriores como consecuencia de reflexiones internas del aula. Es decir, si los estudiantes estiman dentro de sus organizaciones que la diferencia en las caídas está dada por la forma del cuerpo que cae, entonces debemos estructurar maneras que permitan a nuestros estudiantes pensar sobre las características del cuerpo que influyen en la caída, pues en la organización la conciencia es un sujeto

que tiene una estructura mental, una historia social, psicológica, personal, que hace que éste interprete, piense, entienda o actúe de una cierta manera y con ello construya un campo fenomenológico (Malagón & et al., 2014, pág. 122).

En ese sentido, es pertinente pensar que la caída de los cuerpos sea problematizada, en principio, por las ideas del docente, pero al ser introducido al aula las organizaciones de efectos, de relaciones, entre otros aspectos, ha de convertirse en problema de estudio de los estudiantes, animándolos a plantear conceptualizaciones a partir de caracterizaciones sobre sus propias observaciones hacia el fenómeno.

Apropiarse de esta mirada sobre la construcción de fenómenos, implica distinguir que:

El objeto no es un dato sino una construcción del sujeto. Así, para ver una lámpara, el sujeto que conoce (con su biología, su psicología, su cultura y sus estructuras psicológico-sociales) organiza su mundo para poner en evidencia este objeto (Fourez, Englenbert-Lecompte, & Mathy, 1997, pág. 17)

De esta manera, las organizaciones que el estudiante hace (con su biología, su psicología, su cultura y demás) de los efectos y las relaciones que se destacan en la caída de los cuerpos, por ejemplo: las afectaciones producidas por un medio que ofrece resistencia al cuerpo que cae permitan al docente y a los estudiantes evidenciar y expresar la caída de forma distinta a las presentadas en los libros de textos para bachillerato, con la complejidad que implica hablar de la experiencia de la caída (sin abstracciones, ni idealizaciones), pero derivada del proceso de construcción de los estudiantes a través de su percepción.

De acuerdo con esto, 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. Por ejemplo, si se piensa en la caída de los paracaidistas, es notorio observar cómo ellos abren el paracaídas en un determinado momento, en el estudio de esta caída particular, se puede hacer referencia a un tiempo fijo, a una altura específica o al hecho de que la velocidad en algún momento de la caída no varíe por la articulación del cuerpo que cae y la resistencia del medio. Es decir, la interconexión entre cuerpo y medio en una caída proporciona una información más admisible a si se estudian los elementos de manera independiente.

Esta perspectiva amplia de entender la caída implica formas extensas de estudiar el fenómeno, pero para el desarrollo de este trabajo se ha limitado el estudio a organizaciones sobre la caída para medios que ofrecen resistencia (como ya se ha dicho). Se propone un estudio del fenómeno en dos caminos: el primero, que me permita como docente observar interacciones en la caída que den pie a una comprensión personal sobre el suceso. El segundo camino, plantear acciones en el aula a partir de las organizaciones personales, sin desconocer las ideas de los sujetos inmersos en el aula.

Para llevar a cabo la propuesta, se estudian los tratados de Galileo Galilei: **Diálogos acerca de dos nuevas ciencias**, quien considera que es de suma importancia prestar atención al lugar donde se realiza la caída, pues dependiendo de su estructura (densidad y/o rarefacción) se determinan consecuencias particulares sobre el fenómeno como el hecho de que el cuerpo caiga con distintas velocidades en distintos medios. Galileo hace consideraciones de manera puntual, a través de su percepción, sobre el cuerpo que cae y el medio donde se lleva a cabo la caída, a firmando por medio de su portavoz Salviati que:

Si fuera verdad que un mismo móvil en medios de diferente tenuidad (*sottilitàà*), rarefacción (*raretà*), como son el aire y el agua, se moviese en el aire con mayor

velocidad que en el agua, según la proporción entre la densidad del aire y la del agua, se seguiría que todo móvil que descendiese por el aire, descendería también por el agua. Pero esto es tan falso, que muchísimos de los cuerpos que en el aire descienden, en el agua no sólo no descienden, sino que suben a la superficie. (Galilei, Diálogos acerca de dos nuevas ciencias, 2004, pág. 101)

Al igual que Galileo, el docente y los estudiantes también tienen formas de pensar, organizar y reflexionar sobre la caída que dan cuenta de las compresiones que se configuran en la medida que se profundiza el estudio, las cuales, al ser caracterizadas, muestran relaciones de dependencia basadas en formas extensas de entender el fenómeno. De acuerdo con esto, una de las preocupaciones del trabajo es mostrar:

¿Qué organizaciones elaboran los estudiantes alrededor de la caída de los cuerpos desde las actividades experimentales, como muestra de ampliación de la experiencia?

Estas organizaciones sobre la caída que los estudiantes proporcionan darían pie a establecer ciertas maneras en las cuales ellos interiorizan y expresan sus ideas frente al fenómeno, dejando entrever una forma particular de exponer lo que sucede en la caída, pero además pone de manifiesto el trasfondo contextual y conceptual que estiman importante para hablar de la caída, por tal motivo, el trabajo, también se preocupa por indagar:

¿De qué forma hablan los estudiantes sobre la caída de los cuerpos cuando se problematiza el fenómeno a partir de medios que ofrecen resistencia?

II. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

A. Objetivo general.

Indagar qué organizaciones elaboran los estudiantes alrededor de la caída de los cuerpos a partir de sus formas de hablar cuando se estudian caídas en medios que ofrecen resistencia, tomando como base exploratoria las actividades experimentales que se llevan al aula para ayudar en el proceso de ampliación de la experiencia en la construcción del fenómeno.

B. Objetivos Específicos.

- Identificar en los planteamientos de Galileo cómo se describe la caída para medios que ofrecen resistencia.
- Caracterizar las relaciones entre las densidades y los efectos de la viscosidad en la caída de los cuerpos que se producen en la relación cuerpo-medio que se originan en un descenso.
- Definir criterios que permitan organizar una actividad experimental que den cuenta de la relación entre las densidades del cuerpo y el medio, además de los efectos producidos por la viscosidad para la estructuración de una propuesta de aula entorno a la caída de los cuerpos.
- Diseñar e Implementar actividades experimentales que permitan a los estudiantes del grado 10° organizar el fenómeno de la caída de los cuerpos a partir de medios que ofrecen resistencia.
- Sistematizar las actividades experimentales llevadas al aula para identificar las organizaciones y las formas de hablar de los estudiantes frente a la caída de un cuerpo en medios que ofrecen resistencia.

III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación ha centrado la preocupación en las formas en las cuales en el aula se organiza, reflexiona y expresan ideas frente a un fenómeno de estudio como la caída de los cuerpos. Se plantean orientaciones que permiten encontrar maneras dialógicas para problematizar el fenómeno.

A. Implicaciones Metodológicas

El enfoque metodológico de la investigación está centrado en la mirada cualitativa, dado que, al problematizar en el aula la caída de los cuerpos se posibilita la construcción de diferentes puntos de vistas subjetivos que se convierten en instrumentos principales para elaborar, analizar y dar sentido a particularidades sobre el fenómeno. De acuerdo con esto, los significados que los sujetos construyen responden a interacciones con: su contexto, sus formas de relacionarse con otros y su manera de ver y de interpretar sus respectivas observaciones sobre la caída.

El enfoque cualitativo presenta una perspectiva de carácter interpretativo, pues está encaminado a comprender las formas de hablar que inicialmente poseen los estudiantes y que se van transformando en la medida que se van desarrollando las actividades que permiten problematizar el fenómeno. Tal perspectiva, contempla el análisis descriptivo sobre ciertas características generales del lenguaje, de tal manera que, se puede hacer referencia a las formas en las cuales las personas organizan su experiencia en un momento determinado. Experiencias que cambian o se amplían en la medida que se profundiza en la problematización del fenómeno.

Estas implicaciones metodológicas en el aula, contemplan la posibilidad de indagar y reconocer formas en las cuales es posible estudiar y establecer comprensiones sobre un fenómeno de estudio como la caída de los cuerpos, que luego dan sentido a representaciones a partir de su percepción.

B. El proceder frente al estudio del fenómeno de la caída de los cuerpos

Bajo el enfoque cualitativo, se han dispuesto dos orientaciones particulares frente al estudio de la caída de los cuerpos:

- La construcción de escenarios de estudios para la caída de los cuerpos
- La introducción al aula del fenómeno de la caída de los cuerpos

Las cuales posibilitan encontrar organizaciones y reflexiones puntuales cuando se problematiza la caída de un cuerpo en medios que ofrecen resistencia.

Construcción de escenarios de estudios para la caída de los cuerpos: Cuando se organiza un fenómeno de estudio como la caída de los cuerpos, son diversas las reflexiones que se pueden establecer dependiendo de las orientaciones que se escojan para su abordaje. La actividad experimental, la cual se ha escogido en esta investigación como implementación que permite recrear el fenómeno a partir de la observación de la caída desde su totalidad, es decir, sin acudir a la extracción de variables en la construcción del fenómeno, ha conllevado a recurrir a una forma particular de organizar la caída, permeada por el estudio de interacciones entre el cuerpo que cae y el medio donde se realiza la caída.

La introducción al aula del fenómeno de la caída de los cuerpos: Reconocer al aula como un sistema de relaciones definidos, insertados en un contexto particular de saberes, creencias y diferentes formas de afrontar situaciones de la vida cotidiana. Por lo tanto, al estructurar el fenómeno de la caída de los cuerpos, es posible que las reflexiones presenten ciertas características del contexto en el cual se desenvuelven los sujetos que investigan.

C. Momentos de la investigación

La investigación comprendió cuatro etapas:

En la primera etapa se problematiza sobre el fenómeno de la caída de los cuerpos en la enseñanza de las ciencias. Se indagan antecedentes de investigación sobre el estudio de la caída de los cuerpos, para justificar y plantear los caminos a seguir durante el proceso de ejecución.

La segunda etapa configura la organización de ideas frente a: la actividad experimental en el estudio de fenómenos en el aula, la organización histórica de características sobre un fenómeno de estudio y la introducción de ideas del sujeto para el estudio de aspectos de la naturaleza a través de la perspectiva fenomenológica. Elementos que constituyen la estructura de la propuesta investigativa sobre el estudio de la caída de los cuerpos.

La tercera etapa responde a referentes puntales de estudio sobre los cuales cimentar una organización particular sobre la caída de los cuerpos. De esta manera, se acude a Galileo y sus

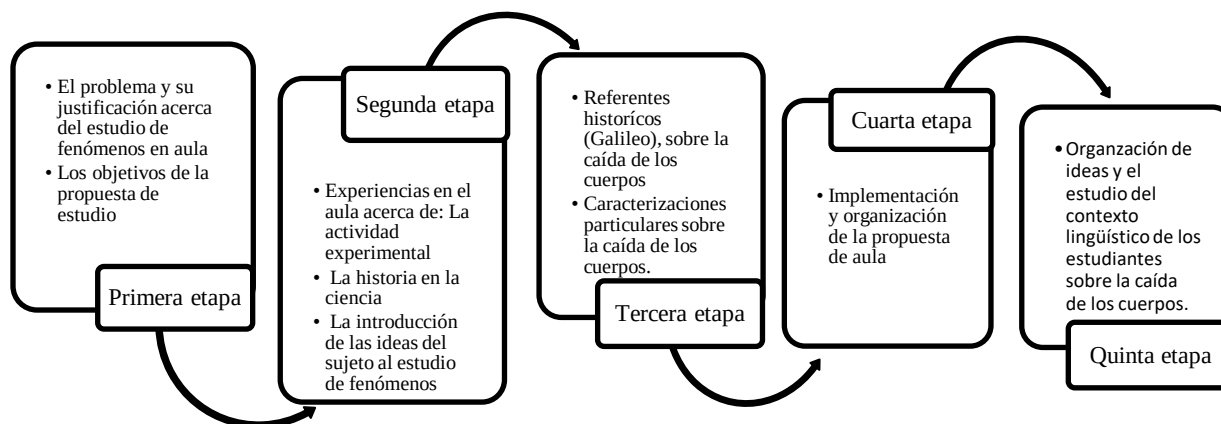
planteamientos sobre la caída, los cuales permiten detallar posibilidades de estudio cuando se especifican caídas en medios que ofrecen resistencia, disponiendo elementos de reflexión que permiten elaborar una forma de introducir el fenómeno al aula.

La cuarta etapa corresponde al diseño e implementación de una propuesta experimental para abordar con los estudiantes el fenómeno de la caída de los cuerpos en medios que ofrecen resistencia.

Por último, en la quinta etapa se sistematizan las ideas que los estudiantes organizaron frente al fenómeno de la caída, así como las formas particulares de hablar sobre la caída.

Estas etapas de la investigación se vuelven relevantes en la medida que uno conlleva al otro como lo muestra el siguiente esquema.

Esquema 1. Etapas de la investigación



D. Población y muestra de estudio.

Esta investigación se llevó acabo en la Institución Educativa Rural Departamental Chimbe, Institución Educativa de carácter público (jornada única) ubicado en la vereda Chimbe perteneciente al municipio de Albán (Cundinamarca). El colegio atiende una población mixta en todos los niveles de formación; preescolar, básica primaria, básica secundaria y media, además

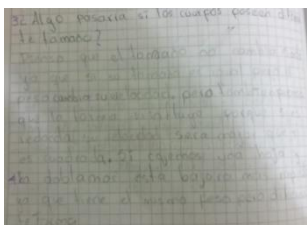
cuenta con el apoyo del SENA para las clases de especialización académica. El proyecto educativo institucional (PEI) está encaminado a proyectos productivos teniendo en cuenta que el colegio es de modalidad agropecuaria.

Para la implementación de las actividades se trabajó con el grado décimo de la institución, que cuenta con 16 estudiantes (9 hombres, 7 mujeres) que poseen edades entre los 14 y 17 años. A lo largo de su vida educativa, estos estudiantes no han tenido un acercamiento directo con la física. Se espera que con la implementación de esta propuesta se dé un protagonismo a la constitución de un fenómeno desde el rol estudiantil, dando relevancia a la construcción de conocimientos desde su propia experiencia, sin dejar de lado el rol del maestro como mediador y capaz de orientar a los estudiantes en la problematización de la caída de los cuerpos. Se estima un tiempo de aplicación para cada actividad de 3 horas semanales y se trabaja en grupos de 4 estudiantes.

E. Herramientas que permiten la sistematización de ideas en el aula

Para la indagación de ideas dentro del aula, se hace preponderante el análisis de herramientas como escritos y dibujos que los estudiantes elaboran de acuerdo con las diferentes actividades propuestas. De igual manera, se tienen en cuenta las observaciones a registros de audios y videos que como docente investigador se recogen en las socializaciones sobre el fenómeno en cuestión, la caída de los cuerpos. Se acude a estas herramientas debido a que permiten estar en concordancia con el enfoque cualitativo y la perspectiva descriptiva que se ha propuesto para la investigación de acuerdo a las representaciones y expresiones de los estudiantes frente a la caída.

Tabla 1. Herramientas que permiten realizar análisis a las ideas de los estudiantes.

Herramientas	Descripción	Modelos
Escritos de los estudiantes	Registro de ideas frente a la caída de los cuerpos en diarios de campo de los estudiantes.	
Dibujos de los estudiantes	Representaciones gráficas como formas de explicar sus ideas sobre la caída de los cuerpos.	

		
Herramientas	Descripción	Modelos
Audios en el aula	Rastreo de ideas en las diferentes socializaciones del aula frente al estudio propuesto.	
Videos en el aula	Toma de registros amplios que permiten rastrear diferentes ideas en un mismo momento cuando la socialización se hacen en grupos independientes.	

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II: REFERENTES DE ESTUDIO PARA ABORDAR LA CAÍDA DE LOS CUERPOS

En este capítulo se estiman algunos trabajos y referentes conceptuales que posibilitan establecer un panorama de los procesos de enseñanza que se realizan cuando se estudia la caída de los cuerpos, este panorama permite tomar decisiones para la configuración de una propuesta de enseñanza.

2. Antecedentes

Para el desarrollo de esta investigación se hizo una revisión de documentos, tesis y artículos de revistas científicas, en tres líneas de acción:

- Propuestas experimentales entorno a la caída de los cuerpos
- El carácter histórico de las ciencias
- Mirada fenomenológica en la estructuración de conocimientos en ciencia

Tres aspectos que recogen los caminos sugeridos en la problemática y que dan pie para la organización de los objetivos planteados en la configuración de una propuesta de enseñanza del fenómeno de la caída de los cuerpos.

Esta revisión documental soporta consideraciones teóricas y experimentales sobre el tratamiento de fenómenos en el aula y, a su vez, alimenta la conformación de propuestas para el acercamiento de los estudiantes a la elaboración de conocimiento desde el estudio de los fenómenos.

2.1 Propuestas experimentales para la enseñanza de la caída de los cuerpos

Algunas investigaciones en Colombia apuestan por el trabajo experimental para la enseñanza de la caída de los cuerpos, utilizando como excusa este fenómeno de la física para establecer parámetros (alturas, tiempos, etc.) y condiciones (densidades, viscosidades) que permitan estructurar una serie de conceptos que caracterizan el movimiento. Dentro de estas investigaciones se abordan diferentes perspectivas de trabajo entre las cuales se puntualiza en: La Perspectiva sistémica y La Modelización ideal.

La perspectiva Sistémica: está enmarcada en la mirada de los sistemas dinámicos, esta mirada busca organizar fenómenos que cambian en el tiempo. Se acude a los efectos como resultado de unas causas (dinámica), pensando que en un sistema implica una mirada holística donde la unión de sus partes las cuales interactúan entre sí, posee componentes delimitadas y una estructura llena

de información que definen el todo. Por ejemplo, la investigación de la Universidad Nacional de Colombia, titulada **Estudio del fenómeno de la caída de los objetos desde la perspectiva de los Sistemas Dinámicos: una propuesta para el desarrollo de competencias científicas**, de la autoría de Alarcón Rodríguez (2012), presenta el diseño e implementación de una propuesta para la enseñanza de la caída de objetos, orientada al desarrollo de competencias científicas de los estudiantes. Sus experimentos se enfocan en estudiar la influencia de diferentes variables como la altura en la caída, el peso o la forma del objeto a partir de análisis y discusiones en las que los estudiantes argumentan, comparan y ponen a prueba el modelo mental que han construido del fenómeno. En este trabajo se concluye que

en un primer momento las explicaciones en las que los estudiantes argumentan que los objetos pesados caen más rápido no son un obstáculo o un error conceptual para el estudio del fenómeno, sino que son un punto de partida para analizar el fenómeno de manera compleja. Es importante indagar por la explicación de las explicaciones de los estudiantes, pues en ellas se puede encontrar una forma de concebir y pensar el mundo que tal vez esté por fuera de la teoría de los libros de física pero que tiene en cuenta variables o parámetros que hacen parte de un modelo más complejo (Alarcón, 2012, p. 51)

En la misma perspectiva de los sistemas dinámicos, se encuentra el artículo de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, titulado **Elementos del pensamiento sistémico en la elaboración de explicaciones sobre el fenómeno de la caída de los cuerpos**, de la autoría de Chaparro Susa, Pedreros Martínez, Méndez Hincapié, Sastoque Quevedo, Prías Bastidas (2006), teniendo como finalidad,

comprender las condiciones pedagógicas que hagan posible la elaboración de explicaciones de los propios estudiantes en las que se involucren las cuatro características del pensamiento sistémico: pensamiento en términos de modelos, pensamiento interrelacionado, pensamiento dinámico y pensamiento dirigido (Chaparro et al, 2006, p. 97).

Para tal fin, utilizan como población de estudio alumnos de diferentes niveles educativos (Educación básica, licenciatura en física, maestría en docencia de la física). Particularmente con los estudiantes de 7º, 8º y 9º se abordó el problema práctico: ¿cómo hacer un paracaídas? Se

diseñaron varios modelos de paracaídas y se experimentó enunciando las condiciones iniciales de la situación, teniendo en cuenta el sistema, las variables que influyen al caer el cuerpo (radio del paracaídas, radio del hueco interno del paracaídas, altura desde donde se deja caer, tiempo de caída, masa del objeto, forma, entre otras) y se observa que en un proceso de construcción del fenómeno de caída, como el del paracaídas, los estudiantes establecen relaciones de proporcionalidad entre variables, organizan matemáticamente dicho fenómeno, y luego, pueden llevar estas relaciones de variables y parámetros al computador para iniciar un proceso de simulación. Los autores concluyen que las construcciones que se realizan alrededor de la caída de los cuerpos se encuentran relacionadas con el entorno de los estudiantes. Por otro lado, ultiman que la perspectiva de los sistemas dinámicos y la modelación de los eventos físicos, como herramienta matemática,

permite realizar descripciones más detalladas de los fenómenos físicos, que abren paso a una infinidad de acercamientos e interacciones que la descripción tradicional no toma en cuenta por la imagen que se tiene de naturaleza, como un sistema lineal, simétrico y reversible, entre otros aspectos (Chaparro et al, 2006, p. 108)

La modelización ideal: Cuando la perspectiva de trabajo realiza procesos de modelización ideal, es decir, la representación de relaciones entre algunas cantidades, de esta manera, las actividades experimentales se presentan como una demostración de la teoría. Esta perspectiva centra las relaciones constitutivas y estructurales que se refieren a la forma de abordar el fenómeno y encuentran su expresión formal en las leyes fundamentales de la física asociada al fenómeno de estudio. Por ejemplo, la investigación de la Universidad Nacional de Colombia titulada **Experiencias didácticas para mejorar la comprensión del concepto de caída libre y demostrar la independencia de la masa en el tiempo de caída de los cuerpos en ausencia de la fuerza de rozamiento**, de la autoría de Duran Rojas (2011), es una investigación que busca modelar la caída ideal y para ello se recurre a la metodología del aprendizaje activo basada en proyectos concretos, los cuales consisten en trabajos grupales, comprendiendo todas las fases que implican un proyecto (Diagnóstico, ejecución, evaluación, toma de decisiones).

Por otra parte, la modelización deja de lado consideraciones de carácter cualitativo para acuñar un análisis analítico asociado a las leyes físicas de la caída de los cuerpos. En este trabajo, la autora señala que, un problema de los estudiantes para el aprendizaje del fenómeno consiste en considerar que la caída depende de la masa, aun en ausencia de rozamiento. Para remediar este hecho, se

propone e implementa material didáctico y experiencias de laboratorio enmarcadas dentro de la estrategia de aprendizaje activo la cual guían a los estudiantes en la construcción de su conocimiento a través de la observación directa del mundo real. La propuesta de laboratorio se caracteriza por dar herramientas para construir y comprender la caída libre, mostrando que la masa no influye en el tiempo de caída de los cuerpos, en ausencia de rozamiento.

De acuerdo con esto, se desarrollan las siguientes actividades: la primera, tiene como objetivo evidenciar la necesidad del uso de un sistema de referencia en el momento de describir la cinemática de un cuerpo.

En el primer laboratorio de aprendizaje activo que se realizó se le dio un enfoque primordial al sistema de referencia, ya que es de gran importancia que se defina un sistema de referencia para poder describir un movimiento (Duran Rojas, 2011, pág. 36)

En la segunda actividad, se aborda el problema de los cuerpos que caen, teniendo como objetivo identificar las variables involucradas en la determinación del tiempo de caída libre de un objeto

En el segundo laboratorio de aprendizaje activo que se realizó se empezó a abordar el problema principal que es mostrar la independencia de la masa en el tiempo de caída de los cuerpos que caen en ausencia de rozamiento o rozamiento despreciable. (Duran Rojas, 2011, pág. 37).

La tercera actividad, se encamina a plantear una relación entre la masa del cuerpo y el tiempo de caída. Para ello, la autora propone,

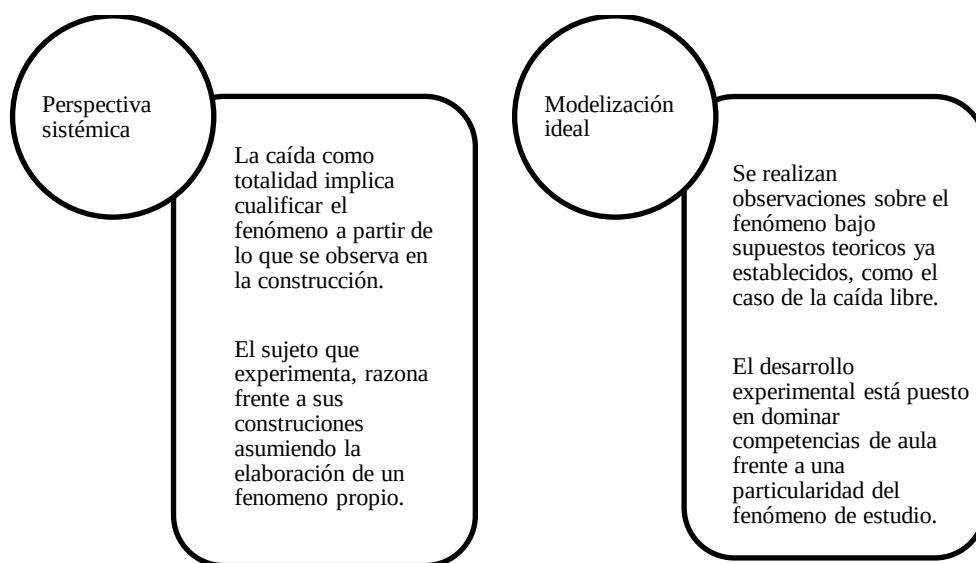
Medir el tiempo de caída de varios cuerpos de diferente masa. Inducir una posible relación matemática entre el tiempo de caída y la masa de los cuerpos. (Duran Rojas, 2011, pág. 37)

Por último, se lleva a cabo un cuarto laboratorio con el objetivo de mostrar al estudiante los efectos de la fuerza de rozamiento en la caída libre.

la cual involucra tres cuerpos iguales desplazándose por medios distintos con el fin de mostrar al estudiante que la aceleración del cuerpo depende de la fuerza de rozamiento que actúa sobre él, y no de la masa del mismo (Duran Rojas, 2011, pág. 38)

Según la autora, los resultados de la aplicación de esta estrategia muestran un aumento del orden del 80% en la asimilación del concepto de la caída libre fundamental en el aprendizaje de la mecánica clásica (Duran Rojas, 2011, pág. 6).

De acuerdo con el desarrollo de estas perspectivas, sistémica y de modelización ideal, las actividades experimentales pueden direccionarse dependiendo de los resultados que como docentes pretendamos esperar en el aula, pues en la organización de este tipo de actividades los aspectos de comprensión sobre el fenómeno pueden involucrar al sujeto que estudia junto con sus ordenaciones o plantear el fenómeno con sus características establecidas, como muestra el siguiente esquema.



Esquema 2. Propuestas experimentales (Fuente: elaboración propia)

Nótese que, de acuerdo con el diagrama, estas propuestas experimentales para la enseñanza de la caída de los cuerpos son diferentes, mientras que para la perspectiva sistémica involucrar las ideas del sujeto que experimenta para la conformación de un fenómeno es importante, para la perspectiva de la modelización ideal lo importante es construir supuestos teóricos sobre la teoría ya establecida. Dado que, para el trabajo investigativo de Alarcón (2012) y el artículo de Chaparro *et al* (2006), las actividades experimentales están encaminadas a la construcción del fenómeno desde su totalidad, es decir, desde la observación de parámetros (gravedad, masa, resistencia, etc.), variables (tiempo, altura, fuerza, etc.) y que permiten modelizar y referirse sobre la caída de un cuerpo. En contraste, en el trabajo investigativo de Duran (2011), la caída libre se modela desde la observación de un cuerpo cayendo en diferentes medios que ofrecen resistencia para analizar la independencia

de las masas en la caída en ausencia de rozamiento. Sin embargo, para establecer una relación matemática de la caída se dejan caer cuerpos desde diferentes alturas asumiendo como despreciable la resistencia del viento. Se resalta que estas actividades a pesar de ser desarrolladas de forma experimental estudian el fenómeno de manera distinta.

Por otra parte, los propósitos experimentales en los trabajos investigativos de Duran Rojas (2011) y Alarcón Rodríguez (2012), presentan el desarrollo de actitudes en tareas concretas que el alumno debe desarrollar para demostrar el dominio sobre una competencia, más no la implementación de una propuesta experimental que permita la ampliación de la experiencia de sus estudiantes. Caso contrario ocurre en el artículo de Chaparro *et al* (2006) donde las acciones experimentales no sólo corresponden a los modelos explicativos dados por los estudiantes, sino que amplían sus organizaciones al realizar simulaciones acerca de las relaciones entre variables y parámetros que se encuentran en el proceso de construcción del fenómeno de la caída de los cuerpos.

Así pues, estas investigaciones son interesantes para los propósitos de este trabajo de grado debido a que aportan en diferentes propuestas experimentales para abordar la caída de los cuerpos. Se puede evidenciar que estas propuestas se desarrollan según las comprensiones que los docentes tienen sobre el fenómeno.

Por ejemplo, si se asume una perspectiva de enseñanza a partir de los sistemas dinámicos los docentes privilegian

el análisis de las interacciones entre sus componentes sobre el estudio de los componentes del fenómeno, el cual es visto como un sistema. Pensar en un sistema implica una mirada holística en la que la suma de las partes es mayor que el todo. (Alarcón Rodríguez, 2012, pág. 15)

Para tal efecto, (Alarcón Rodríguez, 2012); recurre al carácter histórico, epistemológico y disciplinar con la idea de diseñar actividades experimentales que ayuden a construir un modelo complejo del fenómeno asociado a las competencias científicas que se desean desarrollar. Sobre la caída de los cuerpos, se prioriza el estudio a partir de la posición del cuerpo que cae, las características del cuerpo, etc. Que puntualizan la comprensión del fenómeno desde el cuerpo, posibilitando desarrollar aptitudes frente a la caída tomando como base un aspecto central de estudio.

Chaparro *et al* (2006) señalan la necesidad de estudiar los fenómenos de manera compleja, esto implica

actuar y comprender el mundo contemporáneo de las ciencias naturales, en un momento en el que todo lo que se hace en un lugar tiene una influencia global. De ahí la importancia de que la escuela participe en la formación de un pensamiento complejo, acorde con las exigencias de un mundo también complejo. (Chaparro *et al*, 2006, pág. 97)

Sugiriendo con esto, extender las condiciones en las cuales se estudia el fenómeno, por ejemplo, en el caso de la caída de los cuerpos, los estudiantes elaboran explicaciones sobre el fenómeno a partir de una situación cotidiana, la caída de un paracaidista, comprendiendo que la dinámica de caída no solo está sujeta al cuerpo que cae, o la altura, etc. Sino que es un conglomerado de situaciones como la forma dimensional del paracaídas o la resistencia del aire que permiten conformar una manera particular de manifestar lo que sucede en la caída.

Mientras que, si se privilegian para la enseñanza la perspectiva de modelización ideal entonces el estudio del fenómeno,

Permite a los estudiantes asimilar conceptualmente mucho mejor los fenómenos físicos y re-construir la teoría, teniendo en cuenta los aspectos históricos, los fenómenos físicos involucrados y los rangos de validez de las leyes. (Duran Rojas, 2011, pág. 16)

Para (Duran Rojas, 2011), Comprender la caída de los cuerpos desde procesos de modelización ideal implica la asimilación y reorganización de la teoría de la caída libre, es decir, una particularización de la caída de los cuerpos. Pues de esta manera, los estudiantes a través de la experimentación comparan sus creencias con la actividad propuesta validando las bases teóricas que componen al fenómeno. Esto conlleva a pensar en que las acciones que el docente introduce en el aula son diferentes así se aborden los mismos aspectos históricos, epistemológicos y disciplinares. En ese sentido, el fenómeno que se construye de forma experimental no es el mismo como muestra (Alarcón Rodríguez, 2012), (Chaparro *et al*, 2006) y (Duran Rojas, 2011) en sus respectivos trabajos, por lo que no se pueden configurar las mismas ideas sobre la caída de los cuerpos, es decir, existen diferentes maneras de referirse hacia el fenómeno que dependen de su organización.

2.2 El carácter histórico de las ciencias

Así como algunos trabajos tienen una mirada experimental, otros también desarrollan el problema de la caída de los cuerpos a partir de los estudios históricos, debido a que en estos estudios se encuentran los aspectos más simples que responden, por ejemplo, a los fundamentos teóricos que incitan asimilar un fenómeno; hasta los aspectos más complejo como las relaciones sociales que estructuran una forma y un camino de comprensión sobre el fenómeno de estudio, el cual constituye una mirada profunda de los sucesos que han compuesto una reorganización sobre estudios puntuales en ciencia.

En este proceso de análisis histórico sobre la caída de los cuerpos, se acude a las transformaciones significativas sobre la conceptualización del fenómeno que a lo largo del tiempo (cronológicamente hablando) han cimentado una disposición que permite referenciarlo, Por ejemplo, en el artículo **El fenómeno de la caída de los cuerpos** de la autoría de Álvarez García (2012), de la Universidad Nacional Autónoma de México, se presenta un recorrido desde los primeros estudios hechos por Aristóteles hasta los antecesores inmediatos a Galileo sobre la estructuración de la caída libre.

La relevancia de acudir a estos estudios radica en la presentación de diversos desarrollos teóricos sobre el fenómeno los cuales delimitan la búsqueda del pensamiento humano sobre el mejoramiento de los tratados en ciencia, por ejemplo, cuando Aristóteles (384 - 322 a.n.e.) aborda la caída de los cuerpos, en su libro *Sobre los Cielos* (345 a.n.e.), subraya que: si se compara la caída de dos cuerpos, uno más pesado que el otro, entonces el de mayor peso caerá más rápido por la relación inversa entre peso y tiempo. Como se cita en (Álvarez García, 2012)

Si un cuerpo dado se mueve [AL CAER] cierta distancia en cierto tiempo, un peso mayor se moverá igual distancia en un tiempo más breve, y la proporción entre ambos pesos, uno respecto al otro, la guardarán de manera inversa los tiempos, uno respecto al otro. (pág. 36)

Como se puede ver, para Aristóteles, el tiempo de caída depende del peso. Sin embargo, esta afirmación fue criticada por Juan Filipón, comentarista griego del siglo IV d. C., quien aseguró que: la diferencia de caída entre dos cuerpos no depende de su peso, pues su diferencia en la caída es casi imperceptible. Como se cita en (Álvarez García, 2012)

Si dejas caer desde la misma altura dos pesos de los cuales uno es muchas veces más pesado que el otro, verás que la proporción de los tiempos requeridos para el movimiento no depende de la proporción de los pesos, sino que la diferencia en tiempos es muy pequeña. (pág. 37)

J. Filipón propone como alternativa a las teorías aristotélicas sobre el movimiento, la idea de una potencia o virtud que se imprime desde un agente (motor), para el caso de los movimientos¹ violentos, que es una cualidad llamada *ímpetus*. Para los movimientos naturales, como es el caso de la caída de los graves, el *ímpetus* impregna al móvil, debido al hecho de estar dotado, este último, de gravedad, y por eso se moverá hacia su lugar natural como consecuencia de estar impregnado de la cualidad de *ímpetus*.

A pesar de esta repentina resignificación de la concepción sobre la caída de los cuerpos, al parecer hubo un periodo estático donde las elaboraciones no eran más que nuevas formas de referirse al *ímpetus*, pero su trasfondo era esencialmente el mismo. Después de un largo periodo de la historia, en el siglo XII comienzan a fundarse las universidades donde se desarrolla el estudio lógico de los fenómenos naturales. A pesar de que las universidades también critican los planteamientos Aristotélicos sobre la caída de los cuerpos, estas críticas nunca fueron hechas por fuera del estricto marco de su filosofía; tal motivo, conlleva a que los estudios matemáticos no sean considerados como hipótesis verdaderas acerca del mundo físico.

Para los siglos XIII y principios del siglo XIV, algunos pensadores contribuyeron al desarrollo de la física del movimiento, uno de ellos fue Leonardo da Vinci (1452 – 1519) quien en sus estudios señala que: la velocidad de un cuerpo que cae es directamente proporcional al movimiento y al tiempo ejercido en la caída. Como se cita en (Álvarez Garcia, 2012)

La gravedad que descende libre adquiere a cada grado de tiempo un grado de movimiento, y a cada grado de movimiento un grado de velocidad. (pág. 37)

En otras palabras, el *ímpetus* es la causa del movimiento y la pesantez es la fuente donde se acumulan los sucesivos *ímpetus*.

¹ En la física de Aristóteles, existen dos clases de movimientos, naturales y violentos. Los movimientos naturales, están marcados por la tendencia que tiene el cuerpo de ir a su lugar natural, por ejemplo: un cuerpo que cae tiende a ir hacia el centro de la tierra. Por otro lado, los movimientos violentos, están marcados por la tendencia que tiene el cuerpo a alejarse de su lugar natural, por ejemplo: un cuerpo que es lanzado hacia arriba.

Los predecesores inmediatos a Galileo, como Benedetti (1530 – 1590), Bonamico (1565 – 1603) y Guidobaldo del monte (1545 – 1607), siguiendo la física del *impetus*, introducen elementos de la hidrostática de Arquímedes que permite hablar del peso relativo del cuerpo en la caída y no de su peso absoluto, junto con la propuesta de Leonardo da Vinci inician la matematización de la física del movimiento.

Para llegar a la caída libre, Galileo, por su parte pone de manifiesto su intención de matematizar la física. Para ello, acude a los planteamientos arquímedeanos que ya habían utilizado sus predecesores inmediatos y determina que la velocidad de caída de un cuerpo no está en relación con su peso absoluto, sino con su peso específico y relativo (volveremos sobre esto más adelante). Esto permite a Galileo, hacer la transposición de cualidades (levedad y gravead) a una escala cuantitativa. Sin embargo, para él no existen cuerpos leves, pues un trozo de madera, que cae en el aire, se elevará si es colocado en el fondo del agua. Por ende, todos cuerpos son pesados. Esta distinción de los pesos relativos y absolutos, y considerar que la caída de un cuerpo está en relación con el peso relativo en un medio determinado, conduce a la inevitable conclusión de que es en el vacío, y solo en el vacío, donde los cuerpos tienen un peso absoluto y caen a una velocidad propia.

Como podemos ver a lo largo de la historia, de Aristóteles hasta la caída libre expuesta por Galileo, las consideraciones han ido cambiando sin guardar una linealidad teórica en su reorganización, esto en gran parte se debe a la mirada que cada científico hace con sus ideas, instrumentos, formas de entender lo que sucede, etc. Que llevan a construir un fenómeno particular en un momento particular del tiempo (cronológico) y lugar. Estos recorridos históricos permiten poner de manifiesto el carácter constructivo de concepciones y teorías alrededor de la caída de los cuerpos. Concepciones y teorías que consisten en parámetros (gravedad, *impetus*, rozamiento, etc.) y variables (alturas, velocidades, etc.) en las cuales se puede realizar el movimiento de caída, consideraciones que toman significados distintos de acuerdo al sujeto y al contexto en el cual esté insertado. Estas miradas conllevan a pensar en el carácter humano de las ciencias, es decir, ver la estructuración de la naturaleza a partir de los procesos que realizan las personas para describirla.

la naturaleza deja de ser exterior a sus leyes objetivas y pasa a ser parte de una relación mutua con el observador, en este sentido el hombre es quien construye la realidad y las leyes resultan ser modelos y elaboraciones que responden a los interrogantes que le hacemos a la naturaleza. (García Arteaga, 2009, pág. 25)

La sugerencia de García es estimar la ciencia como un acto construido a partir de los marcos socioculturales en los que se encuentra insertado el hombre que estudia la naturaleza, pues al dejar de ser exterior a sus leyes, la ciencia es propia del ser que observa junto con su actividad humana y su cultura; conformando una verdad que varía, es decir, una ciencia relativista. De esta manera, al revisar la caída de los cuerpos a través de los aspectos históricos es notorio observar que la producción de concepciones ha respondido a diferentes formas de preguntarse sobre el fenómeno, posibilitando nuevas formas de ver y de comprender la caída.

Hacer uso de la historia en los debates que se tejen en la enseñanza de las ciencias para el estudio de fenómenos, permite ratificar la utilización de los procesos sociales dentro del desarrollo de conocimiento en el aula porque cuando se abarcan aspectos puntuales sobre la naturaleza como la caída de los cuerpos, la historia ha mostrado las relaciones que se tejen en las transformaciones de ideas y de procesos que estructuran el fenómeno como lo expresan (Giordan & Gagliardi, 1986) siguiendo a Giordan, Pochon y Host.

Estas discusiones pueden permitir, además, mostrar que los conocimientos científicos no son resultados de una simple acumulación de observaciones ni la utilización de nuevos aparatos complicados, sino de la utilización de nuevos métodos de análisis complicados, de nuevas teorías. (pág. 254)

Así como las relaciones sociales han ayudado a conformar conocimiento científico en ciencia, es posible que el entramado de ideas que surgen en el aula a partir del intercambio de posturas; animen a los estudiantes a plantear organizaciones del fenómeno propias de las discusiones, por ejemplo, cuando se habla de la caída son muchos frentes problemáticos que pueden surgir para su organización, algunos estudiantes pueden tomar el estudio desde el cuerpo que cae y centrar sus discusiones sobre los efectos que el cuerpo produzca en la caída, teniendo en cuenta que la historia proporciona una mirada contextualizada de las ciencias, es decir, se habla y se estructura el fenómeno con los elementos que se tienen a su alrededor para hacerlo, lo cual se observa habitualmente en el aula.

Para este trabajo es de gran importancia involucrar los aspectos epistemológicos socialmente constituidos por personas conglomeradas en un mismo lugar en la forma de referenciar un fenómeno de estudio, por ejemplo: la caída de los cuerpos en un contexto como el rural, a partir de ellos y por medio de las actividades que se lleven al aula como las experimentales junto con

estudios históricos del fenómeno, se problematice y se profundice en su estructuración. Involucrar estos aspectos en el aula ayuda a rescatar el sujeto que en este caso se constituye por estudiante y docente en la organización de la caída teniendo en cuenta que el fenómeno varía de acuerdo con cómo el aula, guiada por las experiencias que como docentes poseemos, cimienta el fenómeno.

De la misma forma como se han constituido históricamente los fenómenos, así mismo se han conformado procesos de carácter teóricos, experimentales, tecnológicos, etc. junto a ellos. Los cuales permiten enfrentar interrogantes puntuales sobre la ciencia dependiendo del lugar y del tiempo (cronológicamente hablando) en el cual se planteen. Estos procesos son dinámicos en cuanto a su organización, puesto que en ellos se representa la forma cómo el sujeto que estudia un fenómeno lo estructura.

En efecto, toda reconstrucción del experimento llevado a cabo en el pasado supone en mayor o menor grado formular hipótesis no sólo acerca de los materiales empleados, los instrumentos y procedimientos de medición, etc., sino también acerca del clima científico de la época, las teorías en boga, las presunciones del experimentador y muchas otras (Boido, 1993, pág. 66)

De esta manera, conocer la estructura experimental en la cual son recreados los fenómenos, brinda la posibilidad de estar cerca de los interrogantes que se plantea el sujeto que investiga y, con ello, poder conjeturar ideas sobre los posibles caminos que toma la investigación realizada al estudiar un evento particular de la naturaleza. Por ejemplo, en el caso de la caída de los cuerpos, organizar esos escenarios experimentales dispuestos por Galileo para estructurar el fenómeno permite encontrar planteamientos que responden a supuestos interrogantes que Galileo se plantea en sus ordenaciones, lo cual supone un fenómeno cambiante en la medida que cambian los cuestionamientos, pero sin la necesidad de cambiar sus instrumentos experimentales.

En la línea de trabajo que sustenta este proyecto como lo es la experimental, se ha encontrado propuestas que respaldan el dinamismo de los procesos adyacentes a la conformación de un fenómeno. De acuerdo con esto, se revisa un artículo titulado **La obra de Galileo y la conformación del experimento en la física** de la autoría de Álvarez y Posada (2003), de la Universidad Nacional Autónoma de México. En este artículo, los autores presentan algunos análisis sobre las observaciones realizadas por Galileo a la naturaleza, las cuales son de gran

relevancia para la investigación por sus aportes epistemológicos sobre la experimentación en la reconstrucción de fenómenos.

Para describir la metodología utilizada por Galileo, Álvarez y Posada (2003), recurren al fenómeno del movimiento dentro del cual se encuentran afirmaciones sobre: movimiento de proyectiles, caída libre, movimientos pendulares y la naturaleza del vacío. Sin embargo, los autores piensan que utilizar los instrumentos del contexto de Galileo para recrear sus experimentos expone el problema de tener que considerar sus referentes teóricos una vez se obtengan los resultados como el caso de que, si se deja caer una esfera sobre un plano inclinado entonces esta rueda sin deslizarse, pero para ellos no es el objetivo de su investigación.

1) Por una parte, no conocemos exactamente las dimensiones de los aparatos usados por Galileo; 2) no se pretende reproducir los experimentos galileanos tal y como los realizaríamos en la actualidad; y 3) creemos que comparar los resultados experimentales de Galileo con otros que obtuviéramos con técnicas más complejas, sería sacar tales experimentos de su contexto histórico-filosófico. (Álvarez G. & Posada V., 2003, pág. 63)

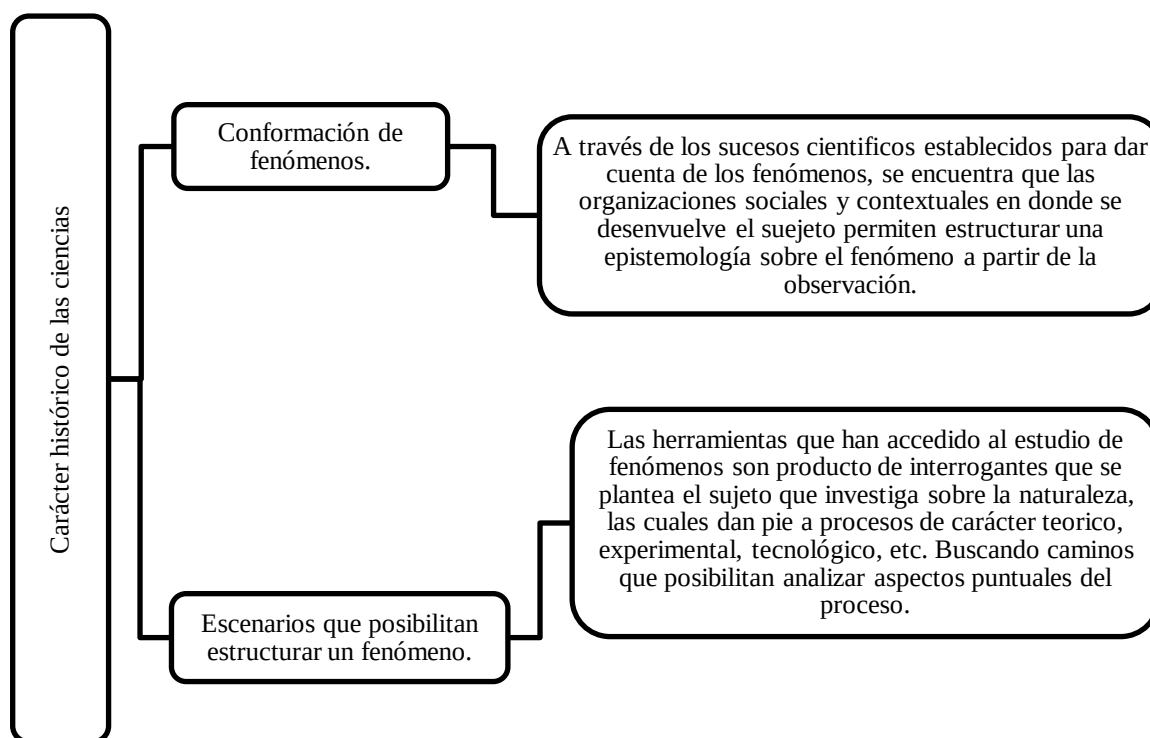
De esta forma, de acuerdo con lo examinado por Álvarez y Poveda (2003), Galileo dejando caer una esfera en un plano inclinado encuentra de manera geométrica el alcance horizontal de la esfera al dejar el plano, realizando sus descripciones al observar la trayectoria parabólica que describe el cuerpo al dejar el plano después del recorrido de caída. Utilizando los mismos materiales experimentales, plano inclinado y esfera, las observaciones de Galileo sobre la trayectoria del cuerpo a través del plano, permiten cuestionarse sobre la dependencia del tiempo transcurrido con la distancia recorrida por la esfera, planteamiento que suscitaba la introducción de una herramienta que pudiera tomar dichos tiempos de caída (ampliaremos estas ideas en el capítulo tres).

El análisis realizado por Álvarez y Poveda (2003) a los trabajos experimentales realizados por Galileo, permite estructurar ideas sobre los instrumentos que recrean un fenómeno sin desviar el eje central del trabajo experimental el cual es encontrar caminos que ayuden a problematizar los cuestionamientos del sujeto que experimenta. En el caso de Galileo, según los autores, la necesidad de relacionar parámetros como el tiempo y distancia en la caída de la esfera a través del plano; está puesta sobre cómo Galileo piensa el fenómeno, pues para recrear la caída dispone de los mismos materiales solo que las organizaciones y disposiciones de los instrumentos son distintas.

Así pues, las actividades experimentales utilizadas como recurso de recreación de fenómenos; históricamente están diseñadas a partir de la perspectiva del sujeto que se interroga, que encuentra maneras de construir o implementar elementos de su contexto para estudiar efectos, relaciones, etc. que permiten llenar de condiciones los instrumentos que se utilizan para construir conclusiones desde lo que se observa, tal como lo plantean Álvarez y Poveda (2003) sobre el estudio hecho por Galileo.

Aquí cabe señalar que otra gran aportación de Galileo fue dar un gran valor a los datos de la observación y con ello haber roto con los prejuicios de la ortodoxia académica de la época que, apelando a la filosofía aristotélica, negaba el valor de la observación para la obtención del conocimiento. (Álvarez G. & Posada V., 2003, pág. 71)

Como se puede ver, dentro de la actividad experimental es posible que se presenten diferentes miradas (validación, constitución, exploración, etc.), estas miradas de alguna forma están en relación con las disposiciones, ideas y argumentos que los experimentadores conciben como importante para poner de manifiesto en la estructuración de un fenómeno. De igual forma, la actividad experimental, históricamente, ha mostrado la oportunidad de conformar un conocimiento desde lo que se percibe; orientación que posibilita disponer de instrumentos del contexto en la recreación de fenómenos basados en una observación particular como muestra el siguiente esquema.



Esquema 3. Aspectos históricos en la construcción de fenómenos naturales (Fuente: Elaboración propia)

Al respecto de lo descrito en el esquema, sobresalen dos caminos que sustentan el carácter histórico de las ciencias: el primero, resalta los procesos epistemológicos que realiza el sujeto que investiga para comprender la naturaleza a partir de lo observado, es de detallar que estos procesos que llevan al sujeto a conformar métodos de comprensión sobre la naturaleza están permeados por el contexto en el cual se encuentra insertado, estructurando los fenómenos naturales que estudia a partir de relaciones sociales que establece con su entorno. En el segundo camino, sobresalen los escenarios en los cuales se articulan las estructuras del fenómeno a estudiar, estos escenarios buscan responder a interrogantes a través de procesos teórico, experimental o tecnológico sobre características puntuales de la naturaleza, por ejemplo: en el caso de la caída de los cuerpos, comprender desde los procesos experimentales, ¿Qué sucede con la velocidad durante el descenso de un cuerpo en medios que ofrecen resistencia?

De esta manera, el carácter histórico de las ciencias propone encontrar esas formas en las cuales los sujetos comprenden la naturaleza, aprenden a cuestionarse sobre ella y conforman espacios que permiten recrear sucesos importantes dentro de los fenómenos que estudia.

2.3 Mirada fenomenológica en la estructuración de conocimientos en ciencias

El estudio sobre aspectos de la naturaleza en el aula y a nivel científico ha mostrado, de acuerdo con las propuestas experimentales entorno a la caída de los cuerpos y el carácter histórico de las ciencias que, las elaboraciones sobre un fenómeno de estudio responden a interacciones sociales y a organizaciones subjetivas del pensamiento de quien investiga. De acuerdo con esto, los sujetos tienen formas particulares de comprender la naturaleza que pueden partir de sus percepciones o de experiencias de otros, pero ¿de qué manera es posible configurar un conocimiento sobre fenómenos naturales que permitan a un sujeto realizar reflexiones a partir de sus interpretaciones?

En este trabajo, se ha trazado, desde del planteamiento y justificación del problema, la introducción del sujeto que investiga junto con su contexto a los procesos que permiten crear escenarios de producción de conocimiento alrededor de un fenómeno de estudio como la caída de los cuerpos, antes de la entrada de teorías establecidas. Por lo que, se acude a la fenomenología desde la perspectiva de Husserl como una epistemología que se acomoda a los propósitos de la investigación ya que, en ella, el sujeto que investiga introduce a sus estudios; su experiencia, sus percepciones, sus intereses, su contexto, etc. En las interpretaciones reflexivas que elabora sobre la naturaleza, sobre este hecho (Merleu-Ponty, 1993) siguiendo palabras de Husserl expresa que,

Yo no soy el resultado o encrucijada de las múltiples causalidades que determinan mi cuerpo o mi «psiquismo»; no puedo pensarme como una parte del mundo, como simple objeto de la biología, de la psicología y la sociología, ni encerrarme en el universo de la ciencia. Todo cuanto sé del mundo, incluso lo sabido por ciencia, lo sé a partir de una visión más o de una experiencia del mundo sin la cual nada significarían los símbolos de la ciencia. (pág. 8)

Así pues, el exterior del sujeto está definido por las formas en las cuales él observa y describe lo que sucede a partir de sus experiencias, la cuales llena de significado al organizar su forma de pensar sobre lo vivido, es decir, el sujeto transforma la naturaleza en la medida que transforma su pensamiento. De esta forma,

nos encontramos en la conciencia con algo que es el contenido real de esta, las vivencias intencionales. Nos encontramos, por ejemplo, con la representación del dios Júpiter. Este contenido de la conciencia que son las vivencias puede ser objeto de un

análisis, de un examen que se ocupa, no del dios Júpiter, sino de la representación que en la conciencia hay de este. (Lambert, 2006, pág. 518)

de tal modo, lo que se busca al construir conocimiento basado en la idea de fenomenología, por ejemplo: en ciencias, es descomponer en partes y aspectos aquellas vivencias que pueden ser de carácter experimental, las cuales permiten percibir la naturaleza y describirla tal y como es, sin recurrir a teorías o deducciones ya conformadas. Considerando entonces que, la fenomenología desde la perspectiva de Husserl, aporta a la enseñanza de las ciencias y en general a la creación de espacios en los cuales la experiencia del sujeto que estudia y organiza su conocimiento entorno a un fenómeno está íntimamente ligada a lo que percibe y lo que se valida de esa percepción. Para (Bolio, 2012) el sujeto que investiga,

Tiene que ir a su interior de sí mismo, comprender sus propios procesos y sus propias orientaciones como sujeto. La ciencia no es lo que está allá afuera, en esa llamada “realidad”, sino en lo experimentado, comprendido y validado sistemáticamente por el sujeto individual y por el sujeto colectivo. (pág. 23)

Según este planteamiento, lo que está en la parte exterior del sujeto, su mundo; sea ciencia o simples objetos, están ahí porque el sujeto es capaz de interiorizarlo, es decir, dotarlo de cualidades y características que él percibe y de las cuales puede referirse. En ese sentido, la orientación fenomenológica, también se interesa en cómo el sujeto asume una postura de su exterior partiendo de lo que construye en su pensamiento, elaborando un conocimiento desde un mundo subjetivamente posible.

De igual manera, el aula, dotada de relaciones interpersonales, de experiencias particulares, de reflexiones contextualizadas, asume una postura sobre el estudio de fenómenos que, al ser decodificada, es posible que se encuentren aspectos que representan una manera propia de pensar la naturaleza, por ejemplo, al poner en cuestión la caída en el aula son muchos frentes problemáticos que pueden surgir como el caso del estudio de la velocidad alrededor del fenómeno o la caída de un cuerpo en sí, los cuales pueden poner de manifiesto organizaciones del aula sobre hechos puntuales de la caída que relacionen aspectos de sus formas de vivir o de interactuar con su exterior. De aquí que, el fenómeno estaría expresado en reflexiones que encierran formas vivenciales de asumir la naturaleza.

2.3.1 Organización de la experiencia del sujeto a través de fenomenologías

La enseñanza de las ciencias a través de la fenomenología ha permitido que los sujetos que investigan, docentes y estudiantes, sobre aspectos de la naturaleza; organicen sus experiencias de acuerdo con las relaciones interpersonales que se presentan en el aula al estudiar un fenómeno, partiendo de lo que perciben en sus diferentes procesos de estudio. Estas organizaciones al poseer una mirada particular de estructuración, es decir, una perspectiva subjetiva; determinan que, al interrogar la naturaleza los significados que se construyen sobre el fenómeno también respondan a un carácter subjetivo de interacciones. Pero, ¿cómo estas condiciones fenomenológicas en el aula, se hacen relevantes para la construcción de conocimientos en ciencia?

En la investigación de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, titulada **Percepción: ampliación y organización de la experiencia en la construcción de fenomenologías**, de la autoría de Montes Jiménez y Rivera Vargas (2014), la cual tiene como objetivo analizar el papel de la percepción en la ampliación y organización de la experiencia para la construcción de fenomenologías, se acude al hecho de elaborar conocimiento conforme al campo fenomenológico teniendo en cuenta que:

cuando se considera que el conocimiento está dado en la relación de la conciencia y el objeto, o el sujeto-objeto, el interés no se lleva a la cuestión de si es posible conocer la esencia o la verdad de las cosas, pues el fenómeno se muestra sin ocultarle nada a la conciencia. Y tiene sentido y significado para quien conoce de forma completa, es decir, cada vez que se ve el objeto la forma de conocerlo está completa y si se reflexiona o cambia la forma de ver dicho objeto esta nueva forma también se considera un conocimiento completo, no se concibe una incompletitud en el conocimiento o al referirse a un objeto. (Montes Jiménez & Rivera Vargas, 2014, pág. 20)

Para sustentar este hecho, los autores proponen al aula un estudio alrededor del fenómeno de la audición de manera experimental, el cual está apoyado en tres características: la fuente, el medio y el oyente; poniendo en cuestión ¿Qué se entiende por sonido? ¿Cómo se genera el sonido? ¿Cuáles son las características de la fuente, el medio y el oído, para que constituya el fenómeno de la audición? Etc. Que gravitan en el camino productivo del fenómeno, pero para construir las

actividades que se desarrollan en el aula los autores parten del campo fenomenológico que elaboran a partir de sus propias vivencias.

De aquí que, al estudiar el fenómeno los autores perciben que, se puede caracterizar el sonido teniendo en cuenta las perturbaciones que sufre el medio debido a las vibraciones ya sean por el golpe, soplo, pulso o rasgado que se hacen a la fuente. De igual forma, piensan que el medio que es perturbado debe ser elástico, es decir, al aplicar una fuerza el medio se deforma, pero es necesario definir en qué medio se efectúa la perturbación (gases, líquido o sólido) ya que esto hará que se presenten características particulares en las formas de vibrar. Sobre el oyente (receptor) consideran que el oído como órgano que percibe la perturbación, realiza un proceso mecánico dado que, dentro del oído, existen diferentes medios productos de las estructuras complejas que lo conforman y que lo conectan al sistema nervioso. Sin embargo, especifican que no son las estructuras del oído en sí, sino las relaciones que se establecen entre ellas y el medio que posibilitan condiciones para poder oír.

Como se puede ver, los autores plantean el estudio del fenómeno de la audición tomando dos puntos de caracterización: el medio perturbado y el receptor; sus diferentes relaciones con la ciencia a lo largo de su historia vivencial y educativa los hace referenciar un medio (gas, líquido, sólido) que se deforma al ser perturbado. Al analizar lo sugerido por los autores sobre este hecho, se comprende que las partículas de un sistema organizado que configuran un estado de la materia (gas, líquido, sólido) cambian su estado de vibración chocando una partícula con otra sin cambiar su configuración estructural al entrar en interacción con agentes externos al medio, provocando que las interacciones realizadas por los agentes externos (fuente y objetos) sean recibidas por un receptor. Pero, el receptor, es decir, quien percibe el sonido debe poseer una disposición biológica que permita recibir y configurar estas vibraciones en el medio.

A pesar de estas organizaciones para el diseño actividades y orientación del estudio fenomenológico por parte de los docentes cabe preguntarse ¿a qué conclusiones sobre el fenómeno llegan los estudiantes? ¿es la misma que la de sus profesores? Para la organización de la experiencia de los estudiantes los autores realizan acciones en el aula contemplando tres etapas:

La primera, está planeada para reconocer las formas de hablar que poseen los estudiantes acerca del fenómeno de la audición basadas en la organización de sonidos cotidianos. En esta etapa los estudiantes fueron divididos en dos grupos: los que escuchan los latidos del corazón y los que

quieren silenciar un timbre. Para los grupos que escuchan los latidos del corazón, se hace preponderante hablar del medio y el receptor; pero bajo las acciones del receptor debido a que es quien identifica el sonido, en este caso los estudiantes expresan que no solo es cuestión del oído como órgano que permite la recepción, sino que debe existir una concentración para escuchar algunos sonidos, es decir, atribuyen un papel significativo a los otros sentidos para poder escuchar. Para los grupos que quieren silenciar un timbre, su manera de hablar se centra en la relación fuente – medio debido a que utilizando una campana y un contenedor establecen que a medida que el contenedor tiene contacto con la campana escuchan que el sonido cambia, disminuyendo su intensidad, asignándole gran importancia a las vibraciones producidas por la fuente dependiendo de las características del medio.

En la segunda etapa, los estudiantes realizan una actividad experimental con el propósito de observar cualidades de la fuente y el medio, direccionadas por las preguntas: ¿cómo se genera el sonido? y ¿cómo viaja el sonido hasta nuestros oídos? Para dar cuenta de estos cuestionamientos, se involucran instrumentos de cuerda, percusión y viento. La actividad en general lleva a los estudiantes a hablar de forma más directa frente a lo que sucede con la fuente y el medio, estimando que los sonidos de un mismo objeto pueden variar si la configuración (forma, tensión, distancia, etc.) de este objeto cambia. Sin embargo, para ellos (estudiantes) la única oportunidad de diferenciar los sonidos que se producen, es si se dispone de los sentidos en conjunto para el caso del receptor.

En la tercera etapa, se solicita a los estudiantes construir un instrumento musical con el propósito de configurar su experiencia, para la creación de este instrumento no se especifica por parte de las docentes características que puedan poseer las creaciones. Sin embargo, los estudiantes acuden a las especificaciones que han construido en la relación fuente, medio y receptor; las cuales están puesta en amplificar, generar y silenciar el sonido, integrando experiencias cotidianas como también la forma y el tamaño que debe tener el instrumento, así como la intensidad del sonido producido. A propósito de la intensidad del sonido, resulta ser relevante para los estudiantes cómo se perturba la fuente debido a que para el caso de los instrumentos de viento el paso de las vibraciones (del instrumento al exterior) están condicionadas por la boquilla de salida, pues la interferencia que se realice dará un sonido particular.

De acuerdo con las disposiciones que se efectuaron en el aula se puede observar, a través de lo descrito por los estudiantes que: aunque los sonidos son realizados por relaciones externas a quien los percibe solo si este, el receptor, se dispone con sus sentidos en conjunto puede asociar estas particularidades (vibraciones) que viajan a través de un medio y que son producto de acciones sobre la fuente ha sonidos con características similares. En ese sentido, para los estudiantes la clasificación de los sonidos depende de la intensidad, es decir, qué tan alto o bajo se escuchan lo cual expresa la frecuencia con que las vibraciones viajan y se transforman por medio de los sentidos en relaciones con su exterior.

(Montes Jiménez & Rivera Vargas , 2014) conscientes de lo observado en el aula al enfrentar a los estudiantes al fenómeno de la audición concluyen sobre el proceder fenomenológico para la enseñanza de las ciencias que,

Cuando el docente opta por esta perspectiva en el aula, se requiere una planeación que promueva la ampliación y organización de la experiencia, donde se tenga en cuenta la experiencia e historicidad del sujeto, actividades que generen preguntas, disertaciones y debates para formalizar y dar significado a las cualidades que se ven del fenómeno. Además, la intervención en el aula debe posibilitar la relación sujeto-objeto, ya que la interacción entre las miradas del sujeto y el objeto constituyen el fenómeno. (pág. 87)

Del mismo modo, en el trabajo que sigue la línea de investigación de la enseñanza de la ciencia desde una perspectiva fenomenológica de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, titulado **El Aula Inclusiva como un Escenario de Reflexión para la Enseñanza de la Física: La Fenomenología del Sonido** de la autoría de Sanabria Quiñonez (2016) a partir de la fenomenología de Husserl considera que,

La fenomenología pone en primer plano de su atención los fines, la orientación del pensamiento y de la acción humana: no se centra en el objeto sino en el sujeto que conoce. Para la fenomenología la verdad de los objetos está en la conciencia del sujeto productos de la vivencia ya que no es la verdad de las cosas que sean en la realidad objetiva (Sanabria Quiñones, 2016, pág. 12)

Para respaldar este hecho, propone construir la idea de sonido a través de la figura del chladni², de esta manera aborda el estudio fenomenológico a partir de las vibraciones que se producen en el medio causadas por el sonido producido en una fuente. En la organización de su fenómeno el autor encuentra que al variar la placa donde se vierten las sustancias granuladas y aumentar la frecuencia del sonido, se observa una relación entre la forma de vibrar de las placas y su sonido con una serie de patrones particulares formados por la sustancia granulada, deduciendo que el hecho puede deberse a la densidad que posee cada material que vibra (placas). Con ello, expresa la relación entre velocidad y densidad del medio para que se propague el sonido, la cual sería una manera de comprender cómo viajan las vibraciones a través un medio.

Esta manera de ver el fenómeno cómo una organización tanto visual como auditiva permite brindar diferentes formas de introducir quehaceres al aula. En el caso del aula inclusiva con estudiantes sordos el autor plantea una manera de aproximar a sus estudiantes a la idea de timbre, favoreciendo el proceso de construcción de conocimiento teniendo en cuenta el sujeto que percibe. Para el desarrollo de la propuesta se planean dos experiencias: un acercamiento a las cualidades de la vibración y la diferencia de las vibraciones en los materiales con el propósito de indagar como se expresan sus estudiantes cuando observan un fenómeno cómo el del sonido.

En cuanto a la primera experiencia, un acercamiento a las cualidades de la vibración, se plantean dos situaciones:

La primera situación, asociada al hecho de que los estudiantes puedan distinguir las vibraciones del sistema Chladni orientados por los interrogantes ¿Qué pueden decir de las vibraciones de la placa? ¿Qué se puede hacer para que las vibraciones varíen? ¿Qué piensan que se necesita variar para que cambie la figura? Encontrando que para los estudiantes la descripción de las figuras sonoras del Chladni en la superficie de la placa está relacionada con la idea de intensidad y volumen, cuando expresan que se parecen a las vibraciones de una moto encendida o cuando se presenta una llamada a su celular. Consideraciones que enuncian su manera de vincular la experiencia cotidiana con lo que perciben del fenómeno.

Por otra parte, en la interacción con la placa encuentran que, el movimiento que la placa efectúa son las causantes de que algo se traslade sobre ella, así pues, configuran la idea de que las

² Se conocen como **figuras de Chladni** a los patrones formados por una sustancia granular sobre una superficie plana vibrando en un modo propio.

vibraciones viajan de un punto a otro. Con relación al último cuestionamiento, piensan que al ponerle peso a la placa la intensidad del sonido varía, pues al presionar un poco la placa con su propia fuerza se observa un cambio significativo en los movimientos de la arena sobre la placa.

La segunda situación, la diferencia de las vibraciones en los materiales, constituida por una actividad experimental; busca construir un referente visual de la frecuencia de acuerdo con las figuras de Chladni. De esta manera, se varía la placa (aluminio, madera, acero y cartón) sobre ella se deposita una fina capa de arena y se elabora la actividad acudiendo a cuestionamientos como ¿Creen que se pueden formar figuras con diferentes patrones? ¿Por qué sí, o por qué no? ¿Qué se tendría que cambiar para que se forme otra figura? ¿Qué harían para contar cuantas vibraciones hay en cualquier figura? al comienzo de la actividad los estudiantes piensan que las figuras sobre la placa se forman con mayor facilidad en materiales menos pesados y más flexibles, pues según su experiencia, es más fácil hacer mover algo blando o hacer oscilar con mayor frecuencia algo flexible, pero la observación del ejercicio con las diferentes placas a los estudiantes a plantear una organización en función de las vibraciones de las placas (de la mayor a la menor): aluminio, madera, acero y cartón. Así pues, las figuras que se conforman en las diferentes placas dependen de su material y su forma de vibrar.

Al presentar las figuras del chladni como actividad que permite poner en evidencia aspectos del fenómeno de la audición a través de procesos fenomenológicos el autor concluye que,

se puede decir que la fenomenología en el aula es una perspectiva valiosa para la enseñanza de la física, pues se centra en el modo que el estudiante mediante sus percepciones puede construir conocimiento en el aula. (Sanabria Quiñones, 2016, pág. 49)

Como se puede ver, en las dos investigaciones se han propuesto interrogar la naturaleza a partir del fenómeno de la audición partiendo de consideraciones sobre la fuente, el medio y el oyente, pero es notorio observar que cada propuesta delimita un camino propio de conformación de conocimiento alrededor del sonido. Mientras que para (Montes Jiménez & Rivera Vargas , 2014) la construcción del fenómeno está puesta en las interacciones entre fuente, medio y oyente, la de (Sanabria Quiñones, 2016) propone el estudio desde la intensidad sonora. Así pues, las intervenciones sobre el fenómeno que propone (Montes Jiménez & Rivera Vargas , 2014) llevan al aula a concluir que los sentidos en conjunto de quien percibe las vibraciones es lo que permite

transformar y relacionar estos aspectos sonoros en contraste con los diferentes sonidos de la naturaleza. En el caso de (Sanabria Quiñones, 2016), el aula considera a partir de las organizaciones que visualiza en la figura del chladni que las vibraciones dependen del material de la fuente y su resonancia debido a que los patrones que se forman por parte de las sustancias granuladas en la placa varían de acuerdo con la intensidad de movimiento que se produce en el instrumento, lo cual muestra cómo es el posible viaje del sonido hasta el oyente.

De acuerdo con las interpretaciones que surgen del estudio del fenómeno de la audición, se puede considerar diferentes formas de pensar e interrogar la naturaleza asociadas al ver que posibilitan edificar conocimientos en ciencias a partir de la introducción del sujeto que organiza su experiencia y, con ella, realiza; descripciones, análisis, reflexiones, etc. De esta manera, para la investigación, se hace puntual delimitar tres caminos en los cuales centrar su campo de acción para el estudio del fenómeno de la caída de los cuerpos:

El primero, el cual está puesto en la mirada del sujeto y su forma de pensar sobre la naturaleza. Delimitar qué clase de sujeto de acuerdo con su forma de vivir, de enfrentarse a su alrededor, es quien investiga implica imaginar a partir de qué frentes problemáticos se observa y se referencia el fenómeno de estudio, por ejemplo: cuando se plantea el estudio del fenómeno de la audición en los trabajos de (Montes Jiménez & Rivera Vargas, 2014) y (Sanabria Quiñones, 2016), las aulas; a pesar de ser un mismo fenómeno, discuten, organizan y concluyen diferentes reflexiones sobre lo que observan, en parte esto se debe a que los sujetos que interaccionan para dar cuenta del suceso se encuentran completamente asociados a diferentes contextos.

De aquí que, para el caso del fenómeno de la caída de los cuerpos también suceda algo parecido con las reflexiones que los estudiantes construyan, así se encuentren en una misma aula, pues las relaciones del contexto asociadas a una persona representan el cúmulo de asociaciones que se han conglomerado a lo largo de las vivencias del sujeto para dar significado, por ejemplo, a sucesos que ocurren en la naturaleza.

El segundo camino, las interpretaciones fenomenológicas sobre aspectos de la naturaleza, se considera que las reflexiones sobre el estudio de un fenómeno como la caída de los cuerpos se constituye a partir de una mirada particular de quien investiga de acuerdo con las disposiciones que recrean el hecho, como lo muestran las investigaciones sobre el estudio del fenómeno de la audición. Pues, mientras para (Montes Jiménez & Rivera Vargas, 2014) el fenómeno se constituye

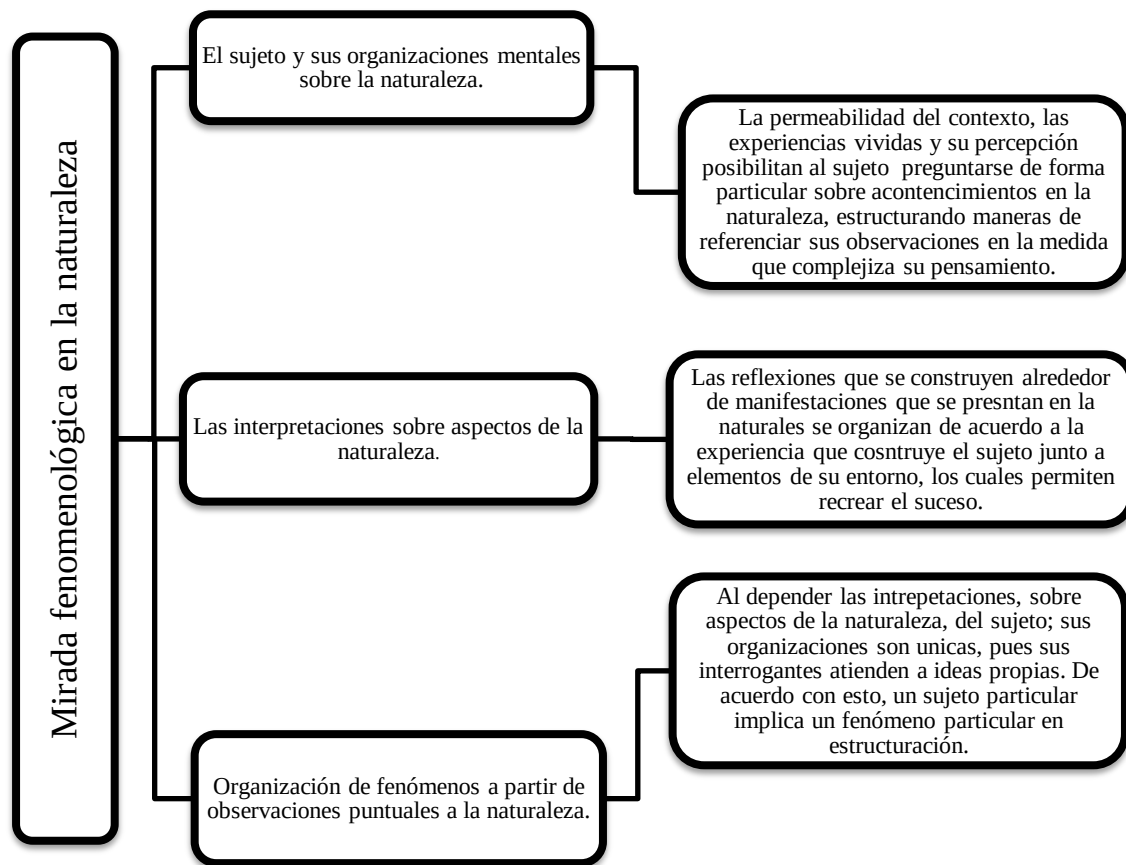
desde la idea de perturbación sonora, el cual permite referenciar el fenómeno a través de las vibraciones producto de acciones sobre la fuente para (Sanabria Quiñones, 2016) la idea de construcción está puesta a partir de la intensidad sonora, proponiendo describir el fenómeno en la observación de la figura del chladni.

De modo que, para el caso del fenómeno de la caída de los cuerpos, definir su estudio ya sea por la velocidad de caída del cuerpo, la aceleración del cuerpo en el proceso de caída o los efectos producidos por el medio al cuerpo, etc. Involucra una disposición que permite realizar reflexiones bajo escenarios observables.

El tercer camino, la organización de fenómenos a partir de observaciones puntuales a la naturaleza, sugiere el hecho de particularizar la caída de los cuerpos, es decir, darle un sentido al estudio del fenómeno depende del sujeto y, en ese sentido, el fenómeno no atiende a disposiciones, sino a interrogantes bajo los cuales se ordenan los instrumentos que recrean el suceso, por ejemplo: en el caso de (Montes Jiménez & Rivera Vargas, 2014) uno de los interrogantes que implica el estudio del fenómeno de la audición es ¿cómo se produce el sonido? Lo cual conduce a exponer una relación entre fuente, medio y oyente de esta manera se realizan disposiciones (ampliación de sonidos, disminución de vibraciones en la perturbación del medio) a través de instrumentos como los latidos del corazón y la manipulación de una campana que permiten estudiar las características puntuales del fenómeno. De igual forma, se observa que en la investigación de (Sanabria Quiñones, 2016) se acude al hecho de ¿Cómo se construye la idea de sonido a partir de la figura del chladni? realizando organizaciones en la variación de la placa que vibra y el material que se vierte sobre ella, encontrando que de acuerdo con las vibraciones de la placa y la densidad de estos materiales (sustancias granuladas) que se dispersan sobre la placa se distinguen organizaciones específicas del material con relación a la frecuencia de vibración de la placa lo que posible delimita la intensidad sonora.

En ese sentido, las interpretaciones en la caída de los cuerpos pueden ser múltiples, las cuales responden a formas específicas de cuestionar el fenómeno que dependen exclusivamente del aula, dado que, las reflexiones sobre sus observaciones, expresan una configuración mental particular sobre las representaciones que se elaboran al caracterizar relaciones y afectaciones del fenómeno frente al estudio propuesto. Construyendo con esto un campo fenomenológico hacia el estudio de la caída de los cuerpos, como se muestra en el siguiente esquema.

Esquema 4. Estrategia fenomenológica para el estudio de la caída de los cuerpos en el aula



Fuente: Elaboración propia

De esta forma, la caída de los cuerpos, la cual se pretende estudiar de manera experimental en este trabajo, está sujeta a los cuestionamientos propuestos en el planteamiento del problema para el aula bajo las organizaciones que se proponen alrededor de preguntas como **¿De qué manera se presenta la velocidad de un cuerpo que cae en medios que ofrecen resistencia?** Lo que implica definir acciones sobre el fenómeno alrededor de las posibles reflexiones que se construyen en la disposición de instrumentos que permiten observar el fenómeno.

Dado que las acciones en el aula, a pesar de ser de carácter experimental, pueden conllevar a diferentes comprensiones sobre la caída de los cuerpos. Tal motivo, sugiere detallar sobre que referentes plantear propuestas que permitan estudiar el fenómeno en el aula poniendo de manifiesto caracterizaciones puntuales sobre la caída, especificando, por ejemplo, ¿cuándo cae un cuerpo en medios que ofrecen resistencia? Lo que proporcionaría una organización y una mirada holística sobre el fenómeno.

CAPÍTULO III: ALCANCES DEL CONTEXTO HISTÓRICO EN LA CONSTRUCCIÓN DE REPRESENTACIONES HACIA UN FENÓMENO DE ESTUDIO

En el presente capítulo se establecen las formas en las cuales se estructura un conocimiento a partir del estudio de un fenómeno como la caída de los cuerpos. De acuerdo con esto, se acude a los aspectos históricos, desde las ideas de Galileo, para encontrar organizaciones que posibiliten el estudio de la caída para medios que ofrecen resistencia. Posteriormente, se construye un discurso fenomenológico sobre la caída que brinda la oportunidad de configurar una propuesta de estudio hacia el fenómeno.

3. El papel de las representaciones en la construcción de conocimientos

Al indagar sobre las estructuras que han permitido construir conocimiento en ciencia como el caso de actividad experimental o los avances tecnológicos, se observa que, las formas en las cuales se tejen los conocimientos en estas estructuras responden a particularidades del contexto, que está constituido por organizaciones mentales, representaciones (escritas, orales, gráficas, etc.) y formas de ver. Las formas de ver, pensar y actuar muestran configuraciones sociales determinadas, permitiendo que se construya un conocimiento en ciencias que cuestione la naturaleza con nuevos interrogantes y nuevas disposiciones en la medida que se profundiza en un fenómeno de estudio.

De acuerdo con esto,

Se entiende que la ciencia, y de hecho cualquier forma de describir la realidad, es un sistema socialmente construido de compresiones, suposiciones y procedimientos compartidos por una comunidad en la que se posibilita entonces la comunicación.
(Candela , 1993, pág. 34)

De esta manera, el estudio de fenómenos naturales, como el caso de la caída de los cuerpos, históricamente ha sufrido una ampliación o modificación conceptual en su organización de acuerdo al proceso de estructuración y de representación de una comunidad inmersa en organizaciones con características específicas.

En este último proceso, las representaciones, en especial las que corresponden al lenguaje utilizado por el sujeto que investiga la naturaleza para dar cuenta de sus observaciones, delimita

intrínsecamente una transformación en las relaciones entre lo que se vive junto al fenómeno, sus organizaciones mentales y lo que se aprueba como importante para ser expresado.

De acuerdo con lo que se vive junto al fenómeno, las organizaciones pueden variar ya sea por los referentes; conceptuales, experimentales o tecnológicos, etc. que se tomen para cimentarlo, o por los interrogantes que delimiten un camino de acción. Sin embargo, dentro de estas vivencias ya existe un pensamiento y una forma de comunicación (verbal) sobre el fenómeno que derivan de asociaciones con otros sujetos; las cuales se alteran a medida que se reorganiza el fenómeno. De igual forma sucede con las disposiciones mentales y lo que se habla del fenómeno, pues no hay un principio o final entre las tres relaciones, sino una reconstrucción en la vinculación, dado que las reflexiones que se constituyen en el estudio de aspectos naturales son cambiantes en la medida que cambia la manera de verlo, pensarlo y hablarlo.

Estas palabras y esta disposición quieren significar que, por lo que se sabe, y en cualquier nivel, desde el nivel del niño pequeño hasta el de un adulto que se involucra en una ciencia oficial marcada por un «nombre» (física, astronomía, biología molecular), el sistema cognitivo es analizable según estos mismos tres términos, cada uno de los cuales «presupone» de algún modo los otros dos, por lo que se encuentran recíprocamente en una especie de círculo. Es bueno tener presente que de este círculo no se puede salir: no es pensable poderlo «desmontar», en el sentido de desestructurar sus elementos de manera jerárquica («comenzando por el lenguaje»; o bien «comenzando por la experiencia», o «comenzando por el conocimiento»). (Árca, Guidoni, & Mazzoli, 1990, pág. 27)

Lo que es preponderante en esta vinculación es que no hace distinciones entre sujetos, es decir, cualquier persona de acuerdo a su nivel de organización puede caracterizar y describir la naturaleza, por ejemplo: para el caso del estudio de la caída de los cuerpos, evento cotidiano y natural, de acuerdo a lo que se percibe del fenómeno, su descripción varía en la profundidad de análisis, pues mientras para algunos sujetos la descripción de acuerdo a su experiencia puede limitarse solo en lo que cae permitiéndole hablar de la caída bajo la caracterización del cuerpo (forma, peso, material); otros sujetos pueden expresar la existencia de una relación cuerpo – medio, y dentro de ella, relaciones de densidades, caracterizar el flujo del cuerpo que cae de acuerdo a la viscosidad del medio, expresar cambios de energía, etc. De aquí que la epistemología constructiva

sobre el fenómeno sea diferente, sin salirse del vínculo que permite percibir, conocer y expresar lo que se estudia, En otras palabras,

Todo el proceso cognitivo puede interpretarse como una dialéctica cíclica desarrollada entre estos tres términos, los cuales siempre se corresponden de algún modo, pero también siempre de manera problemática. En cualquier nivel existen, en efecto, unos «lenguajes»; es decir, existen unos «modos de representar según esquemas» (que luego sean palabras, dibujos, o imágenes es lo mismo, desde este punto de vista); y en cualquier nivel hay un plano de «experiencias» de por sí «indecibles» (hay cosas de las que se tiene experiencia y que no se consigue decir, o describir o representar; hay cosas que se saben decir y a las que no se consigue identificar con experiencias). (Àrca, Guidoni, & Mazzoli, 1990, pág. 28)

En ese sentido, estos aspectos de vinculación (lo percibido, sus organizaciones mentales y sus representaciones) han permitido a los sujetos inmersos en la ciencia, reorganizarse y con ello, ordenar situaciones particulares en la naturaleza como el caso de la gravedad en la caída de los cuerpos. Dado que la vinculación está siempre en tensión y estableciendo una reflexión mutua, es decir, en la medida que se buscan nuevos paradigmas³ sobre fenómenos de estudio es necesario que se configuren nuevas formas de observarlo, de pensarlo y de representarlo transformando el fenómeno y el conocimiento de quien investiga.

Estas organizaciones sobre las representaciones hacen pensar que, acudiendo a aspectos históricos sobre la caída de los cuerpos, en especial los tratados de Galileo, es posible encontrar maneras en las cuales el fenómeno ha sido pensado, analizado y estructurado en relación con disposiciones particulares basadas en un contexto específico, la Edad Media, de ahí que se encuentren formas dialógicas de abordar la caída; pensando que al recoger estas ideas, permitan construir un conocimiento a partir de reflexiones constituidas por la experiencia de Galileo en la construcción del fenómeno.

3.1 Caída de los cuerpos: Actividad en Galileo

A pesar de que el fenómeno de la caída de los cuerpos ha sufrido cambios significativos en la manera conceptual de ser pensado y estructurado por referentes en distintas épocas, se observa que

³ Entiéndase desde (Kuhn, 2006) como: cambiar la manera de ver el mundo.

las organizaciones, a lo largo del tiempo historiográfico, son articuladas partiendo de las ideas fundadas por Aristóteles (384 a.C. – 322 a.C.). Es así, como en la Edad Media, aunque ya habían pasado varios siglos de ordenamiento conceptual sobre la caída, seguían prevaleciendo las imágenes Aristotélicas frente al fenómeno. Sin embargo, dado el cambio paradigmático del pensamiento hacia aspectos de la naturaleza en dicho periodo histórico, se modifica la manera de abordar fenómenos naturales concibiendo nuevas formas de ver la caída de los cuerpos.

Estos cambios en la manera de ver el fenómeno en parte se presentan, según (Kuhn, 2006) porque,

“[...] cuando cambian los paradigmas, el propio mundo cambia con ellos. Guiados por nuevos paradigmas, los científicos adoptan nuevos instrumentos, miran en lugares nuevos y, lo que resulta más importante, durante las revoluciones ven cosas nuevas y diferentes cuando miran con instrumentos familiares en lugares en los que ya antes habían mirado” (pág. 212)

En ese sentido, las modificaciones que brindan la posibilidad de cambiar la forma de problematizar la caída de los cuerpos en la Edad Media, se centran en detallar causas próximas a irregularidades dentro del fenómeno, lo que supone la introducción de observaciones directas, es decir, experiencias que permitan recrear el suceso, conformando nuevas bases sobre las cuales sustentar ideas y conceptualizaciones sobre el estudio de la caída. De esta forma, Galileo (1564 – 1642), apropiándose de la mirada e ideas de otros pensadores de su época, configura una forma propia de abordar el fenómeno a través de postulados geométricos y experiencias sensibles.

Las experiencias sensibles, es decir, las actividades que permitían a Galileo realizar observaciones directas sobre el fenómeno, que posibilitaban describir, analizar y reflexionar frente a efectos, causas y relaciones dentro de la caída, han hecho que, Galileo, cuestione las ideas sobre las experiencias perceptibles de Aristóteles, dado que, no existía una correlación entre la mirada aristotélica y lo que mostraba la caída al ser experimentada.

Es por ello que las investigaciones físicas de Aristóteles son en su mayor parte experimentaciones mentales, en las cuales se valorizan los tesoros de la experiencia conservados por el recuerdo y sobre todo por el lenguaje. (Mach, 1948, pág. 160)

De esta forma, las ideas que Galileo comienza a estructurar sobre la manera de ver cómo cae un cuerpo, no están basadas en modos argumentativos de observar el fenómeno, sino en modos

demostrativos. Sin embargo, Galileo también utiliza esta clase de disposiciones argumentativas, configuradas por modos mentales de idear el fenómeno. Así pues, comienza por ver en su imaginación la categorización que le permitiría estudiar el movimiento de caída. Esto implica que, algunas descripciones contengan elementos, disposiciones y explicaciones basadas en posibilidades de ejecución más no en la ejecución en sí, pero que permiten aclarar ideas de experiencias a realizar, dado que,

La experimentación mental es también una condición previa necesaria de la experimentación física; todo experimentador, todo inventor debe tener en la cabeza su dispositivo antes de realizarlo materialmente. (Mach, 1948, pág. 160)

De este modo, son diferentes las organizaciones y descripciones que Galileo realiza sobre los hechos relacionados con la caída de los cuerpos. En este estudio, solo nos centraremos en mostrar aquellas relaciones y afectaciones que permiten describir la caída de un cuerpo a partir de medios que ofrecen resistencia, con la idea de encontrar ciertas formas de construir y/o disponer de elementos que permitan elaborar puntos de referencias al caracterizar el fenómeno.

3.1.1 El peso específico en la velocidad de caída

Para Aristóteles, según Galileo en Diálogos acerca de dos nuevas ciencias⁴, la causa de la diversidad de velocidades entre cuerpos que caen se debe a su peso absoluto, debido a que,

Todo cuerpo pesado tiene determinada por la naturaleza su propia velocidad de caída (Galilei, Diálogos acerca de dos nuevas ciencias, 2004, pág. 99)

Esta idea lleva a Galileo a plantearse un ejercicio sobre caídas de distintos cuerpos, sospechando que existe una gran diferencia, en cuanto a la relación peso absoluto y velocidad, de acuerdo al estado del cuerpo, movimiento o reposo. Afirmando, por ejemplo, que:

Si tuviésemos dos móviles de velocidades naturales diferentes, sería de esperar que, uniendo el más tardo con el más veloz, éste sería en parte retardado por el más tardo, y el más tardo acelerado por el más veloz. (Galilei, Diálogos acerca de dos nuevas ciencias, 2004, pág. 97) (Idea que puede ser ampliada en el anexo tres)

⁴ Obra que se ha escogido para estudiar los tratamientos de Galileo Sobre la caída de los cuerpos.

Lo que en otras palabras estaría diciendo es que, si se tiene cuerpos con velocidades diferentes, por ejemplo, de ocho y de cuatro metros por segundo, al unirlos en una caída, debería suceder que, al poner el cuerpo que posee una velocidad de ocho metros por segundo sobre el de cuatro metros por segundo, la velocidad de los dos cuerpos juntos al caer debería ser superior a la del cuerpo que tiene mayor velocidad, sin embargo, el cuerpo de menor velocidad retrasa el movimiento del cuerpo de mayor velocidad, a pesar de que los dos cuerpos juntos poseen más peso.

De esta manera, Galileo considera que el peso de un cuerpo actúa de manera diferente de acuerdo a si se está moviendo o está en reposo. Pues en movimiento, por ejemplo, en una caída como la anterior, solo se sentiría el peso cuando los cuerpos caen unidos, si uno estuviera oponiéndose al movimiento del otro; de esta manera, si el más pesado se posa sobre el de menos peso, entonces, diríamos que la unión de los dos cuerpos tendería a aumentar su peso si su movimiento fuera más veloz, pero, al contrario, lo retarda; dado que, el cuerpo de menos peso posee menos velocidad. Mientras que, en reposo, sucede, por ejemplo: que, si tenemos dos cuerpos con distintos pesos sobre una balanza, este sistema pesará más que cada cuerpo puesto en la balanza por separado. Así pues,

[...] en la caída libre y natural, la piedra menor no gravita sobre la mayor, y en consecuencias, no le añade peso, como hace en el reposo. (Galilei, Diálogos acerca de dos nuevas ciencias, 2004, pág. 99)

Estas consideraciones llevan a Galileo a pensar que el peso absoluto del cuerpo es afectado en la caída por el medio, dado que, varios cuerpos, elaborados unos de madera y otros de plomo, pero con el mismo peso, al caer en un medio como el agua, dejan ver que los cuerpos de madera no caen, mientras que los cuerpos de plomo sí. Esto supondría que el medio realiza alteraciones al cuerpo, propiamente en su peso absoluto, ya sea, por su forma o por otra particularidad del cuerpo reflejado en los mínimos momentos de caída. De ahí que, Galileo concluye que,

Solo se puede poseer una misma velocidad, en la caída de cuerpos grandes o pequeños en un mismo medio, si se tienen cuerpos de la misma materia o con el mismo peso específico. (Galilei, Diálogos acerca de dos nuevas ciencias, 2004, pág. 99)

Esta conclusión se reafirma al darle sentido a las acciones del peso específico en la caída, debido a que,

[...] Es el único instrumento con que el móvil se abre camino, rechazando las partes del medio hacia los lados. (Galilei, Diálogos acerca de dos nuevas ciencias, 2004, pág. 111)

Lo que conllevaría a estudiar el fenómeno a partir de cuerpos con características determinadas para medios que ofrecen resistencia, pues su material, forma y peso específico afectan el hecho de que el cuerpo pueda realizar la caída.

3.1.2 Efecto de aligeramiento en la caída

Las experiencias de Galileo sobre cuerpos cayendo en medios que ofrecen resistencia, ponen de manifiesto la diversidad de velocidades que se presentan cuando se deja caer un cuerpo en diferentes medios. Al estudiar caídas, por ejemplo: en el aire y el agua, encuentra que, cuando se deja caer un cuerpo en estos medios, la velocidad de caída es muy diferente, pues mientras en el aire desciende muy rápido, en el agua desciende lento, y en algunos casos, mientras en el aire cae, en el agua no. Estos aspectos, le llevan a pensar que la velocidad de caída no depende directamente del cuerpo que cae, a diferencia de Aristóteles.

Para sustentar este hecho, asumimos un razonamiento parecido al de Galileo, en el cual se encuentra que, si existe una determinada proporción entre un medio y otro, por ejemplo, entre aire y agua, y esta proporción es de diez a uno, es decir, un cuerpo que en el aire caiga con una velocidad de veinte metros sobre segundo, en el agua debería caer con una velocidad de dos metros sobre segundo. A pesar de ello, si el cuerpo es, por ejemplo: de madera, en el aire caería, pero en el agua no, dada su materia. Ahora bien, si se cambia el cuerpo por uno que sí descienda en el agua con una velocidad de dos metros por segundo, en el aire debería caer con una velocidad de veinte grados por segundo.

De acuerdo con esto, Galileo estima que, los dos cuerpos de diferente materia y peso estarían cayendo con iguales velocidades en un mismo medio, lo que pone de manifiesto al considerar la siguiente experiencia,

Entre bolas de oro, de plomo, de cobre, de pórfido o de otras materias pesadas, la diferencia de movimiento por el aire será casi del todo imperceptible, pues seguramente que una bola de plomo, al final de un descenso de cien codos, no se habrá

adelantado en cuatro dedos a otra de cobre. (Galilei, Diálogos acerca de dos nuevas ciencias, 2004, pág. 108) (Idea que puede ser ampliada en el anexo tres)

De lo que se deduce que, la velocidad de caída no depende de la naturaleza propia del cuerpo. De ahí que, en principio, le asigne al medio la responsabilidad de la variedad de velocidades que se presentan en una caída.

Este convenio entre el medio y la velocidad es asumido por Galileo al estudiar el principio de Arquímedes⁵, pues basándose en este principio, considera a la velocidad como el resultado del exceso de peso específico del cuerpo sobre el peso específico del medio, es decir,

Galileo afirma que, la velocidad real de un cuerpo cayendo en algún medio resistente se calcula “observando qué tanto el medio sustrae [*detracts*] del peso del cuerpo que se mueve”. (Nathan B., 1985, pág. 31)

De esta manera, Galileo considera el hecho de que el medio cambia el peso del cuerpo, disminuyéndolo, provocando entonces, un efecto de aligeramiento. De acuerdo con esto, el efecto sería más notorio en la medida que el medio sea cada vez más denso que el cuerpo. En tal caso, el cuerpo descendería cada vez más lento hasta el punto de que cuando la densidad del medio supere en gran parte la del cuerpo, este no caiga.

Por consiguiente, se puede deducir que Galileo reduce el problema de la velocidad en medios que ofrecen resistencia a la relación entre el peso específico del cuerpo y el peso específico del medio, estimando que la velocidad dependería tanto del cuerpo como del medio.

Estas ideas sobre los efectos de aligeramiento de un cuerpo que cae, conllevan a la necesidad de preguntar por el papel que cumple tal efecto en la caída. Para Galileo su importancia radica en establecer velocidades en medios resistentes, pero, de acuerdo con las ideas expuestas hasta este momento, su concepción dentro del fenómeno puede variar, pues para unos casos en vez de determinar la velocidad, determina si el cuerpo cae o no, asumiendo que a pesar de observar cuerpos cayendo rápido o lento, cuando el peso específico del medio supera en gran medida al peso específico del cuerpo, esta condición de caer con diversas velocidades no pertenece al efecto de aligeramiento causado por el medio.

⁵ Todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical y hacia arriba que contrarresta y disminuye su tendencia a descender.

3.1.3 La resistencia del medio hacia el cuerpo que cae

Una vez que Galileo deja caer cuerpos de diferentes pesos específicos en medios que ofrecen resistencia, expresa lo siguiente:

El que un medio fluido amengüe la gravedad de la masa que en él se sumerge, proviene, Simplicio, de que ese medio se resiste a ser hendido, desplazado y finalmente sollevado. Prueba de ello es la presteza con que corre a henchir el espacio ocupado por la masa en él sumergida, tan pronto como esta desaparece; porque si tal inmersión no le afectase en nada el medio no reaccionaría contra ella. (Galilei, *Diálogos acerca de dos nuevas ciencias*, 2004, pág. 118) (Idea que puede ser ampliada en el anexo tres)

De esta forma, se considera que existen otras acciones del medio frente al cuerpo que cae, la resistencia a ser atravesado y desplazado. Se entiende por sollevare el hecho de empujar hacia arriba que bien se considera por los efectos de aligeramiento descritos anteriormente. De esta manera, Galileo se preocupa por averiguar si la resistencia es la causante de la lentitud de un cuerpo que cae, tal preocupación lo lleva a poner en cuestión nuevamente la velocidad, pues para él,

No hay duda que, en la caída de los móviles, al rozar estas asperezas⁶ con el ambiente fluido, retardarán la velocidad, y más la retardarán cuanto mayor sea la superficie, tal como es la de los sólidos menores comparados con la de los mayores. (Galilei, *Diálogos acerca de dos nuevas ciencias*, 2004, pág. 126)

Sin embargo, el hecho de que el cuerpo caiga lento por acción de su superficie es una consideración que Galileo ya ha controlado. La resistencia del medio, como ya lo ha expresado, no afecta de la misma manera a todos los cuerpos, de ahí que,

[...] debemos estimar si la resistencia del medio sea suficiente para poner término a la aceleración de los cuerpos, cuando éstos son de materia gravísima, de inmenso volumen y de figura esférica; y digo esférica para elegir la que está contenida en mínima superficie y por consiguiente menos sujeta a retardación. (Galilei, *Diálogos acerca de dos nuevas ciencias*, 2004, pág. 129)

⁶ Para Galileo, se hallan por lo general y acaso necesariamente en las superficies de los cuerpos sólidos.

Una vez delimitado el camino de acción para establecer si la resistencia del medio afecta la velocidad de caída de un cuerpo, Galileo considera que,

Una bala de cañón que hubiese descendido por el aire, v.g., cuatro codos, y hubiese adquirido, digamos, diez grados de velocidad y que entrase con éstos en el agua, si la resistencia del agua no fuese suficiente para refrenar en la bala tal ímpetu, ésta lo acrecentaría, o al menos lo conservaría hasta el fondo. Pero no sucede así; antes, al contrario, el agua, aunque sólo tenga una profundidad de algunos codos, lo atempera y debilita de modo que el choque contra el fondo del río o del lago será levísimo. (Galilei, Diálogos acerca de dos nuevas ciencias, 2004, pág. 131)

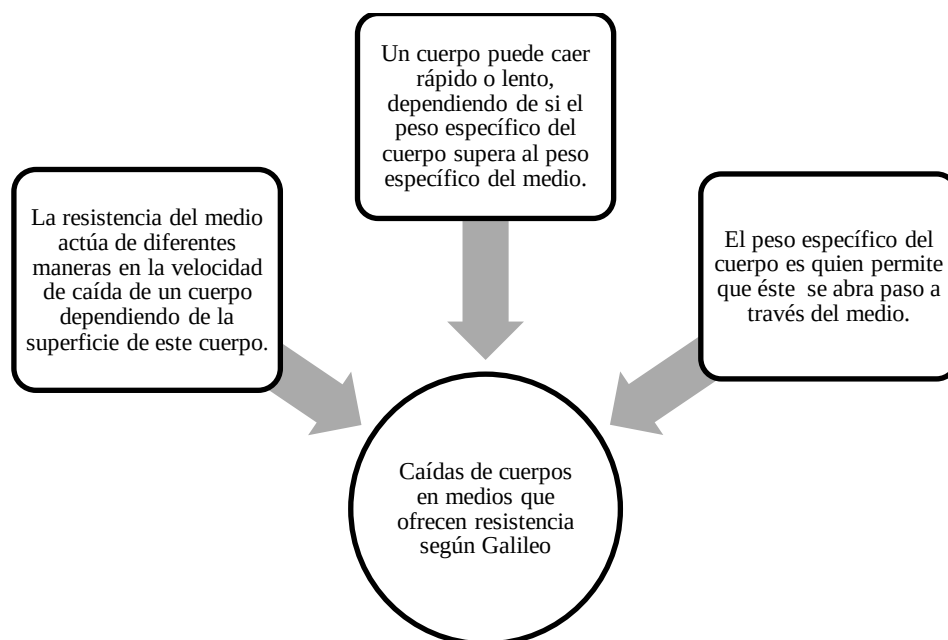
De este modo, se consolida una idea sobre lo que ocurre con los cuerpos que se dejan caer en medios que ofrecen resistencia, pues para Galileo no hay,

[...] esfera tan grande ni de materia tan pesada que no sea frenada en su aceleración, y reducida a movimiento uniforme durante la continuación del movimiento, por la resistencia del medio, aunque este sea muy tenue. (Galilei, Diálogos acerca de dos nuevas ciencias, 2004, pág. 130)

De alguna manera, esta idea permite problematizar la velocidad de caída de un cuerpo si se considera la resistencia del medio necesaria para que caiga rápido o lento. Al estimar la oposición al paso del cuerpo que cae, entonces es posible que se establezca el papel que juega el medio, con características particulares, en la caída.

De acuerdo con esto, podemos considerar que la caída de los cuerpos en medios que ofrecen resistencia para Galileo está conformada por las relaciones que muestra el siguiente esquema:

Esquema 5. Caídas de cuerpos en medios que ofrecen resistencia descrita por Galileo



Fuente: Elaboración propia

Estas consideraciones han permitido que se reúnan una serie de interrogantes e ideas frente al estudio del fenómeno de la caída para medios que ofrecen resistencia, que se presentan en la siguiente sección.

3.2 Pensando en el fenómeno de la caída.

Algo que ha causado interés al estudiar el fenómeno de la caída en Galileo es comprender ¿qué buscaba Galileo al plantear el fenómeno? Para (Koyré, 1980),

[...] Galileo, no trataba de encontrar las causas por la cual los cuerpos caen. Lo que busca es la esencia del movimiento de la caída. Ciertamente el movimiento que los cuerpos ejecutan al caer es un movimiento muy particular: es un modo, un tipo bien determinado de movimiento que se realiza, siempre idéntico, donde quiera que los cuerpos caen. Lo que se trata de buscar es la naturaleza de ese modo de movimiento, su esencia o, si se prefiere, su definición. (pág. 78)

En ese sentido, uno de los interrogantes que ha dejado el estudio de la caída en Galileo, es el hecho de establecer ¿a qué se debe la diversidad de velocidades que se presentan en la caída que se realiza en medios que ofrecen resistencia? Para Galileo, existen dos casos:

- Dependiendo del peso específico del cuerpo puede suceder en la caída que el cuerpo caiga rápido o lento.
- A medida que la resistencia del medio se hace más fuerte sus acciones se ven reflejadas en la velocidad de caída.

En ese sentido, nos limitaremos a encontrar maneras que permitan responder al interrogante basado en los dos casos propuestos por Galileo.

3.2.1 Consecuencias del empuje en la caída

Cuando se realiza la experiencia para comprender los efectos del empuje en la caída, siguiendo los planteamientos Galileanos, se efectúan disposiciones con instrumentos particulares que permiten estimar conceptualizaciones citadas por Galileo en la caída. Una de ellas consiste en caracterizar el cuerpo por medio del peso específico. Esta consideración sugiere el hecho de que el cuerpo pueda caer rápido o lento cuando supera el peso específico del medio.

Sin embargo, lo que se puede observar es que tal efecto del empuje en la caída solo es visible cuando se pueden relacionar el peso específico del cuerpo y el peso específico del medio; en otras palabras, cuando se presenta una relación entre la densidad del cuerpo y la densidad del medio. De ese modo, al igual que Galileo, lo que se estima es la disminución de peso que hace el medio al cuerpo, pero a diferencia de Galileo, se considera el hecho de que tal empuje no expresa cambios en la velocidad, sino más bien determina el hecho de que un cuerpo pueda caer o no.

Para sustentar este hecho, podemos pensar en la experiencia realizada para producir el efecto, por ejemplo, cuando se ubica un cuerpo sobre un medio que tiene su misma densidad, el cuerpo no desciende, pero a medida que se cambia el medio por otros con densidades próximas a la del agua, por arriba de ella y por debajo de ella, la experiencia muestra que el cuerpo desciende solo en medios que se encuentra por debajo de la densidad del agua. Por otra parte, cuando la densidad de estos medios se va alejando de la medida de densidad del agua se observa que el cuerpo desciende más rápido. Estos son los resultados que he obtenido de mis experimentos. Sobre este hecho, el efecto de aligeramiento, (Malagón F. , 2012) afirma que,

El efecto disminuye a medida que aumenta el peso específico del cuerpo, y una velocidad más grande es equivalente a hacer la relación menor. En un medio poco denso el efecto tiende a desaparecer. Así las diferencias de velocidades que se

observan dependen fundamentalmente de la razón y de este modo el peso específico del cuerpo no pasa a ser más que uno de los factores de la relación. (pág. 5)

De este modo, podemos estimar que la diversidad de velocidades que se presentan en caídas con medios que ofrecen resistencia comienza por tal efecto de aligeramiento, pero no es una causa suficiente para respaldar el hecho de la variabilidad en la velocidad de caída de un cuerpo. Por el contrario, con el efecto de aligeramiento, lo que se puede considerar es el hecho de que un cuerpo realice o no la caída en ciertos medios.

3.2.2 Los efectos de fricción en la velocidad de caída

Como hemos dicho, el efecto de aligeramiento no abarca la totalidad conceptual sobre la cual expresar la diversidad de velocidades que se presentan en diferentes medios. Galileo considera que es posible que el medio retarde la velocidad de caída del cuerpo a causa de su oposición a ser desplazado por el cuerpo que cae. Al pensar en la recreación del fenómeno, esta consideración me llevó a tomar medios que cumplieran con los efectos de aligeramiento y que, además, permitieran observar ¿qué sucede con el cuerpo que cae cuando se pone en medios cada vez más resistentes a su desplazamiento? Este hecho llevó a encontrar medios que se pudieran organizar por espesos y densos.

La experiencia dejó ver que, cuando se situaba el mismo cuerpo en medios como agua y aceite, por ejemplo, el cuerpo que no descendía en el agua, en el aceite sí, en ese punto se pudo confirmar las consecuencias del efecto de aligeramiento en la caída. Sin embargo, al cambiar el cuerpo por uno que sí cayera en los dos medios, se observó que en el agua descendía más rápido que en el aceite, lo que conllevó a suponer un razonamiento⁷ frente al hecho: si el cuerpo que no cayó en el agua lo hubiese podido hacer, entonces, hubiera caído en este medio (agua) con mayor velocidad que el aceite.

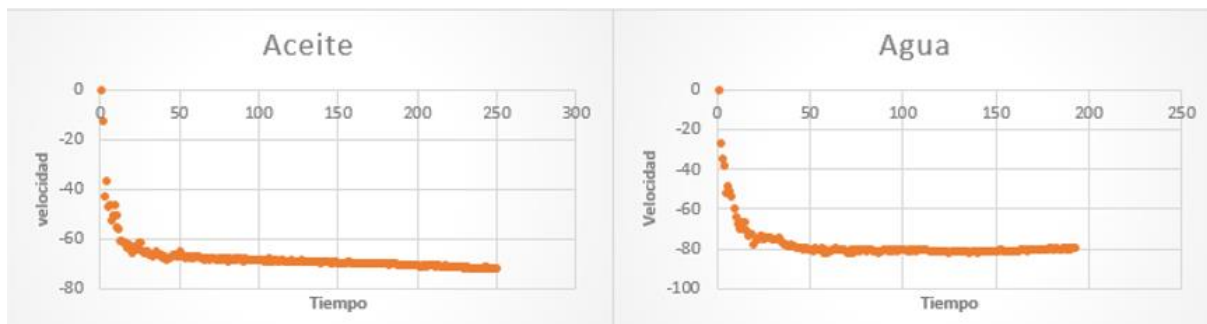
Este razonamiento supone que, a pesar de la existencia de la relación entre medio y cuerpo para que se dé una velocidad determinada, esta relación es afectada por resistencia del medio al paso del cuerpo, y entonces, nuevamente nos preguntamos ¿qué tanto afecta un medio espeso a la velocidad de caída? Al respecto, George Gabriel Stokes (1819-1903) había estudiado que,

⁷ Tal como Galileo utilizaba sus pensamientos frente a caídas que no podían ser recreadas.

[...] Las fuerzas aplicadas por el fluido sobre la esfera se reducen a una resultante aplicada al centro de la esfera, con la misma dirección y sentido contrario al de la velocidad de la esfera. (Sandoval , Caram, & Salinas , 2009, pág. 4315)

Para Stokes esta era la causa que producía el movimiento lento de la esfera en un fluido espeso. Este hecho encaja perfectamente con los efectos de aligeramiento, dado que, la caída en medios que ofrecen resistencia se vincula también con los efectos producidos por la viscosidad del medio, la cual entre más cohesión tengan estas partes del medio, mayor es la fuerza de resistencia que opone al paso del cuerpo, haciendo que este disminuya su velocidad. También se observaron algunas particularidades en las diferentes caídas, por ejemplo: al graficar la caída de una esfera en aceite y agua, se observa lo siguiente:

Esquema 6. Esfera cayendo en medios de diferente espesor



Fuente: elaboración propia

Al comienzo de las dos caídas se aprecia que existe una variación en la velocidad, pero conforme avanza el descenso, estas velocidades se vuelven aproximadamente constantes. Es decir, en la caída de cuerpos en medios que ofrecen resistencia, existe una velocidad límite de caída que se adquiere en la medida que el medio debilita, gradualmente, la aceleración inicial del cuerpo, llevándola en su disminución hacia el valor de cero; sin embargo, como la aceleración inicial de un cuerpo que cae difiere de un medio a otro, entonces, la velocidad límite se presenta en momentos diferentes, estableciendo diversidad de velocidad de caída para un cuerpo en diferentes medios.

Estas organizaciones llevan a pensar en la caída como un proceso de relaciones y efectos, lo que propicia estructurar una comprensión a partir de los elementos: cuerpo y medio, en el estudio del fenómeno. De acuerdo con esto, la caída de cuerpos en medios que ofrecen resistencia presenta las siguientes reflexiones fenomenológicas.

Esquema 7. Fenomenología de la caída de los cuerpos en medios que ofrecen resistencia

El la caída los efectos de aligeramientos permiten establecer cuando un cuerpo cae o no en medios que ofrecen resistencia.

Una vez que el cuerpo comienza su descenso, la rapidez o lentitud que adquiere es producto de la viscosidad del medio, pues ésta al determinar como las partículas en dicho medio establecen su cohesión, determina qué tanta resistencia opone el medio al cuerpo que cae.

En estos medios que ofrecen resistencia a la caída, se establece una velocidad límite de caída, la cual depende de la aceleración inicial del cuerpo. lo que implica diversidad de velocidades en la caída.

Fuente: Elaboración propia

Estas organizaciones hacia la caída de los cuerpos, permiten estimar desde qué punto hablar del fenómeno, para nuestro caso, las posibilidades están centradas en caídas de cuerpos en medios que ofrecen resistencia, las cuales, además de instaurar un conocimiento que posibilita representar la caída, también permiten que, como docente, pueda configurar múltiples propuestas de aula para el estudio la caída.

CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LA PROPUESTA DE AULA

En este capítulo se presenta una reflexión sobre las formas de hablar de los estudiantes frente a las organizaciones que construyen al estudiar la caída de los cuerpos bajo la perspectiva fenomenológica. Para dar sentido a ciertas estructuras de estudio sobre el fenómeno, se realizan diferentes acciones experimentales dentro del aula, brindando la posibilidad a los estudiantes de comprender la variación en la velocidad de un cuerpo que cae en medios que ofrecen resistencia, a partir de la caracterización e interacción del cuerpo y el medio en la caída.

4. Descripción de la Propuesta de aula

La propuesta de estudio del fenómeno en el aula se centra en dos caminos. En el primero, se plantea la posibilidad de encontrar todas las ideas y argumentos que los estudiantes poseen inicialmente, mediante el planteamiento de situaciones particulares sobre la caída. En el segundo, se planea la construcción del fenómeno a partir de las ideas que los estudiantes expresan sobre las situaciones. Todas las actividades poseen finalidades específicas, que provienen de los objetivos propuestos para la investigación, las cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 2. Propuesta general sobre el estudio de la caída de los cuerpos en el aula.

Fases	Secciones	Objetivo de aprendizaje	Objetivo de enseñanza	Objetivo dentro del trabajo de grado
I. Indagación de ideas (propuesta del docente)	Abandonando la nave (Situaciones sobre caídas convencionales).	• Identificar características en la caída. • Describir como cae un cuerpo.	• Pensar en la posibilidad de otras caídas. • Diferenciar el proceso de caída en aire y agua de un mismo cuerpo.	• Identificar expresiones, magnitudes y características dentro del fenómeno. • Analizar la experiencia que involucran los estudiantes al explicar la caída. • Problematicar la caída de los cuerpos como un proceso de interacción entre el cuerpo y el medio.

II. Interacción entre el cuerpo y el medio (Acciones de los estudiantes para describir la caída)	Reconozcamos qué cae (Caída de cuerpos en un medio).	• Reconocer las características intrínsecas (peso, volumen, densidad, etc.) que componen el cuerpo que cae. • Diferenciar la caída de cuerpos con características similares. • identificar si todos los cuerpos caen.	• Distinguir el cuerpo y el medio como los elementos que participan en una caída.	• Construir y diseñar actividades para que los estudiantes puedan distinguir qué características del cuerpo y el medio participan en una caída.
	Reconozcamos donde se realiza la caída (Acciones de medios sobre un cuerpo).	• Reconocer las características intrínsecas (peso, volumen, densidad, viscosidad, etc.) que componen el medio donde cae el cuerpo. • Diferenciar la caída de un cuerpo en medios con diferentes características.	• Diferenciar las características del cuerpo y del medio que interactúan en la caída. • Comprender la caída como afectaciones que se presentan entre características del medio y el cuerpo desde la densidad.	• Poner en evidencia que si las características del cuerpo cambian entonces la caída cambia.
	Relaciones entre densidades en la caída (Afectaciones del cuerpo y el medio en la caída).	• Identificar que la densidad del cuerpo afecta la caída. • Identificar que la densidad del medio afecta la caída.		• Poner en evidencia que si las características del medio cambian entonces la caída cambia.
III. Estudio de magnitudes en la caída de un	La velocidad en la caída.	• Establecer relaciones entre el medio y el cuerpo.	• Organizar como se establecen las relaciones entre los cuerpos en y medios.	• Recoger las organizaciones alrededor de las diferentes velocidades que se

cuerpo. (Acciones de los estudiantes para describir la caída)		• Organizar las diferentes caídas en relación a la velocidad.		presentan en la caída.
--	--	---	--	------------------------

Fuente: Elaboración propia

Nótese que los objetivos de cada sección brindan la posibilidad de construir organizaciones de la caída de los cuerpos a partir de los interrogantes que surgen en su estudio, consolidando con esto una forma particular de abordar el fenómeno con los estudiantes.

De acuerdo con esto, se consideran dos niveles de análisis para cada actividad que permiten extraer las organizaciones de los estudiantes sobre sus conjeturas hacia el fenómeno, pero, además, ponen de manifiesto el trasfondo contextual y conceptual de sus formas de hablar sobre la caída.

El primer nivel, con relación a la construcción del fenómeno, contempla las variaciones conceptuales que los estudiantes elaboran a partir de sus propios interrogantes sobre características de la caída de los cuerpos.

El segundo nivel, presenta las maneras en las cuales el lenguaje utilizado por parte de los estudiantes da significado a las situaciones fenomenológicas en el aula cuando se cuestiona la caída de los cuerpos a partir de medios que ofrecen resistencia.

A continuación, se presentan las fases de la propuesta, en cada una se describen las actividades correspondientes y los niveles de análisis que se hacen sobre las respuestas de los estudiantes.

4.1 Fase I: Indagación de ideas. Abandonando la nave

En esta fase se pretende examinar cómo los estudiantes piensan la caída de los cuerpos, inicialmente. Se presentan tres situaciones sobre el fenómeno: La caída de tres cuerpos (dos cajas y una persona) desde un avión, la caída de los mismos cuerpos desde un submarino y cómo los estudiantes piensan y recrean una caída a partir de las anteriores. Para ello se delimitan los siguientes caminos que permiten desarrollar el estudio.

Tabla 3. Panorama exploratorio sobre la caída de los cuerpos en el aula.

Fase 1	Sección	Objetivo de aprendizaje	Objetivo de enseñanza	Objetivo del trabajo de grado	Actividades
Indagación de ideas (propuesta del docente)	Abandonando la nave.	• Identificar características en la caída. • Describir como cae un cuerpo.	• Pensar en la posibilidad de otras caídas. • Diferenciar el proceso de caída en aire y agua de un mismo cuerpo.	• Identificar expresiones, magnitudes y características dentro del fenómeno. • Analizar la experiencia que involucran los estudiantes al explicar la caída. • Problematizar la caída de los cuerpos como un proceso de interacción entre el cuerpo y el medio.	• Cayendo desde el avión. • Cayendo desde el submarino. • Elaboración de una propia caída.

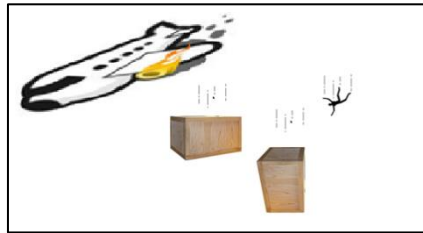
Fuente: Elaboración propia

Con los objetivos propuestos para la implementación de la actividad, como se expone en la tabla, se espera que los estudiantes puedan pensar en las relaciones y efectos en la interacción cuerpo – medio en la caída. Por tal motivo, se acude a esta clase de situaciones, dado que, posibilitan el diálogo entre el fenómeno y las formas cotidianas de vivir de los estudiantes, proporcionando socializaciones en el aula de manera espontánea sobre la propuesta. Sobre estos hechos, se estiman las siguientes situaciones:

A. Cayendo desde el avión

En esta situación se pedía a los estudiantes expresar todas las ideas sobre el fenómeno, considerando como directriz, una caída en un medio usual (aire) con elementos de la cotidianidad (dos cajas y una persona) que caen como lo muestra la Esquema.

Esquema 8. Caída en el aire

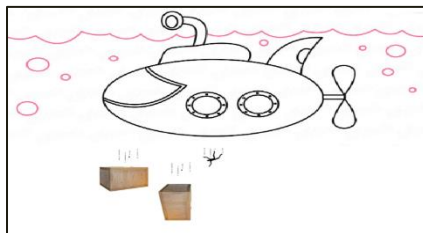


Fuente: Elaboración propia

B. Exploremos las profundidades del océano

En esta situación se llevó a los estudiantes a plantear ideas sobre una caída con la que no se encuentran regularmente relacionados. Para ello, se dispuso de los mismos cuerpos de la situación uno (dos cajas y una persona), pero en este caso abandonando un submarino, tratando de poner en cuestión efectos del fenómeno que tal vez no fueron claros en la caída que se realizó en el aire.

Esquema 9. Caída en el agua



Fuente: Elaboración propia

Para abordar y organizar los argumentos presentados por los estudiantes frente a las dos situaciones problemas sobre el fenómeno de la caída de los cuerpos, se muestra en la siguiente tabla las preguntas que permiten abordar y comparar las situaciones, junto a ellas, se encuentran las relaciones de dependencia que como docente encuentro en los relatos que hacen los estudiantes sobre el fenómeno.

Durante las diferentes socializaciones en el aula, los estudiantes expresan diferentes formas de ver la caída, algunas ideas expresan implicaciones de características como la forma del cuerpo en la velocidad y, otras, las acciones del peso del cuerpo en la caída. Estas ideas se encuentran conglomeradas en la siguiente tabla, sin embargo, solo aparecen las que puntualizan los niveles de análisis, la tabla con la organización de ideas completas se encuentra en el anexo uno. Por otra parte, en la tabla aparecen algunas ideas en negrilla que corresponden al primer nivel de análisis,

las organizaciones de los estudiantes sobre sus conjeturas hacia el fenómeno, mientras que las subrayadas corresponden al segundo nivel, el trasfondo contextual y conceptual de sus formas de hablar sobre la caída.

Tabla 4. Registro de preguntas, comparación de relatos y relaciones de dependencia entre magnitudes sobre la caída de los cuerpos en el aire y en el agua.

Pregunta directriz⁸	Relaciones de dependencia entre magnitudes que describen la caída	Registro de ideas de los estudiantes de la caída desde el avión	Registro de ideas de los estudiantes de la caída desde el submarino
¿Algo cambiaría si los cuerpos poseen diferentes pesos?	Relación: peso – velocidad en la caída. El aire oponiéndose al peso del cuerpo. Cuantificaciones para establecer la caída. Influencia del peso en la caída.	E₅: “Si las cajas son pesadas irán más rápido que el piloto” E₁₃: “Conforme al peso es que se ven diferencias en la caída” E₁₁: “El cuerpo que tenga menos peso caerá más lento porque el aire lo retiene” E₈: “Si las cajas tienen mayor peso que el sujeto, entonces caerán más rápido” E₁₆: “No sabemos cuál de los tres cuerpos posee más gravedad, pero si nos concentramos en la velocidad de bajada entonces ese posee más peso”	E₂: “En el agua los cuerpos se pueden hundir o flotar dependiendo de su peso, es decir, el peso del cuerpo el responsable que las cosas caigan” E₉: “El más pesado se irá al fondo, si los otros no tienen el suficiente peso, subirán a la superficie del agua” E₁₃: “Su peso influiría mucho en la velocidad de caída” E₆: “La caja más pesada irá al fondo, el sujeto va al fondo por su peso como nos sucede cuando vamos a piscina, la otra caja puede que baje si lo que contiene adentro hace buen peso” E₄: “El peso es el responsable de la velocidad, entonces, los objetos se mueven de acuerdo a si es más pesado o liviano, el que se hunde se ve rápido o lento de acuerdo al peso lo mismo

⁸ Preguntas planteadas a los estudiantes durante el desarrollo de la actividad.

⁹ Para registrar las diferentes ideas que presentan los estudiantes sobre el fenómeno de la caída de los cuerpos, se utiliza la nomenclatura E para referenciar los comentarios individuales de cada estudiante, recuperados ya sea por medio de escritos o audios.

			pasa con los livianos, pero estos van a la superficie por las acciones del agua”
¿Algo cambiaría si los cuerpos poseen diferentes tamaños?	El peso del cuerpo como instrumento que permite la caída. La influencia del aire en la forma de caída del cuerpo. Relación: peso – velocidad en la caída. Cuantificaciones para establecer la caída. Influencia del tamaño en la caída. Relación: tamaño – velocidad. Relación: peso – tiempo.	E₃: “Sí influye, porque un cuerpo pequeño caería antes que un cuerpo grande, ya sea, por su peso o la fuerza del viento” E₇: “No influye, porque hay cosas grandes livianas y cosas pequeñas pesadas y pueden caer de la misma forma” E₁₇: “lo que influye en la velocidad es el peso, no el tamaño por eso vemos cosas cayendo más rápido que otras” E₂: “El tamaño no importa, importa la altura a la que se encuentre el cuerpo porque entre más alto más velocidad gana por su peso” E₁₂: “Sí tiene un tamaño ancho y pesado es posible que no caiga tan rápido a si tiene el mismo peso, pero más pequeño” E₄: “sí cambiamos el tamaño de una de las cajas, pero mantenemos su peso, es posible que el aire lo retenga lo cual demore la caída”	E₁: “Sí, porque si las cajas cambian de tamaño, pero no de lo que contengan; al hacer una más pequeña es posible que su peso se concentre y permita que baje, en cambio, si la otra caja aumenta su tamaño manteniendo su peso, es posible que no baje porque el peso se distribuye entre todo lo largo que esté la caja” E₁₁: “Sí, porque el que ocupe más espacio es posible que baje por su peso, pero lo hará de manera lenta” E₂: “El tamaño no importa en la caída, los cuerpos caen por su peso. De pronto en la velocidad de caída” E₁₀: “Si, porque la presión del agua empujaría a los de mayor tamaño hacia arriba si no posee el suficiente peso para contrarrestarla” E₈: “No influiría tanto el tamaño si tienen el mismo peso porque si metemos un pedazo de hierro plano y otro compacto, pero los dos del mismo peso, creo que caerán al mismo tiempo”

¿Algo cambiaría si los cuerpos poseen igual pesos?	La influencia del aire en la forma de caída del cuerpo. Relación: peso – tiempo en la caída. Influencia de condiciones externas al cuerpo para que se dé la caída. Relación: Peso - fuerza Relación: Peso – velocidad	E₂: “Si se lanzaron al mismo tiempo y tienen el mismo peso no debería variar la rapidez con que llegan al suelo” E₉: “caerían al mismo tiempo si empezaron a descender al instante”	
¿Algo cambiaría si la persona cae en posición vertical?	Los efectos del aire de acuerdo a la posición del cuerpo. La posición del cuerpo en la caída. Implicación de la distribución del peso en el cuerpo para diferentes caídas. Influencia de la posición del cuerpo en la caída. Relación: posición del cuerpo en la caída – velocidad	E₅: “Cuando cae verticalmente el viento es cortado y el viento es una fuerza que se opone a la velocidad”	<u>E₈: “Si porque cuando estamos en la piscina y nos ponemos en forma vertical nos hundimos, de forma horizontal no pasa, entonces, en este caso estar de forma vertical permitiría que la persona fuera al fondo por su peso”</u> <u>E₁₄: “la presión del agua empujaría a los de mayor tamaño hacia arriba si no posee el suficiente peso para contrarrestarla”</u>

Fuente: Elaboración propia

C. Configuración de una caída

Sobre la última actividad propuesta, recrear una caída a partir de las anteriores, se observa que las representaciones de los estudiantes involucran los mismos elementos que se destacaron en la situación de caída desde el avión y desde el submarino. Por ejemplo, en sus diferentes representaciones se encuentran casos como lo muestra la siguiente Esquema.



Esquema 10. Representación de caídas personalizadas. (Fuente: Cuadernos de los estudiantes)

De acuerdo por lo representado, se puede ver en la foto 1 dos personas cayendo, no se especifica en donde, pero se intuye que lo hacen en el aire porque el fondo de la hoja no presenta ningún cambio en cuanto al color, en esta representación solo varía la posición de caída de la persona. En la foto 2, se presenta un auto que choca y, sobre esta acción, caen unos elementos en forma de cajas de la parte superior del vehículo, uno se encuentra más abajo que el otro, suponiendo que tienen diferencia en el tiempo de caída, también se percibe que caen en el aire. La foto 3, muestra dos elementos diferentes a los propuestos en las situaciones de caída en el avión y el submarino, en la representación se muestran los mismos objetos cayendo, pero cambia su tamaño y al igual que en las anteriores fotos, se presume que caen en el aire.

A pesar de que en dos de los tres casos utilizan los mismos elementos de las situaciones planteadas, persona y cajas, es notorio observar que en los detalles de cada elaboración se encuentran aspectos que para ellos son importantes en una caída como es: la posición de caída del cuerpo, el hecho de que caigan de manera simultánea y el tamaño del objeto que cae, consideraciones que se han venido observando en las diferentes socializaciones y escritos en las clases. Estos detalles dan pie a la organización de las ideas que los estudiantes poseen sobre el fenómeno, para determinar cómo lo entienden en un primer momento.

4.1.1 Primer nivel de análisis: Qué dicen mis estudiantes cuando hablan de la caída

De acuerdo con lo expresado por los estudiantes en un primer acercamiento al fenómeno de la caída, se puede observar que sus ideas, como lo muestra la tabla 4, a pesar de estar guiadas por preguntas orientadoras, se centran en dos posturas:

- El cuerpo que cae
- El medio donde se realiza la caída

De acuerdo con el cuerpo que cae: las ideas de los estudiantes se encuentran divididas en dos formas de referenciar el fenómeno, el peso y el tamaño.

A. En relación con el peso, los estudiantes expresan que, en el caso de la caída desde el avión, esta característica es preponderante en la caída porque es aquello que determina cuando un cuerpo cae rápido o lento. Por ejemplo, comentan que:

“Si las cajas tienen mayor peso que el sujeto, entonces caerán más rápido”

“conforme al peso es que se ven diferencias en la caída”

“Si las cajas son pesadas irán más rápido que el piloto”

Para ellos, en este caso, existe una relación de dependencia pensando, por ejemplo, que: entre más peso más velocidad adquiere el objeto que cae. Sin embargo, reconocen que el cuerpo puede poseer otras características como el tamaño o la forma que pueden incidir en la caída, pero su rapidez siempre se verá afectada por el peso.

“lo que infle en la velocidad es el peso, no el tamaño por eso vemos cosas cayendo más rápido que otras”

Aunque, cuando la caída de los mismos cuerpos es desde el submarino, se observa una variación en sus planteamientos. Para algunos estudiantes, el peso determina si un cuerpo cae o no, ya que, los cuerpos pesados van al fondo del agua, mientras los livianos emergen a la superficie, por ejemplo, expresan que:

“La caja más pesada irá al fondo, el sujeto va al fondo por su peso como nos sucede cuando vamos a piscina, la otra caja puede que baje si lo que contiene adentro hace buen peso”

“El más pesado se irá al fondo, si los otros no tienen el suficiente peso, subirán a la superficie del agua”

“Lo que importa es el peso, el de menor peso debería flotar y los otros dos, si poseen el suficiente peso caerán”

“En el agua los cuerpos se pueden hundir o flotar dependiendo de su peso, es decir, el peso del cuerpo quien es el responsable que las cosas caigan”

Mientras que otro sector de los estudiantes expresan que el peso, al igual que en la caída del avión, es quien permite observar una caída lenta o rápida, acusando nuevamente la dependencia peso – velocidad; cuando expresan:

“El peso es el responsable de la velocidad, entonces, los objetos se mueven de acuerdo a si es más pesado o liviano, el que se hunde se ve rápido o lento de acuerdo al peso lo mismo pasa con los livianos, pero estos van a la superficie”

“Su peso influiría mucho en la velocidad de caída”

Advirtiendo con esto que, para ellos, no existe diferencia entre la caída desde el avión y el submarino si de lo que se habla es de la influencia del peso en la velocidad.

Por otro lado, también existen estudiantes que piensan en la influencia del peso en el tiempo de caída, dado que expresan, por ejemplo, que:

“caerían al mismo tiempo si empezaron a descender al instante”

“Importa la altura a la que se encuentre el cuerpo porque entre más alto más velocidad gana por su peso”

“todos caerían al mismo tiempo porque no hay diferencia en su peso”

“Si se lanzaron al mismo tiempo y tienen el mismo peso no debería variar la rapidez con que llegan al suelo”

De esta manera, los estudiantes también suponen para la influencia del peso en la caída, una relacionando peso – tiempo.

B. Sobre la influencia del tamaño en la caída, un sector del aula sostiene la idea de que, cuando la caída es desde el avión, el tamaño permite diferenciar la rapidez en la caída, dado que,

“sí tiene un tamaño ancho y pesado es posible que no caiga tan rápido a si tiene el mismo peso, pero más pequeño”

En ese sentido, es posible que para estos estudiantes la rapidez del cuerpo que cae, también, está influenciada por acciones externas, las cuales afectan la sección transversal del cuerpo en la caída. Ideas que se hacen más visibles para los estudiantes cuando la caída es desde el submarino, pues para este caso, ellos comentan que:

“El que ocupe más espacio es posible que baje por su peso, pero lo hará de manera lenta”

“El tamaño no importa en la caída, los cuerpos caen por su peso. De pronto en la velocidad de caída”

En contraste, hay estudiantes que consideran que esta cualidad del cuerpo ayuda a que caiga o no, más no a la velocidad, debido a que,

“... si las cajas cambian de tamaño, pero no de lo que contengan; al hacer una más pequeña es posible que su peso se concentre y permita que baje, en cambio, si la otra caja aumenta su tamaño manteniendo su peso, es posible que no baje porque el peso se distribuye entre todo lo largo que esté la caja”

También existe otro sector de estudiantes que, para la caída, sin importar que sea desde el avión o desde el submarino, no consideran el tamaño como característica del cuerpo necesaria para que caiga rápido o lento, debido a que:

“No influiría tanto el tamaño si tienen el mismo peso porque si metemos un pedazo de hierro plano y otro compacto, pero los dos del mismo peso, creo que caerán al mismo tiempo”

De acuerdo con estas dos ideas, peso y tamaño en la caída, los estudiantes contemplan una divergencia conceptual debido a que no es claro ¿qué característica del cuerpo es la que actúa en sí en la caída? Señalando que,

“... hay cosas grandes livianas y cosas pequeñas pesadas y pueden caer de la misma forma”

Así que, de acuerdo con las ideas centradas en el cuerpo que cae, los estudiantes presentan maneras diferentes de entender la caída; mientras para algunos el peso, como condición propia del cuerpo, es la característica que determina la rapidez, para otros, lo es el tamaño. Por otro lado, existen dudas sobre cómo actúan las características del cuerpo en la caída, puesto que, las relaciones expresadas se encaminan a comprender cómo se diferencia la velocidad en la caída o si el cuerpo cae o no, acusando que es una o la otra característica la que actúa, pero no las dos al tiempo.

Estas organizaciones sobre el cuerpo que cae, dan pie para pensar en propuestas de trabajo en el aula que muestren a los estudiantes si las relaciones que inicialmente configuran realmente influyen en una caída, o si por el contrario son otras. De aquí que, los mismos estudiantes están centrando la preocupación de analizar en detalle el cuerpo en una caída.

Para el caso del medio donde se realiza la caída: los estudiantes comentan, que la lentitud o rapidez de un cuerpo que cae se debe a una relación peso – medio o tamaño – medio en la caída.

En ese sentido, estiman que, para el caso de la relación peso – medio en la caída desde el avión, cuando el cuerpo cae su rapidez o lentitud se ve determinada por el peso del cuerpo, dado que, esta condición permitiría contrarrestar la oposición que hace el aire al movimiento, por ejemplo: expresan que,

“[...] Un cuerpo pequeño caería antes que un cuerpo grande, ya sea por su peso o la fuerza del viento”

“El cuerpo que tenga menos peso caerá más lento porque el aire lo retiene”

“Cuando cae verticalmente el viento es cortado y el viento es una fuerza que se opone a la velocidad”

Ideas que también sobresalen cuando hablamos de la caída desde el submarino, pues la relación peso – medio también determina, para esta caída, variaciones en la velocidad, expresando, por ejemplo:

“El peso es el responsable de la velocidad, entonces, los objetos se mueven de acuerdo a si es más pesado o liviano, el que se hunde se ve rápido o lento de acuerdo al peso lo mismo pasa con los livianos, pero estos van a la superficie por las acciones del agua”

De esta manera, los estudiantes consideran que las acciones externas también afectan la caída, dado que, el lugar donde se lleve a cabo la caída, realiza una oposición al cuerpo que cae, permitiendo que se observen variaciones en la velocidad en caso de que el peso del cuerpo sea suficiente como para atravesar el medio.

Por otra parte, algunos estudiantes comentan que la relación: tamaño – medio, tiene doble implicación en la caída: la primera, dada para que un cuerpo caiga lento o rápido, pues en el caso de la caída desde el avión comentan que:

“sí cambiamos el tamaño de una de las cajas, pero mantenemos su peso, es posible que el aire lo retenga lo cual demore la caída”

También sustentan:

“La presión del agua empujaría a los de mayor tamaño hacia arriba si no posee el suficiente peso para contrarrestarla”

La segunda implicación en la relación tamaño – medio, consiste en que un cuerpo pueda caer o no. Algunos estudiantes comentan que el tamaño haría que el peso se distribuya entre el área transversal que el cuerpo posea, haciendo que la fuerza ejercida por las condiciones externas no lo dejen caer, pero es una condición que sale a relucir cuando la caída se presenta desde el submarino. Por ejemplo, afirman que:

“[...] Si las cajas cambian de tamaño, pero no de lo que contengan; al hacer una más pequeña es posible que su peso se concentre y permita que baje, en cambio, si la otra caja aumenta su tamaño manteniendo su peso, es posible que no baje porque el peso se distribuye entre todo lo largo que esté la caja”

De acuerdo con lo expresado por los estudiantes, se observa que la caída vista a partir del medio posee una relación de causa – efecto, sugiriendo con esto que el actuar en la caída es producto de efectos en doble vía, del cuerpo al medio y del medio al cuerpo.

Estas relaciones que los estudiantes comentan sobre los efectos producidos por el medio donde se realiza la caída, dan pie para poner de manifiesto en el aula elementos que permitan observar acciones puntuales del medio sobre lo que cae, en ese sentido, proponer actividades perceptibles sobre estos hechos permitirían generar reflexiones en el aula que de alguna manera posibiliten expresar interacciones puntuales sobre el fenómeno.

4.1.2 Segundo nivel de análisis: El trasfondo contextual y conceptual detrás de las expresiones de los estudiantes frente a la caída.

Al acercarse a las ideas que los estudiantes proponen es notorio observar que sus expresiones poseen estructuras que los reconocen como sujetos insertados en un ambiente particular de relaciones, verbales y actitudinales, frente a la forma de ver y de comprender su alrededor y, con ello, los fenómenos naturales. Por ejemplo, cuando se referencia la caída de los cuerpos se encuentran algunas expresiones como:

“No sabemos cuál de los tres cuerpos posee más gravedad, pero si nos concentramos en la velocidad de bajada entonces ese posee más peso”

En este caso, dentro de lo estimado por los estudiantes, la palabra “gravedad” se encuentra relacionada intrínsecamente al cuerpo, pues determina qué tan pensado es, estableciendo parámetros de caída como la velocidad de acuerdo al estudio cuantitativo de la cualidad en la caída. En el mismo nivel, dentro de sus relatos, se encuentra la “fuerza”, dado que, esta palabra relaciona formas de mover, de resistir y de soportar acciones sobre un objeto que determinan cómo cambia la velocidad, expresando, por ejemplo:

“Cuando cae verticalmente el viento es cortado y el viento es una fuerza que se opone a la velocidad”

De esta manera, para los estudiantes la “gravedad” como cualidad del cuerpo y la “fuerza” como acción del medio, en la caída de los cuerpos, configura una interacción de acción – reacción cuando se habla de la velocidad. De acuerdo con esto, los estudiantes suponen que un cuerpo puede caer más veloz si su gravedad supera en gran parte la fuerza hecha por el medio que se resiste a ser atravesado.

Por otra parte, cuando se cambian condiciones en la caída como el medio en el cual se lleva a cabo el fenómeno, por ejemplo: de aire a agua, se encuentran expresiones como “hundir” y

“flotar” y se desarrollan a partir de sus formas vivenciales asociadas a las situaciones planteadas.

En el caso de “hundir” los estudiantes asocian esta frase a una afectación sobre el cuerpo debido a que, de acuerdo como esté puesto (horizontal o vertical) en el agua, su peso varía; pues si está vertical, el peso se concentra en una sola zona la cual lo impulsa al fondo, mientras que, si está de forma horizontal, al parecer el peso cambia, afirmando que,

“[...] cuando estamos en la piscina y nos ponemos en forma vertical nos hundimos, de forma horizontal no pasa, entonces, en este caso estar de forma vertical permitiría que la persona fuera al fondo por su peso”

En ese sentido, que un cuerpo se “hunda”, para los estudiantes, implica una disposición que favorezca el peso que no necesariamente proviene del cuerpo. Al contrario de cuando expresan “flotar”, dado que, la palabra para los estudiantes significa “Empujar hacia arriba”. En este argumento, se piensa que si la posición en la que tiende un cuerpo a caer se extiende, es posible que su peso se distribuya a lo largo del cuerpo, en ese orden, sería más partes del cuerpo tratando de contrarrestar la fuerza del agua, pero si cada parte no posee el suficiente peso, sea en el lugar que sea del agua que se ponga el cuerpo, tenderá a ir hacia arriba, un ejemplo de ello es cuando afirman, sobre la caída de las dos cajas y la persona, que:

“El más pesado se irá al fondo, si los otros no tienen el suficiente peso, subirán a flote”

“la presión del agua empujaría a los de mayor tamaño hacia arriba si no posee el suficiente peso para contrarrestarla”

Existen palabras dentro de la forma de hablar de los estudiantes sobre la caída de los cuerpos que merecen otros ejercicios sobre el fenómeno para poder establecer conceptualmente a qué hacen referencia, como el caso de la expresión “liviano”, dado que, en ocasiones está relacionada como una característica del cuerpo y en otros casos, a efectos producidos por el medio al cuerpo. De esta manera, hasta este momento estas palabras poseen, dentro del fenómeno, una dualidad conceptual, pero es posible que en las actividades posteriores estas formas de hablar de la caída permitan centrar algunos conceptos sobre las palabras duales o en efecto, desaparezcan al no poseer soportes conceptuales sobre los cuales posicionarlas.

De acuerdo con estas disposiciones, organizaciones y análisis de un primer momento de estudio sobre la caída de los cuerpos, es necesario que, bajo los planteamientos de los estudiantes, se organicen formas en las cuales ellos puedan profundizar en consideraciones que han quedado marcadas en las respectivas socializaciones. Tal hecho, supone un ejercicio tangible frente al fenómeno de estudio que permita observar los hechos que suceden en una caída real.

4.2 Fase II: Interacciones en la caída

De acuerdo con las organizaciones presentadas por los estudiantes en la fase I, se ha planeado, para la fase II:

En primer lugar, estudiar de manera general el cuerpo que cae. En la fase I, los estudiantes han privilegiado el hecho de pensar en que: cuando un cuerpo cae sus acciones, en parte, son por el peso que posee. Sin embargo, estas ideas relacionan otras características particulares del cuerpo en la caída, dado que, el tamaño, la forma y la posición de caída afectan el descenso. Como se expresó en la tabla de actividades (ver tabla 2) se abordará en la fase II diferentes características del cuerpo que participan en una caída.

En segundo lugar, durante la primera fase, cuando se plantea la situación donde el cuerpo y las dos cajas están en el agua, se observa que los estudiantes dan preponderancia al medio y sus acciones, tal motivo sugiere una interacción entre el cuerpo y el lugar donde se realice la caída (medio). Como se muestra en la tabla de actividades (ver tabla 5) en la segunda fase se presenta la posibilidad de estudiar el medio donde se realice la caída, esto por las ideas expresadas por los estudiantes, tanto porque en esta investigación se ha planteado importancia de configurar caídas en medios que ofrecen resistencia.

De esta manera, se toman los objetivos y las sesiones planteadas en la tabla de actividades y se añaden acciones puntuales para cada sesión de trabajo, la cual permite reflexionar frente a:

- El cuerpo que cae
- El medio donde se realiza la caída
- Las relaciones y afectaciones entre cuerpo y medio

Permitiendo que los estudiantes puedan caracterizar la caída de los cuerpos a partir de las observaciones individuales de los elementos que participan dentro del fenómeno.

Tabla 5. Propuesta para el estudio del Cuerpo, del medio y sus interacciones dentro del fenómeno de la caída de los cuerpos

Fase II	Secciones	Objetivo de aprendizaje	Objetivo de enseñanza	Objetivo en el trabajo de grado	Actividades
Interacción entre el cuerpo y el medio (Acciones de los estudiantes para describir la caída)	Caída de cuerpos en un medio (Reconozcamos qué cae).	• Reconocer las características intrínsecas (peso, volumen, densidad, etc.) que componen el cuerpo que cae. • Diferenciar la caída de cuerpos con características similares. • identificar si todos los cuerpos caen.	• Distinguir el cuerpo y el medio como los elementos que participan en una caída.	• Construir y diseñar actividades para que los estudiantes puedan distinguir qué características del cuerpo y el medio participan en una caída.	• Experiencia sobre el tamaño y el peso del cuerpo. • Experiencia sobre la forma y el peso del cuerpo. • Lectura de contexto histórico.
	Acciones de medios sobre un cuerpo (Reconozcamos donde se realiza la caída).	• Reconocer las características intrínsecas (peso, volumen, densidad, viscosidad, etc.) que componen el medio donde cae el cuerpo. • Diferenciar la caída de un cuerpo en medios con diferentes características.	• Diferenciar las características del cuerpo y del medio que interactúan en la caída. • Comprender la caída como afectaciones que se presentan entre características del	• Poner en evidencia que si las características del cuerpo cambian entonces la caída cambia. • Poner en evidencia que si las características del medio cambian entonces la caída cambia.	• El medio • Ordenando el medio • Densidades

	Afectaciones del cuerpo y el medio en la caída (Relaciones de densidades en la caída).	• Identificar que la densidad del cuerpo afecta la caída. • Identificar que la densidad del medio afecta la caída.	medio y el cuerpo desde la densidad.		• Lectura de contexto histórico. • Dependencia en la caída.
--	---	---	---	--	--

Fuente: Elaboración propia

4.2.1 Reconozcamos qué cae

En esta parte de la fase, se plantea una experiencia perceptible para los estudiantes en la cual se puedan elaborar cuerpos con características específicas, una de las características que se sugiere es que deben ser de forma geométrica regular (esferas, pirámides, cubos, cilindros, etc.). Para tal ejercicio se propone organizaciones de acuerdo con lo planteado en alguna de las ideas de la fase I.

Para cada estudio se diseñan uno o dos procedimientos asociados a relacionar particularidades del cuerpo con la manera de caer, pero para centrar las ideas que los estudiantes construyen en la actividad propuesta, se elaboran preguntas específicas sobre el cuerpo en la caída.

Tamaño y peso: Estas características pretende poner en evidencia qué ocurre con el cuerpo que cae: si se varía su peso, pero se mantiene su volumen o si se varía su volumen, pero se mantiene su peso, incorporado a otras características del cuerpo como su forma. En este proceso, los estudiantes elaboran cuerpos de icopor (Poliestireno), plastilina, madera, y de semillas de algunos árboles, los dejan caer primero en el aire y luego los ponen en agua (emulando la propuesta de la fase I) y se solicita que se haga un registro de lo que sucede con los cuerpos cuando se someten a las caídas. (Ejemplo: Anexo dos, Guía 2.)

Cuando se estudia la caída en la cual a los cuerpos creados se les varía su peso, pero se mantiene su misma forma y volumen, los estudiantes piensan que:

Tabla 6. Predicciones y observaciones sobre la caída de cuerpos con diferentes pesos, pero igual tamaño y forma.¹⁰

Cuerpos esféricos	Predicción	Observación
Plastilina	G₁ y G¹¹₃: “Este cuerpo no cae porque posee muy poco peso para bajar” G₂: “Es posible que caiga porque su material es impermeable” G₄: “Debería bajar por el peso y el material”	G₁ y G₄: “Cae rápido, por el peso” G₂: “El cuerpo baja golpeando las paredes de lado a lado” G₃: “Cae rodando”
Silicona	G₄: “Cae porque su peso, al igual que la plastilina, es suficiente; además no es hueco por dentro” G₂: “Creemos que cae un poquito, pero se devuelve porque es más fuerte la presión del agua que el peso del cuerpo” G₁ y G₃: “Queda sobre el agua porque es muy liviana”	G₂: “No cayó porque de pronto por dentro no sea como lo estamos viendo por fuera” G₄, G₁ y G₃: “No cayó por ser liviano”
Icopor	G₁ y G₃: “No debería caer porque es más liviano que la silicona y ella no cayó” G₂: “lo que hace que no caiga a parte de su peso, es la fuerza del agua porque en el aire cae normal” G₄: “El material hace que sea liviano por eso no cae”	G₁, G₂, G₁ y G₃: “Es muy liviano para caer por su material”
Semilla de árbol	G₃: “No sabemos que posee por dentro, pero debería caer porque el peso es suficiente” G₂ y G₁: “Cae rápido por el peso” G₄: “Creo que no cae si por dentro es hueco”	G₂: “No cae porque normalmente las semillas no están compuestas por material compacto, por dentro tiene unas pepitas muy pequeñas” G₁, G₃ y G₄: “la presión del agua es más fuerte que el peso del cuerpo”

Fuente: Elaboración propia

¹⁰ En esta tabla se presenta la totalidad de predicciones grupales de los estudiantes.

¹¹ Para registrar las diferentes ideas sobre el fenómeno de la caída de los cuerpos al realizar la actividad experimental, se utiliza la nomenclatura G para referenciar los comentarios grupales de los estudiantes recuperados por medio de audios.

Ahora bien, para construir cuerpos con la misma forma, con el mismo peso, pero de diferentes tamaños, se sugiere a los estudiantes tomar como referencia el peso de alguna de las esferas que no cayó en el procedimiento anterior. De acuerdo con esto, los estudiantes eligen la esfera de silicona y realizan las otras, pero antes de dejarlas caer como se insinúa en el procedimiento, intuyen sobre el hecho de la caída que:

Tabla 7. Predicciones y observaciones sobre la caída de cuerpos con diferentes tamaños, pero iguales pesos e iguales formas¹²

Cuerpos esféricos	Predicción	Observación
Plastilina	G₄: “Creemos que no caerá porque tiene el mismo peso de la esfera de silicona y según el peso es quien permite la caída” G₂: “Debería caer porque el material influye en la estructura y como es maciza caerá” G₁ y G₃: “Caen porque su material, el peso es suficiente para que lo haga”	G₁ y G₂ y G₃ y G₄: “Cayó porque su estructura es maciza, muy espesa en cuanto a la formación de la masa”
Silicona	G₁ y G₂ y G₃ y G₄: “Ya vimos que no cae, creemos que es por su composición”	G₁ y G₂ y G₃ y G₄: “No cayó por su material porque el cuerpo se ve macizo, pero si pudiéramos detallarlo más de pronto es poroso eso no deja que caiga”
Greda cubierta de parafina	G₁ y G₃: “Debería caer porque la composición es sólida como la plastilina y tienen el mismo peso” G₂ y G₄: “Debería caer porque el material que es compuesto por fuera es impermeable y por dentro	G₁ y G₂: “Cayó golpeando las paredes del tubo” G₃ y G₄: “Cayó lentamente hasta el fondo, a medida que bajaba parecía que iba más lento”

¹² En esta tabla se presenta la totalidad de predicciones grupales de los estudiantes.

	es macizo dándole el suficiente peso”	
Parafina	G₂ y G₃: “Cae porque los sostuvimos en la mano junto a la plastilina y parecían iguales solo cambiaba su material” G₁ y G₄: “No cae porque a pesar de tener el mismo peso de la plastilina su material es diferente y eso influye en la caída”	G₃ y G₁: “No cae porque al igual que la silicona este material parece ser macizo, pero como que no por eso no cae” G₄ y G₂: “No cae porque su material al chocar con el agua no supera su fuerza”

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con estos procedimientos para hacer referencia a la forma y al tamaño, los estudiantes en sus predicciones estiman, de acuerdo con los materiales utilizados, que un cuerpo que se ponga en consideración para una caída, es posible que la realice de acuerdo con diferentes factores que lo componen aparte de su peso, como es el caso del material.

Por último, de acuerdo con algunas ideas que los estudiantes plantearon sobre características del cuerpo que influyen en la caída, se estima el siguiente procedimiento.

Forma y peso: Esta característica intenta poner en evidencia qué ocurre con el cuerpo que cae: si se construyen cuerpos de diferentes formas, con igual volumen, con igual peso. Sin embargo, para esta experiencia, se sugiere a los estudiantes elaborar cuerpos de un solo material con el fin de controlar el hecho de que sí se realice la caída, tanto en el aire como en el agua. Para el desarrollo de la actividad se mantiene la misma organización para realizar los registros sobre lo que sucede con el cuerpo en la caída. (Ejemplo: Anexo dos, Guía 2)

Cuando se elaboran cuerpos con diferentes formas, igual peso e igual volumen, y se ponen a disposición para ser lanzados, los estudiantes consideran en sus predicciones que:

Tabla 8. Predicciones y observaciones sobre la caída de cuerpos con diferentes formas, pero iguales pesos e iguales tamaño¹³

Cuerpos de igual material (Plastilina)	Predicción	Observación
Pirámide	G ₂ y G ₃ : “Cae dando giros porque tiene un lado más amplio que el otro” G ₁ y G ₄ : “cuando se ponga en el agua va a dar la vuelta quedando la punta hacia abajo eso hará que caiga muy rápido”	G ₁ y G ₂ : “Bajó estrellándose con las paredes del tubo” G ₃ y G ₄ : “Bajó tambaleándose y muy lento”
Cubo	G ₂ y G ₄ : “Dado que todos sus lados son iguales este debe caer sin dar giros y rápido” G ₁ y G ₃ : “Cae rebotando por las paredes y muy lento porque sus lados son iguales”	G ₃ y G ₄ y G ₁ y G ₂ : “cayó más lento que la pirámide a pesar de tener el mismo peso, además girándose”
Esfera	G ₂ y G ₃ y G ₁ y G ₄ : “Ya vimos que cae dando giros, rebotando por las paredes y muy rápido”	G ₂ y G ₃ y G ₁ y G ₄ : “no hubo cambios en su caída, solo cayó más rápido que las anteriores”
Cilindro (Área transversal circular)	G ₃ y G ₄ : “Depende de cómo lo lancen, si va acostado, cae lento, si va vertical cae lento” G ₂ y G ₁ : “Independiente de cómo se lance cae lento, pero si va horizontal baja dando giros”	G ₂ y G ₃ y G ₁ y G ₄ : “Se lanzó vertical, pero el mismo cuerpo cambio su forma de caída a horizontal, dio giros y rebotó con las paredes, cayó más lento que la esfera”

Fuente: Elaboración propia

Las predicciones, hasta este momento, sobre los hechos que permiten poner en evidencia supuestos sobre el cuerpo que cae, han dado pie a la realización de las diferentes experiencias,

¹³ En esta tabla se presenta la totalidad de predicciones grupales de los estudiantes.

las cuales dejaron vislumbrar organizaciones sobre el fenómeno de estudio bajo estimaciones propias de los estudiantes.

En la siguiente tabla se presentan algunas ideas de los estudiantes sobre lo que sucedió en cada una de las experiencias. Pero, en este caso la socialización está dirigida a encontrar elementos puntuales sobre cada evento experimental, dado que, la tabla pretende mostrar comparaciones sobre las diferentes socializaciones, se especifican preguntas planteadas por el docente que tratan de relacionar todos los hechos, sin embargo, existen preguntas, para algún procedimiento, que no aplica dado la conformación del procedimiento.

Tabla 9. Socialización de ideas alrededor de cuerpos que caen con diferentes pesos, pero igual tamaño y forma¹⁴

Pregunta directriz	Relaciones de dependencia entre magnitudes que describen la caída	Diferentes pesos, igual tamaño y forma	Diferentes tamaños, igual peso y forma	Diferentes formas, igual peso y tamaño
Si todos los cuerpos poseen diferentes pesos, ¿por qué no todos caen?	Relación: Estructura del cuerpo – fuerza del medio. Relación: Peso del cuerpo – presión del medio. Consistencia de los cuerpos Material macizo o poroso Relación: Material del cuerpo – fuerza del agua Relación en el cuerpo: Material – tamaño	E₈: “El material debe influir porque es lo que compone al cuerpo y le da masa para que caiga” E₁₅: “Si el cuerpo es hueco por dentro es muy débil para superar la fuerza del agua” E₃: “Porque son materiales diferentes. El material es lo que compone al cuerpo, para mí que es quien da el peso suficiente para que pueda bajar”	E₁₅: “Creo que es por el material que están compuestos porque es lo que da peso, pero como eran iguales los pesos, entonces si el material es hueco, aunque a simple vista no se vea, no caerá” E₆: “Porque el cuerpo no solo posee peso debe tener otras propiedades como el material que no permite que caiga” E₁₃: “Porque su material no es favorable para la caída” E₈: “La única forma que caiga es que el material sea macizo para sobre pasar la fuerza del agua, de lo contrario debe flotar” E₁₇: “Tienen diferentes tamaños porque los	No aplica

¹⁴ En esta tabla se presentan sólo la participación de los estudiantes que se utilizarán como ejemplo de los análisis realizados, la totalidad de respuestas se presentan en el anexo uno.

			materiales más livianos necesitan de más masa para poder caer”	
Si todos los cuerpos poseen el mismo peso, ¿por qué caen de diferente manera?	Relación: Forma del cuerpo – forma de caer Relación: Forma del cuerpo – Velocidad en la caída La fuerza de la presión del agua influye en la caída del cuerpo.	No aplica	No aplica	E₁₅: “La forma del cuerpo influye en la caída, dado que, de acuerdo con esta el cuerpo puede caer girando, rebotando o haciendo un vaivén en su forma de caer” E₁₀: “La forma del cuerpo influye en la velocidad, porque algunos caen más rápidos que otros” E₂: “La forma del cuerpo provoca que los cuerpos giren, bajen derecho o dando botes contra las paredes del tubo” E₁₇: “La forma del cuerpo provoca diferentes velocidades” E₁₂: “la fuerza del agua hace presión sobre el cuerpo dependiendo de su forma”

¿Qué diferencias se observan en su caída?	Relación: Tamaño del cuerpo – velocidad de caída Relación: Forma del cuerpo – forma de caer Relación: Forma del cuerpo – velocidad de caída		E15: “A pesar de poseer iguales pesos el de mayor tamaño se demoró más en bajar”	E3: “cayeron con distintas velocidades por la forma que poseía cada cuerpo” E14: “Las formas de cada cuerpo eran distintas, por tal motivo, caían con distintos tiempos”
¿Qué harías para que todos los cuerpos caigan?	Relación: Estructura – peso. Material necesario para que caiga. Relación: Tamaño del cuerpo – velocidad de caída.	E18: “Mezclaría los cuerpos con otro material para darles peso” E5: “Utilizaría un solo material que pudiera caer como la plastilina” E8: “Pondría cuerpos con materiales parecidos a la plastilina”	E4: “Su material era diferente de pronto eso hizo que bajara uno más lento que el otro”	No aplica
¿Qué conclusión puede obtener de esta actividad?	Relación: Material – peso. Influencia del material en la caída La contextura del cuerpo depende del material.	E2: “Qué el material del que esté hecho los cuerpos proporciona peso para que caiga” E1: “El material influye en la caída porque es como está compuesto el cuerpo”	E3: “En la caída no influye el peso directamente, sino el material del cual esté compuesto el cuerpo” E12: “Que la composición del cuerpo es un factor que incide en la caída”	

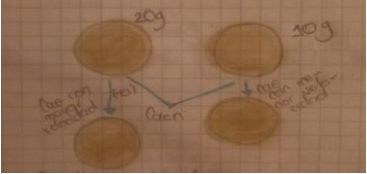
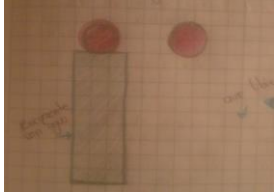
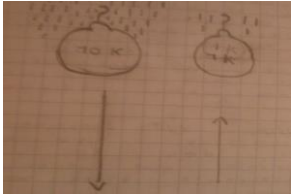
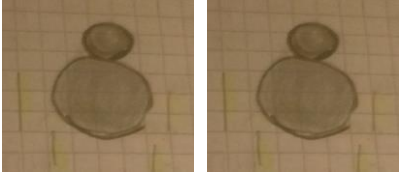
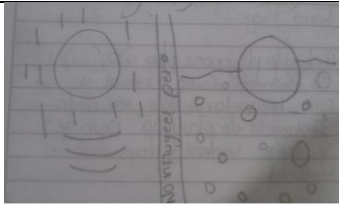
Fuente: Elaboración propia

Estas organizaciones sobre el cuerpo que se han encontrado de manera individual a través de las actividades experimentales y que se enuncian en las diferentes socializaciones, centran la posibilidad de establecer ciertas discusiones sobre los hechos hallados y sus posibles relaciones dentro de la caída de los cuerpos. Pero, para dar peso hacia las formas que tienen los estudiantes de referirse sobre lo que sucede en el fenómeno, se acude a la introducción de nociones históricas sobre los hechos que relacionan características del cuerpo que cae.

Estos acercamientos históricos están puestos sobre las ideas de Galileo en “Diálogos acerca de dos nuevas ciencias”, trabajo que ha servido para organizar una aproximación fenomenológica sobre la construcción de la caída a lo largo de la investigación. Particularmente se acude al fragmento en donde Galileo, a partir de las ideas de Aristóteles, contrasta y construye sus ideas sobre el fenómeno.

Lectura de contexto histórico: Los estudiantes aceptan, hasta este momento, que en la caída si se trata de caracterizar aquello que cae entonces su forma, su tamaño, su material y el peso pueden definir cómo sería la caída en un determinado medio. Sin embargo, de acuerdo con algunas afirmaciones sobre la caída, los estudiantes no dejan de pensar en el lugar donde se lleva a cabo el suceso, dado que admiten que este lugar (medio) ejerce cierta presión o fuerza sobre lo que cae, determinando, de alguna manera, si el cuerpo cae o no y, además, posee una gran influencia en la velocidad de caída.

En esta actividad los estudiantes leen fragmentos de los textos escritos por Aristóteles y Galileo como se muestra en el Anexo dos, Guía 3. Se les plantea representar lo que ellos entienden de la lectura y expresar sus ideas en relación con lo expuesto por ambos personajes. De acuerdo con la propuesta los estudiantes estiman:

Observaciones de los estudiantes sobre la caída de Aristóteles	Representaciones sobre la caída de Aristóteles	Observaciones de los estudiantes sobre la caída de Galileo	Representaciones sobre la caída de Galileo
G ₁ : “Los cuerpos al poseer diferentes pesos caen, pero además de caer, deben tener diferentes velocidades relacionadas directamente con la cantidad de peso de cada cuerpo que cae”		G ₁ : “La caída no solo depende del peso, sino que también depende del lugar donde se lleve a cabo, que puede ser el agua o el aire. Dependiendo donde caiga entonces cae rápido o lento”	
G ₂ : “Según Aristóteles entre mayor peso más debe aumentar la velocidad de caída del cuerpo y siempre tendrá que ir hacia abajo atraído por el centro de la tierra, en cambio cuando el peso es menor tiende a ir hacia arriba como si el aire hiciera una especie de resistencia por eso se ve lento”		G ₂ : “En la primera caída al ser el cuerpo que va por delante más grande que el otro, toda la oposición que puede hacer el aire a los dos cuerpos, solo se la hace al primero. Por lo tanto, ni el peso ni la velocidad del segundo cambia” “En cambio para la segunda caída, al ser el cuerpo que choca con la oposición del aire más pequeño, el aire si toca al otro cuerpo, entonces cambia su velocidad y su peso”	
G ₃ : “Como el móvil dos tiene más gravedad que el móvil uno se van a mover a diferentes velocidades, las cuales guardan entre sí la misma proporción de sus respectivos pesos”		G ₃ : “En la caída no importa el cuerpo, sino el medio donde se lleve a cabo la caída” G ₄ : “El cuerpo afecta al medio en el que cae, pero el medio también afecta al cuerpo en la caída”	

G4: “Para Aristóteles el peso está relacionado con la velocidad, entre mayor sea el peso más rápido atraviesa el aire que atraviesa, llegando al suelo en un menor tiempo”			
---	---	--	--

Tabla 10. Representación de los estudiantes sobre la caída de los cuerpos según Aristóteles y Galileo. (Fuente: Cuadernos de los estudiantes)

De acuerdo a la lectura realizada, los estudiantes encuentran que: para Aristóteles lo importante en la caída es centrar la mirada en el cuerpo, mientras que para Galileo la importancia sobre el fenómeno puede variar dependiendo qué se desee observar si el medio o el cuerpo, estableciendo, por ejemplo, que si el medio varía la caída debe variar.

Por último, de acuerdo con la lectura que se llevó a cabo con los estudiantes sobre las ideas de Aristóteles y Galileo y las organizaciones que los estudiantes han venido realizando sobre el cuerpo que cae por medio de las diferentes actividades experimentales, se realiza una socialización en la cual se comparan los hechos expuesto por los pensadores y los del aula; permitiendo, implícitamente, imponer sus ideas, ampliar las de la lectura o si por el contrario se quedan con una de las dos propuestas ya establecidas sobre el cuerpo que cae.

Tabla 11. Comparación de ideas sobre la caída de cuerpos.

Aristóteles	Galileo	Estudiantes
“Los cuerpos pesados se dirigen hacia el centro de la tierra y los livianos se alejaban, por consiguiente, el peso era el centro de su teoría” “Entre más pesado sea el cuerpo más rápido debe bajar” “Todos los cuerpos caen de acuerdo a su peso, los más pesados bajan de manera recta y los menos pesados caen haciendo diferentes movimientos”	“En la caída no solo importa el cuerpo y su peso, sino también el medio donde se lleve a cabo la caída, dado que, la velocidad no se puede aumentar o disminuir si no es haciendo fuerza u oponiéndose al movimiento” “A un cuerpo que cae se le añade otro peso, este nuevo peso no aumenta el del anterior en la caída” “Las velocidades de caída no están relacionadas directamente con el peso del cuerpo, sino con el medio en el que cae el cuerpo”	E₅: “Pienso que la caída la compone el cuerpo y el medio, pero en el cuerpo no solo actúa el peso, también intervienen: su forma, volumen y material” <u>E₈: “El ambiente en el que se dé la caída es fundamental porque de esto también depende como caiga”¹⁵</u> <u>E₁₃: “No estoy de acuerdo con Aristóteles porque la forma o el tamaño también inciden en si cae o no, pero tampoco estoy de acuerdo con Galileo porque al quitar o aumentar peso al cuerpo, este se ve obligado a aumentar o disminuir su velocidad”</u> E₁: “Tanto Aristóteles como Galileo tenían razón, pues los cuerpos caen de acuerdo a su

¹⁵ Estas respuestas se encuentran subrayadas porque contienen elementos del lenguaje contextual de los estudiantes, los cuales sirven para organizar el segundo nivel de análisis propuesto: El trasfondo contextual y conceptual detrás de las expresiones de los estudiantes.

		peso, pero también por su forma y en el lugar donde se lleve a cabo el descenso” E₁₂: “Galileo tiene razón porque el medio influye, pero le faltó decir que con relación al cuerpo que cae el material, su forma y tamaño también actúan. Por otro lado, el medio influye porque si es muy denso su rapidez cambia” <u>E₉: “Después de todas las actividades experimentales se ha concluido que, en la caída de un cuerpo influye el medio y su material porque puede que este determine qué tanta fuerza le hace al cuerpo que intenta atravesarlo”</u>
--	--	---

Fuente: Elaboración propia

En general, el desarrollo de estas actividades experimentales y la lectura en el aula para reconocer qué cae, permitieron a los estudiantes observar ciertas particularidades en el descenso de un cuerpo producto de relaciones y afectación de las características que lo componen, posibilitando organizar la caída desde el cuerpo que cae.

3.2.1.1. Primer nivel de análisis: Qué dicen mis estudiantes cuando hablan del cuerpo que cae.

En esta ocasión se pretende organizar las ideas de los estudiantes entorno al cuerpo que cae, tal motivo sugiere, encontrar y organizar las formas en las cuales ellos entienden la caída como un conjunto de posibilidades a través de la caracterización del cuerpo. De esta manera, los estudiantes identifican en el cuerpo que cae, de acuerdo a la influencia dentro del fenómeno, lo siguiente:

- El material del cual está hecho el cuerpo
- La forma del cuerpo
- El tamaño del cuerpo

En relación con el material del cual está hecho el cuerpo: los estudiantes comentan, de acuerdo a las experiencias perceptibles realizadas que, la estructura de un cuerpo está dada por el material del cual esté compuesto, por consiguiente, debe influir en la caída.

“El material influye en la caída porque es como está compuesto el cuerpo”

“El material debe influir porque es lo que compone al cuerpo y le da masa para que caiga”

“[...] El material es lo que compone al cuerpo, para mí que es quien da el peso suficiente para que pueda bajar”

Algunos estudiantes consideran que la masa influye en la caída, mientras que otros estudiantes considera que la influencia es del peso y no de la masa; juntas son características del cuerpo que permite que caiga.

Por otro lado, algunos estudiantes consideran que la consistencia del material: maciza o porosa, es lo que permite que los cuerpos caigan, dado que, de acuerdo a su consistencia puede que supere o no la fuerza del medio.

“La única forma que caiga es que el material sea macizo para sobrepasar la fuerza del agua, de lo contrario debe flotar”

“Creo que es por el material que están compuestos porque es lo que da peso, pero como eran iguales los pesos, entonces si el material es hueco, aunque a simple vista no se vea, no caerá”

“Si el cuerpo es hueco por dentro es muy débil para superar la fuerza del agua”

En ese sentido, se considera que solo se puede lograr la caída si el cuerpo es macizo, esto es, se advierte una consistencia uniforme sobre el cuerpo. Por el contrario, si el cuerpo es poroso, aunque a simple vista no sea perceptible ver la porosidad, entonces esto hará que el cuerpo no caiga porque al ponerlo sobre la superficie del agua, al poseer una condición hueca, pierde la fuerza necesaria para sobrepasar la presión del medio.

De acuerdo con la forma del cuerpo en la caída: Sobre la influencia de la forma del cuerpo, los estudiantes han observado una relación de dependencia en dos vías: una que relaciona la forma de caer del cuerpo y, la otra, de acuerdo a la velocidad en la caída.

De acuerdo con la experiencia, los cuerpos, según los estudiantes, pueden caer: dando giros, rebotando o en una forma zigzagueante durante el proceso de caída de acuerdo con la forma que posean.

“La forma del cuerpo influye en la caída, dado que, de acuerdo con esta el cuerpo puede caer girando, rebotando o haciendo un vaivén en su forma de caer”

“La forma del cuerpo provoca que los cuerpos giren, bajen derecho o dando botes contra las paredes del tubo”

De igual forma, para el aula, el cuerpo posee diferentes maneras de caer y diferentes velocidades de acuerdo a su forma.

“La forma del cuerpo influye en la velocidad, porque algunos caen más rápidos que otros”

“la fuerza del agua hace presión sobre el cuerpo dependiendo de su forma”

“La forma del cuerpo provoca diferentes velocidades”

Sobre el tamaño del cuerpo: Para los estudiantes la influencia del tamaño no es directa hacia la caída, pero influye en el hecho de que el cuerpo al poseer mayor tamaño deberá tener mayor peso para poder caer:

“Tienen diferentes tamaños porque los materiales más livianos necesitan de más masa para poder caer”

También se deduce que, para los estudiantes, un cuerpo grande se demora en bajar porque su cuerpo al ser de dichas proporciones, no posee el suficiente peso concentrado para caer rápido:

“A pesar de poseer iguales pesos el de mayor tamaño se demoró más en bajar”

De esta manera, los estudiantes aceptan, hasta este momento que, en la caída si se trata de caracterizar aquello que cae entonces su forma, su tamaño, su material y el peso pueden determinar cómo sería la caída en un determinado medio.

3.2.1.2. Segundo nivel de análisis: El trasfondo contextual y conceptual detrás de las expresiones de los estudiantes para el cuerpo que cae.

Hasta este punto, se ha tenido la necesidad de detallar qué expresan los estudiantes detrás de algunas palabras puntuales, sin embargo, al caracterizar el cuerpo, los estudiantes contextualizan ideas sobre la caída que determinan una ampliación en su comprensión, pues, por ejemplo, expresan que:

“El ambiente en el que se dé la caída es fundamental porque de esto también depende cómo caiga”

De acuerdo con esta consideración, los estudiantes han dado por sentado el hecho de que, a pesar de estudiar el cuerpo, al caracterizarlo, sólo se puede hablar de un proceso de caída si se tiene en cuenta el lugar donde se lleve a cabo, como cuando expresan la consideración del “ambiente”.

Por otro lado, asumen una posición de validación hacia sus propias organizaciones de la caída, expresando “no estar de acuerdo” con ideas que se han estado establecido en la historia, cuando afirman, por ejemplo:

“No estoy de acuerdo con Aristóteles porque la forma o el tamaño también inciden si cae o no, pero tampoco estoy de acuerdo con Galileo porque al quitar o aumentar peso al cuerpo, este se ve obligado a aumentar o disminuir su velocidad”

Esta discrepancia con ideas establecidas sobre la caída como la de Aristóteles, permite que los estudiantes pongan de presente ideas de su propia experiencia hacia el fenómeno, por ejemplo, el hecho de que la fuerza que realiza el cuerpo al medio es quien constituye el descenso de un cuerpo en una caída.

“Después de todas las actividades experimentales se ha concluido que, en la caída de un cuerpo influye el medio y su material porque puede que este determine qué tanta fuerza le hace al cuerpo que intenta atravesarlo”

Estas ideas que los estudiantes configuran al abordar la cuestión por ¿cómo se presenta la caída de un cuerpo?, a partir del estudio del cuerpo, ponen de manifiesto que los medios ofrecen resistencia a los cuerpos durante la caída.

4.2.2 Reconozcamos dónde se realiza la caída

En esta parte de la fase, se plantea caracterizar y reconocer el lugar en el cual se lleva a cabo la caída. De esta manera, se disponen para tal estudio tres actividades, como se muestra en la tabla expuesta para el desarrollo de la fase II (ver tabla 5).

- El medio
- Ordenando el medio
- Densidades

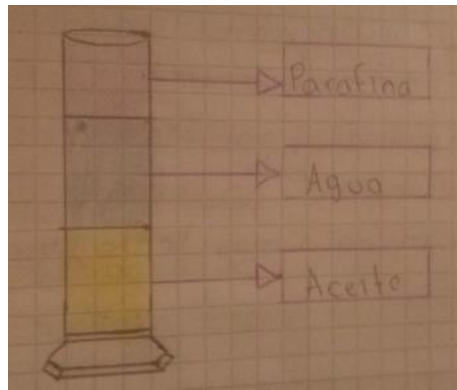
Antes de realizar cada actividad previamente se había escogido un cuerpo particular de acuerdo a la rapidez de su caída, como se muestra en el anexo dos, Guía N° 3. Luego de haber elegido las esferas, se dispuso de ciertos fluidos (Agua, Aceite, Alcohol, Parafina) como medios en los cuales se dejan caer las esferas, dado que son líquidos que permiten observar el proceso de caída.

A partir de estos hechos, se llevaron a cabo cada una de las actividades.

El medio: la actividad propuesta comprendía una experiencia en la cual se entregaba a cada grupo cuatro esferas particulares (de: 7g, 14g, 21g, 28g, 35g) del mismo material, que debían ser puestas en cada medio (Agua, Aceite, Alcohol, Parafina) y registrar el peso de cada cuerpo, el tiempo de caída y cómo caía, como se muestra en el anexo dos, Guía N° 4.

Ordenando el medio: En esta actividad se propuso una experiencia que permitiera organizar los medios en relación con el tiempo de caída de una de las esferas trabajadas en la actividad anterior, como se muestra en el anexo dos, Guía N° 5. A cada grupo se entregó una esfera diferente de manera aleatoria, encontrando, por ejemplo, que, para la esfera de 14,34g se presenta una organización de líquidos a partir de ver la rapidez de caída del cuerpo, estimando que en el medio que observa mayor rapidez del cuerpo es en la parafina, seguido por el agua, terminando con el aceite.

Esquema 11. Organización de líquidos de acuerdo al tiempo de caída de una esfera



Fuente: Cuaderno de los estudiantes

Densidades: En esta actividad se plantearon varios procedimientos: uno descriptivo y otro cuantitativo. En el descriptivo, se pedía observar cómo quedaban organizados los líquidos cuando se introducían a una probeta; mientras que, en los cuantitativos, se solicitaba encontrar los valores numéricos de la densidad para cada líquido de manera experimental, como se muestra en el anexo dos, Guía N° 5. De acuerdo a lo planteado se encuentra:

Esquema 12. Organización de los medios de forma perceptible y numérica¹⁶



Medios	Densidades experimentales
Agua	1g/cm ³
Aceite	0,95g/ cm ³
Alcohol	0,88g/ cm ³
Parafina	0,80g/ cm ³

Fuente: Elaboración propia

Estas observaciones permitieron a los estudiantes contemplar otras posibilidades frente al medio y sus eventuales efectos en la caída, las cuales sustentan una manera de describir el fenómeno.

4.2.2.1 Primer nivel de análisis: Qué dicen mis estudiantes cuando hablan del medio en el que cae el cuerpo.

¹⁶ Los datos numéricos de la tabla corresponden a valores encontrados de manera experimental, siguiendo los pasos del anexo dos, Guía N° 5.

De acuerdo con las actividades propuestas los estudiantes encuentran que el medio realiza diferentes acciones sobre el cuerpo que cae.

- La resistencia del medio al cuerpo que cae
- El espesor del medio en la velocidad de caída

La resistencia del medio al cuerpo que cae: los estudiantes consideran una independencia del peso del cuerpo del hecho de que este caiga o no.

“Sabemos que una esfera no cae en el agua porque es muy liviana para sobrepasar la fuerza del medio, pero si cae en uno diferente al agua entonces el peso del cuerpo no influye en la caída”

“Si no cae en agua, pero en otros medios sí es posible que el peso influya en la caída, pero no en el hecho de si cae o no”

De esta manera, los estudiantes presumen el hecho de la existencia de una relación entre el cuerpo y el medio que especifica si un cuerpo cae, pero esta relación no está determinada de manera absoluta por el peso.

El espesor del medio en la velocidad de caída: por otro lado, el aula considera una relación espesor del medio – velocidad, dado que, si el medio es muy espeso los cuerpos posean diferentes velocidades.

“Los cuerpos se van a demorar más en caer en el aceite que en los otros líquidos porque el aceite es más tupido que los otros”

“Los cuerpos caen con diferentes velocidades porque la consistencia del medio ejerce una fuerza sobre el cuerpo, entre más espeso sea el medio más demora en caer”

En ese sentido, la velocidad, según los estudiantes no estaría determinada por el cuerpo, sino por el medio.

4.2.2.2 Segundo nivel de análisis: El trasfondo contextual y conceptual detrás de las expresiones de los estudiantes frente al medio en la caída.

La comprensión de la caída de los cuerpos, para estos estudiantes, había guardado, hasta este momento, una relación directa con el peso del cuerpo y el hecho de que caiga, a pesar de que otras características, tanto del cuerpo como del medio se vieron expuestas en sus diferentes

organizaciones y expresiones. A pesar de ello, cuando se pone en cuestión el medio, los estudiantes se encuentran que el peso “al parecer” no influyen en si cae o no.

“Vimos que el cuerpo no cae en el agua, pero en el aceite si, y por su peso, si cae en uno, debería caer en el otro”

“Al parecer esta condición sugiere que el peso influye en otro lado de la caída y no en si cae”

A pesar de no ser la única consideración, son las que encierran las nuevas ideas acerca de la caída que se tejen en los ejercicios experimentales. Las oraciones construidas por los estudiantes cada vez son más complejas, establecen relaciones entre los experimentos realizados o las afirmaciones previamente realizadas, en éstas se encierran maneras de organizar la caída.

Cada idea plasmada sobre el cuerpo y el medio que implicarían una caída determinada, sugiere reconocer las interacciones entre los elementos que componen la caída, pues hasta este momento se consideraban de manera aislada al proceso de caída las características que se han encontrado, tanto para el cuerpo como para el medio.

De esta forma, se estima presentar en el aula una serie de posibilidades experimentales que permiten contemplar nuevos interrogantes frente al fenómeno de la caída de los cuerpos en medios que ofrecen resistencia.

4.2.3 Relación entre las densidades del cuerpo y el medio

En esta sección de la fase se planteó reconocer cómo el cuerpo y el medio interaccionan entre sí, relacionándose y afectándose de manera recíproca durante el proceso de caída.

De acuerdo con las ideas de los estudiantes cuando se caracteriza el cuerpo y el medio de manera individual, el peso no es la causa absoluta de que el cuerpo caiga. Esto conlleva a una segunda consideración: si el material es aquello que da peso, pero el peso no afecta la caída, entonces la caída de un cuerpo no es afectada por el material del cual esté hecho el cuerpo. En ese orden, es posible que las características del cuerpo y las características del medio (agua, aceite, alcohol, parafina), que se estudiaron de manera separada durante la caída, no determinen en su totalidad el fenómeno, pero tengan implicaciones. Por lo tanto, se propuso una actividad que permitiera poner en consideración si la relación entre las densidades del cuerpo y el medio actúan en la caída.

La actividad se dividió en dos partes. En la primera parte, se introdujo al aula nuevamente el texto de Galileo “Diálogos acerca de dos nuevas ciencias” con el fin de explorar algún tratamiento posible sobre la relación entre densidades. En la segunda parte, se planteó una actividad experimental que permitiera a los estudiantes determinar si la densidad del cuerpo y el medio afectan la caída. Estas actividades llevaron a los estudiantes a pensar en la caída como una serie de sucesos correlacionados de acuerdo a aquello que cae y en qué lugar lo hace.

4.2.3.1 Primer nivel de análisis: Qué dicen mis estudiantes cuando hablan de la relación entre las densidades del cuerpo y el medio.

Cuando se estudia la caída como una relación cuerpo – medio, de acuerdo con sus densidades, los estudiantes expresan que,

“En casi todos los medios los cuerpos cayeron, menos la esfera de menos masa en el agua, es posible que esto suceda porque el agua tiene densidad uno y la esfera también”

“Cuando se empezaron a realizar las caídas nos preguntábamos ¿por qué la esfera cae en el aceite y en el agua no? Ahora se puede decir que es porque la esfera posee una densidad igual a la del agua y mayor a la del aceite”

“Si tenemos cuerpos que posean igual densidad al medio, por ejemplo, cuerpo de densidad cuatro y el medio también, entonces no caerá”

“[...] Si el cuerpo posee menor densidad que el medio pasaría que no caería”

“Si las densidades son compatibles entonces el cuerpo no cae, pero si no lo son es posible que caiga dependiendo si sobrepasa la fuerza de la densidad del medio, de lo contrario, no caería”

“[...] La fuerza que hace el medio es por la densidad que posee, si esta es superada por la densidad del cuerpo entonces cae, si no entonces el cuerpo permanece en superficie de caída”

Estas interacciones sobre las densidades en la caída han hecho que en el aula se considere ¿cómo se produce la caída en algunos medios? Dado que, si estos medios ejercen fuerza, es decir, oponen resistencia a la caída, entonces el cuerpo cae si su densidad supera la del medio. Estas ideas, dejan

de lado consideraciones que los estudiantes en principio concebían sobre el fenómeno, por ejemplo, el hecho de pensar en la caída a partir de acciones netamente del peso del cuerpo.

4.2.3.2 Segundo nivel de análisis: El trasfondo contextual y conceptual detrás de las expresiones de los estudiantes frente a la interacción entre la densidad del cuerpo y la del medio

Cuando se presenta la relación entre densidades, los estudiantes hacen consideraciones amplias a sus observaciones, Por ejemplo, contextualizan el hecho de que el medio realiza acciones sobre el cuerpo y, a su vez, el cuerpo realiza acciones sobre el medio, a lo que se puede llamar un efecto de acción – reacción. Expresando para este caso puntual que,

“Si la densidad del cuerpo es más fuerte que la densidad del agua, entonces el cuerpo cae, de lo contrario no sucede”

Esta idea implica que, si la densidad del cuerpo es igual a la del medio, entonces, el cuerpo no caería porque serían densidades que estarían equilibradas. En el caso de que una densidad sea “más fuerte” que la otra, por ejemplo, la del medio superando la densidad del cuerpo, entonces, el cuerpo no debería caer.

Como vemos, los estudiantes se han apropiado de una manera que considera hechos puntuales hacia la caída, dando por entendido que las densidades del cuerpo y del medio dan cuenta de los efectos de aligeramientos del cuerpo producto del empuje del medio.

4.3 Fase III: Estudio de magnitudes en la caída de un cuerpo. La velocidad en la caída.

Hasta este momento del estudio de la caída de los cuerpos los estudiantes han organizado, de acuerdo a sus ideas e interrogantes, formas de comprender el fenómeno. Las actividades planteadas, permitieron a los estudiantes profundizar en algunos aspectos sobre los elementos que componen una caída particular, como el hecho de que el tamaño del cuerpo influye en la rapidez del movimiento que realiza. Sin embargo, al estudiar el medio, los estudiantes presumen que aquello que determina la rapidez no es el cuerpo, sino que el medio al ser tupido ejerce una fuerza variable al cuerpo la cual determina su rapidez.

Sobre la implicación del cuerpo y/o el medio en la rapidez de caída, los estudiantes han determinado múltiples factores que pueden estar relacionados en la variación de velocidad de un cuerpo a otro en un medio determinado. De esta forma, se han configurado acciones en el aula que

permitan a los estudiantes encontrar formas en las cuales expresar qué sucede con la velocidad durante el proceso de caída en medios que ofrecen resistencia, mediante el direccionamiento de los objetivos planteados con anterioridad para esta fase.

Tabla 12. Propuesta para el estudio de la velocidad en la caída de los cuerpos

Fase 3	Sección	Objetivo de aprendizaje	Objetivo de enseñanza	Objetivo del proyecto de tesis	Actividad
Estudio de magnitudes en la caída de un cuerpo. (Acciones de los estudiantes para describir la caída)	La velocidad en la caída.	• Establecer relaciones entre el medio y el cuerpo. • Organizar las diferentes caídas en relación a la velocidad.	• Organizar como se establecen las relaciones entre los cuerpos en y medios.	• Recoger las organizaciones alrededor de las diferentes velocidades que se presentan en la caída	• Los medios en acción.

Fuente: Elaboración propia

4.3.1 Los medios en acción

En esta actividad se propuso establecer la influencia del medio en la velocidad de caída, para tal ejercicio, se dejó caer una esfera con densidad superior a la de todos los medios escogidos para la experiencia, procurando que sí se llevaran a cabo las caídas. Se organizaron los medios de acuerdo a su espesor (de menor a mayor) y se dejó caer el cuerpo. Para profundizar en los análisis de los estudiantes, se propuso utilizar la herramienta Tracker¹⁷, como se muestra en el anexo dos, Guía No 6.

4.3.1.1 Primer nivel de análisis: Qué dicen mis estudiantes cuando hablan de la velocidad en la caída.

Cuando los estudiantes dejan caer el cuerpo en los medios organizados, encuentran que variando el medio varía la velocidad, y expresan:

“A medida que se cambia el medio se ve que el cuerpo va más lento”

¹⁷ Software que permite analizar diferentes movimientos dentro de la mecánica.

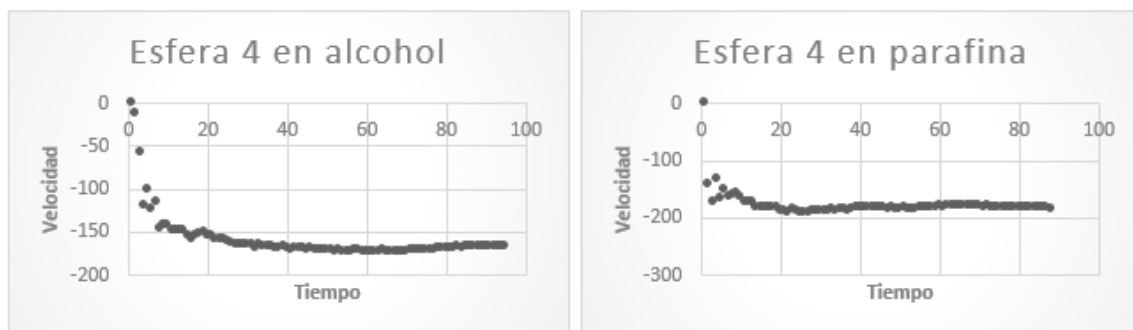
“El cuerpo no posee velocidad, la velocidad la da el medio dependiendo de si es espeso o fluido”

“Cuando se tocan los medios el más pegajoso es el que más hace que el cuerpo baje lento”

“Entre más espeso sea el medio más fuerza ejerce sobre el cuerpo, haciendo que caiga lento”

Ahora bien, cuando las diferentes caídas son introducidas en el Software (Tracker) para su análisis, de acuerdo a las gráficas que el programa arroja para las caídas como las que se muestra a continuación (Esquema 13) de una misma esfera cayendo en diferentes medios, los estudiantes establecen ciertas relaciones con gráficas de movimientos estudiadas previamente.

Esquema 13. Ejercicio de los estudiantes sobre análisis de caídas en el Software Tracker



Fuente: Elaboración propia

Así los estudiantes realizan descripciones de la información que encuentran en las gráficas, por ejemplo:

“Al moverse en cada medio, solo al principio se ven diferencias en la velocidad después recorre una línea recta horizontal”

De acuerdo a las gráficas de movimiento presentada en la guía de trabajo (ver: anexo dos, Guía No 6) los estudiantes establecen una relación entre el movimiento que describe la recta horizontal y la velocidad de caída.

“La línea recta dice que el movimiento no cambia como las gráficas de la guía”

“[...] O sea en estos medios que hacen fuerza a la caída del cuerpo, la velocidad es igual en todo el recorrido”

Además, analizando las diferentes caídas del mismo cuerpo en los diferentes medios estiman que sus velocidades varían de un medio a otro, pero en su recorrido presentan la misma disposición horizontal, es decir, presentan en un momento determinado de la caída una velocidad constante.

“[...] Cada medio da una velocidad al cuerpo que no cambia a lo largo de la caída, pero cuando se comparan con otros medios, estas velocidades sí son diferentes”

De esta manera, acuden a paralelos conceptuales establecidos para entender sus experiencias. Esta actividad les permite cuestionar la información que han tenido sobre la caída, particularmente la caída libre:

“Estos medios que hacen fuerza a la caída muestran velocidades que no cambian, pero ¿Cuándo cambia la velocidad de caída? Porque siempre habían dicho que los cuerpos caen acelerados”

Los estudiantes encuentran que no hay una única caída, pues pueden presentarse movimientos de caída acelerados o no. Si la caída de un cuerpo se presenta en medios que le ofrecen resistencia, entonces la totalidad de su recorrido no posee una aceleración, su velocidad no varía.

“[...] Entonces hay diferentes formas de caer y diferentes caídas, unas pueden ser aceleradas y otras pueden tener velocidades que no cambian en el proceso”

Estos análisis sobre las variaciones que se presentan en la caída, han llevado a que los estudiantes estimen reflexiones sobre condiciones en las cuales la caída de los cuerpos puede ser planteada con velocidades variables, es decir, acelerado y velocidades que en un momento determinado de la caída se vuelven constantes. Esto los lleva a considerar que las condiciones en que se establece el fenómeno determinan cómo cae el cuerpo.

4.3.1.2 Segundo nivel de análisis: El trasfondo contextual y conceptual detrás de las expresiones de los estudiantes frente a la velocidad de caída de un cuerpo.

En esta última etapa de desarrollo de actividad, se observa cambios más profundos en la manera como los estudiantes estiman la caída: a pesar de que el peso es algo significativo en la forma de hablar de la caída, como se vio a lo largo del ejercicio propuesto, las nuevas posibilidades de estudio, como el medio, permitieron que se incluyera en su formas de hablar relaciones de

dependencia, causalidades y procesos, los cuales especifican características puntuales sobre los elementos que configuran la caída. Esto se asume como una transformación o ampliación en la forma de considerar caídas en medios que ofrecen resistencia.

Además, con este ejercicio experimental, los estudiantes asumieron el reto de poner de manifiesto consideraciones a favor y en contra en relación con las ideas que antes del estudio se poseían, por ejemplo: el hecho de que todo cuerpo cae acelerado. En ese sentido, se escucha a los estudiantes hablando de relaciones de densidades y variabilidad de la velocidad de acuerdo al espesor del medio. Estas relaciones posibilitan otros interrogantes sobre el fenómeno, y con ellos, nuevas formas de estudio frente a la caída como cuando los estudiantes expresan que,

“¿Cómo establecer caídas donde el cuerpo siempre caiga acelerado?”

“Si las moléculas del medio se mueven en una caída ¿Es posible que esto también afecte el movimiento del cuerpo?”

En ese sentido, las posibilidades de estudio de la caída de los cuerpos se enriquecen: pueden estar pensadas sobre las organizaciones moleculares del medio donde se lleva a cabo la caída o de cambios de energía sobre el cuerpo que cae; también poner en cuestión las condiciones en las que la caída libre es posible.

Estas elaboraciones de los estudiantes dan cuenta de las comprensiones que configuran sobre el fenómeno y la necesidad de abstraer para poner en otras condiciones las situaciones de estudio.

REFLEXIONES FINALES

De acuerdo con el desarrollo de la investigación, se pueden establecer ciertas reflexiones en torno a: las implicaciones fenomenológicas en la construcción de fenómenos en el aula, las orientaciones sobre aspectos históricos en la organización de la caída de los cuerpos, y las actividades experimentales como propuesta de aula. Estas reflexiones permiten responder a los interrogantes que orientaron esta investigación: ¿Qué organizaciones elaboran los estudiantes alrededor de la caída de los cuerpos desde las actividades experimentales, como muestra de ampliación de la experiencia? y ¿de qué forma hablan los estudiantes sobre la caída de los cuerpos cuando se problematiza el fenómeno a partir de medios que ofrecen resistencia?

Sobre las implicaciones fenomenológicas en la construcción de fenómenos en el aula. En este trabajo se observó que, al apropiarse de esta mirada fenomenológica, los sujetos construyen y ordenan características puntuales del fenómeno de estudio bajo sus propios interrogantes, delimitando acciones que les permiten diseñar disposiciones experimentales y elaborar reflexiones frente a lo que observan. Por ejemplo, cuando realizaba mis organizaciones sobre el fenómeno de la caída para plantear una propuesta de aula estructuré disposiciones sobre caídas en medios que ofrecen resistencia con el propósito de hacer más visible los efectos del medio en la caída de un cuerpo y que permitiera a mis estudiantes conformar ideas sobre la velocidad del cuerpo que cae. Pero al llegar al aula, para mis estudiantes, era necesario establecer la importancia del peso en la caída.

Esto conllevó a que los escenarios pensados fueran, en principio, diferentes; mientras mis organizaciones conducían a elaborar cuerpos con densidades puntuales para establecer si descendía o no, para mis estudiantes era importante el material porque eso daba peso y es quien permite que caiga. En el caso de la velocidad, mientras mis reflexiones llevaban a organizar medios, las de mis estudiantes conducían a organizar cuerpos (pesados). Además, dado que, la actividad que se llevó al aula estaba pensada bajo mis organizaciones, era de esperar que las reflexiones de mis estudiantes fueran parecidas a las mías, sin embargo, mis estudiantes pensaron y representaron cosas distintas como el hecho de establecer las causas del descenso y la velocidad de la caída a partir de las características del cuerpo como su peso, forma y tamaño.

Sin embargo, al poner en cuestión características del medio que intervienen en la caída, los estudiantes, bajo las orientaciones pensadas, detallaron el hecho del descenso como un suceso de interacciones entre cuerpo y medio, asumiendo el estudio del fenómeno como un proceso de relaciones y afectaciones entre: el cuerpo que cae y el medio donde se lleva a cabo la caída, en ese sentido, las organizaciones y las reflexiones que se desarrollaron a partir de este momento, llevan al aula, docente y estudiante, a dialogar sobre el fenómeno desde la observación de disposiciones que detallan la caída como un proceso de interdependencia en el descenso de un cuerpo, centrando su mirada en la velocidad de caída.

De esta manera, asumir el estudio de fenómenos como la caída de los cuerpos desde la mirada fenomenológica, implica concebir el fenómeno como una totalidad que no esconde nada ante quien lo estudia, pero es particular en la medida que sólo responde a cuestionamientos de quien lo organiza. Por ejemplo, los estudiantes se preguntaban por qué características del cuerpo influían directamente en la caída, y encontraron que la forma del cuerpo posee influencia en la velocidad de caída para medios que ofrecen resistencia.

Orientaciones sobre aspectos históricos en la organización de la caída de los cuerpos. Recurrir a orientaciones históricas puntuales sobre la caída los cuerpos, específicamente las organizaciones propuestas por Galileo, permitió establecer desde qué referentes de estudio plantear la construcción del fenómeno a partir de la velocidad en la caída. Esto posibilitó profundizar en el estudio de la caída, y elaborar una propuesta de aula sobre el fenómeno.

Sobre la profundización hacia el estudio de la caída: se observó que los planteamientos de Galileo poseen las condiciones necesarias para plantear la caída desde varios frentes, por ejemplo, las implicaciones de la resistencia del medio en la caída y velocidad de un cuerpo, estimando para el caso de la caída que, el medio ofrece mayor resistencia al descenso de los cuerpos menos densos que a los de mayor densidad, puesto que, dependiendo de la proporción entre los pesos específicos del cuerpo y el medio, es posible que el cuerpo caiga o no, estableciendo que un cuerpo sólo cae en un medio que ofrece resistencia a su descenso, si su peso específico supera al peso específico del medio, en caso contrario, el cuerpo quedaría sobre la superficie del medio, sin realizar su descenso.

Sobre la propuesta experimental de estudio en el aula: ésta brinda la posibilidad de que los estudiantes configuren reflexiones sobre aspectos de la caída que pueden ser observados

directamente y desde sus propios interrogantes. Por ejemplo, en la organización de la caída en el aula se introdujeron consideraciones de Galileo sobre los efectos del medio en la caída de los cuerpos; se encontró que para los estudiantes el medio sí juega un papel fundamental, y que hay diversas perspectivas de entender esta incidencia: en cuanto a si cae o si afecta la velocidad de caída de un cuerpo. Por ejemplo, consideran que,

Para el caso del descenso:

“En casi todos los medios los cuerpos cayeron, menos la esfera de menos masa en el agua, es posible que esto suceda porque el agua tiene densidad uno y la esfera también”

“Cuando se empezaron a realizar las caídas nos preguntábamos ¿por qué la esfera cae en el aceite y en el agua no? Ahora se puede decir que es porque la esfera posee una densidad igual a la del agua y mayor a la del aceite”

Para el caso de la velocidad:

“Entre más espeso sea el medio más fuerza ejerce sobre el cuerpo, haciendo que caiga lento”

Consideraciones que ponen de presente nuevas maneras de entender el descenso de un cuerpo.

Las actividades experimentales como propuesta de aula. Cuando los sujetos, en este caso estudiantes y docente, se enfrentan a un fenómeno como la caída de los cuerpos de manera experimental, las reflexiones que se organizan sobre el fenómeno responden, en parte, a las maneras en las cuales es abordada la experiencia. Por ejemplo: en la investigación, las pretensiones estaban puestas en mostrar qué sucedía con la velocidad en un descenso sobre medios que ofrecen resistencia, se observó que las personas no sólo hablan de la velocidad, sino que establecen características, relaciones y afectaciones que sufren el cuerpo y el medio, que dan pie a la elaboración de representaciones abiertas, es decir, formas de hablar del fenómeno tal y como lo ven.

También se pudo entender por qué el ejercicio de estructuración del fenómeno en el aula estaba marcado por las articulaciones que el estudiante elabora frente a las ideas de sus compañeros, dado que, los entramados de relaciones entre sujetos posibilitan la construcción de significados que pueden ser reestructurados en la medida que se resignifican en el aula.

De esta manera, se considera que, restringir el ejercicio experimental a procesos que solo brinden la posibilidad de constatar supuestos teóricos sobre un fenómeno de estudio como el propuesto por el trabajo de Duran Rojas (2011), bajo la mirada de modelización ideal, sesga la posibilidad de involucrar las ideas de los participantes del estudio, asumiendo un fenómeno establecido con características inalterables, lo que implicaría la conformación de ideas dogmáticas hacia el fenómeno, es decir, el fenómeno es el que ya está, sus organizaciones son irrefutables, por tal motivo, solo es posible conocerlo mediante el ejercicio de verificación teórica.

Sobre las preguntas problemas puntuales de la propuesta, ¿Qué organizaciones elaboran los estudiantes alrededor de la caída de los cuerpos desde las actividades experimentales, como muestra de ampliación de la experiencia? Y ¿De qué forma hablan los estudiantes sobre la caída de los cuerpos cuando se problematiza el fenómeno a partir de medios que ofrecen resistencia? Se identificó lo siguiente:

En relación con la primera pregunta, se identificó que los estudiantes para establecer ciertas reflexiones sobre el fenómeno de estudio, la caída de los cuerpos, determinaron constituirlo a partir de la caracterización de los elementos que lo componen, cuerpo y medio, de esta manera en el aula se acude a determinar qué características influyen de manera directa en el descenso.

En principio, se observó que los estudiantes organizan el fenómeno de la caída partiendo de una característica del cuerpo: “su peso”. Ellos piensan inicialmente que éste es el que permite que caiga y además establece en qué proporción se presenta la velocidad, si lenta o rápida, por ejemplo, estiman que si el peso es mayor la velocidad es mayor. A lo largo de la construcción del fenómeno en el aula, para los estudiantes, existen otras características del cuerpo que influyen en el descenso como la forma, el material y tamaño, pero se hace notorio observar que la idea de “peso del cuerpo” es una consideración poco negociable en su transformación dentro del fenómeno, pues sólo cambia su influencia dentro de la caída. De acuerdo con estas organizaciones, para los estudiantes el “peso del cuerpo” es una condición fundamental para el estudio de la caída, debido a que es una característica que no se puede aislar en la conceptualización del fenómeno.

A pesar de ello, cuando se organizan actividades de lecturas de carácter histórico (ideas de Galileo sobre la caída) y experimental para dar cuenta de los efectos del medio, utilizando, por ejemplo, para recrear el medio: agua, parafina, alcohol, aceite, etc. En la organización de la caída, se pudo reconocer que los estudiantes identifican que las velocidades también dependen de la consistencia

del medio. En ese sentido, los efectos que se producen en una caída no solo están establecidos por el cuerpo, específicamente por su peso, sino que la caída ahora depende de características del cuerpo y el medio, como la relación entre las densidades y la viscosidad, las cuales determinan en qué condiciones cae el cuerpo.

Por otro lado, cuando se pone en cuestión la velocidad en la caída los estudiantes observan que el cuerpo cae lento o rápido dependiendo del fluido, sin embargo, cuando se analiza en detalle la caída por medio de instrumentos tecnológicos (Software Tracker), los estudiantes interpretan que: la velocidad de caída en estos medios poseen una variación intrínseca durante el proceso de descenso, dado que, observan cómo el movimiento del cuerpo cambia en la medida que atraviesa el medio, estimado que, el cuerpo comienza su descenso de forma acelerada, pero en el transcurso de la caída pasa a ser, aproximadamente, una caída con velocidad constante.

En consecuencia, las actividades experimentales que se llevaron a cabo para organizar la caída de los cuerpos en el aula, han llevado a los estudiantes a plantear sus ideas en función de relaciones y efectos dentro del fenómeno, apartándose de ideas que sólo hablan del cuerpo en el proceso de descenso, por ejemplo, consideran que, para hablar de la caída es necesario conocer en qué condiciones se presenta el fenómeno, dado que, dependiendo de estas condiciones la caída se puede organizar de diferentes maneras, ya sea, para dar cuenta del cuerpo, del medio o de sus interacciones que ilustren, como en este caso, los hechos sobre la diversidad de velocidades en la caída.

Sobre la segunda pregunta en cuestión, ¿De qué forma hablan los estudiantes sobre la caída de los cuerpos cuando se problematiza el fenómeno a partir de medios que ofrecen resistencia? Se observó que, cuando se plantean actividades donde los efectos del medio se hacen más visibles, los estudiantes acuden a formas de hablar más complejas, dado que, se hace preponderante reconocer relaciones entre características y condiciones que determinan el fenómeno, por ejemplo, expresan que:

“El ambiente en el que se dé la caída es fundamental porque de esto también depende cómo caiga”

“Si la densidad del cuerpo es más fuerte que la densidad del agua, entonces el cuerpo cae, de lo contrario no sucede”

Además, las variables que se plantean al aula para analizar algunas implicaciones dentro del fenómeno, llevan a los estudiantes a expresar ideas relacionadas con la forma de caer del cuerpo,

“Estos medios que hacen fuerza a la caída muestran velocidades que en un momento determinado no cambian y así terminan de caer”

“[...] Entonces hay diferentes formas de caer y diferentes caídas, unas pueden ser aceleradas y otras pueden tener velocidades que no cambian en el proceso”

El análisis de estas formas de hablar permite establecer maneras en las cuales el aula comprende el fenómeno, brindando la posibilidad de estructurar sistemas de estudio que introduzcan las ideas del sujeto y sus interrogantes, además, para esta propuesta, dan sentido a la organización de actividades experimentales para la introducción de aspectos puntuales de la naturaleza como la caída de los cuerpos bajo el carácter fenomenológico.

Por otro lado, en la profundidad de las formas de hablar de los estudiantes, es decir, las características lingüísticas del sujeto para expresar el fenómeno, se observa que, para esta aula; es necesario familiarizar las expresiones que condicionan la caída percibida, pues se entiende que estas maneras de hablar permiten establecer relaciones más directas entre estudiantes inmersos en un mismo contexto social, por ejemplo, esta aula comprendida en un contexto social rural es notorio encontrar expresiones como:

“Los cuerpos se van a demorar más en caer en el aceite que en los otros líquidos porque el aceite es más **tupido** que los otros”

“Cuando se tocan los medios el más **pegajoso** es el que más hace que el cuerpo baje lento”

Estos lenguajes contextuales ayudan a que los estudiantes puedan profundizar en sus ideas, debido a que, relacionan con más facilidad los procesos que se estructuran para organizar un fenómeno, permitiendo que se establezcan conclusiones sobre los hechos puntuales que se observan.

Esta propuesta experimental para el estudio de la caída de los cuerpos a través de una perspectiva fenomenológica ha hecho que se replantee la mirada hacia la introducción de fenómenos naturales al aula, puesto que, esta clase de actividades anima a que los estudiantes y docente se involucren en la organización del estudio, dejando de lado, propuestas que contemplan un aula pasiva en la construcción de conocimiento, es decir, entender el aula como recinto donde se llevan las

reflexiones y no se brinda la posibilidad de crearlas. Además, cimienta la construcción de conocimiento sobre el estudio de fenómenos a partir de diferentes paralelos, por ejemplo, aspectos históricos y comprensiones del sujeto, experiencias sensibles y contexto del investigador, relaciones interpersonales en el aula, las cuales determinarían las clases de reflexiones que construyen los sujetos inmersos en la organización de un fenómeno de estudio; permitiendo encontrar otras maneras de abordar la ciencia en el aula.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón Rodríguez, M. M. (2012). *Estudio del fenómeno de la caída de los objetos desde la perspectiva de los Sistemas Dinámicos: una propuesta para el desarrollo de competencias científicas*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Álvarez G., J. L., & Posada V., Y. (2003). La obra de Galileo y la conformación del experimento en la física. *Revista Mexicana de Física*, 1, 61 - 73.
- Álvarez Garcia, J. L. (2012). El fenómeno de la caída de los cuerpos. *Revista Mexicana de Física E*. Vol 58, pp. 36 - 40.
- Àrca, M., Guidoni, P., & Mazzoli, P. (1990). *Enseñar ciencia: Cómo empezar: Reflexiones para una educación científica de base*. Madrid: Ediciones Paidós.
- Boido, G. (1993). La reconstrucción del experimento en la historia de la ciencia: Galileo en debate. *Revista de enseñanza de la Física*, VI(1), pp. 66 - 72.
- Bolio, A. (2012). Husserl y la fenomenología trascendental: Perspectivas del sujeto en las ciencias del siglo XX. *REencuentro*(65), 20-29.
- Candela , A. (1993). La construcción discursiva de la ciencia en el aula. *Investigación en la escuela*(21), 31 - 38.
- Casrascos , J., Gil Pérez, D., Vilches, A., & Valdés, P. (2006). El papel de la actividad experimental en la educación científica. *Cuaderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(2), 157 - 181.
- Chaparro Susa, C. I., Pedreros Martínez, R. I., Méndez Hincapié, N. F., Sastoque Quevedo, H. O., & Prías Bastidas, C. a. (segundo semestre del 2006). Elementos del pensamiento sistémico en la elaboración de explicaciones sobre el fenómeno de la caída de los cuerpos. *TEA*. N° 20, 96 - 109.
- Duran Rojas, N. P. (2011). *La experiencia didáctica para mejorar la comprensión del concepto de la caída libre y demostrar la independencia de la masa en el tiempo de caída de los cuerpos en ausencia de fuerza de rozamiento*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

- Fourez, G., Englenbert-Lecompte, V., & Mathy, P. (1997). *Saber sobre nuestro saber: Un léxico epistemológico para la enseñanza (traducción: Elsa Gómez de Sarría)*. Buenos Aires - Argentina: Colihue S.R.L.
- Galilei, G. (2004). *Diálogos acerca de dos nuevas ciencias*. (T. Isnardi, Trad.) Buenos Aires: Losada/Argentina.
- García Arteaga, E. G. (2009). *Historia de las ciencias en textos para la enseñanza. Neumática e hidrostática*. Santiago de Cali: Universidad del Valle.
- Giodan, A., & Gagliardi, R. (1986). La historia de las ciencias: una Herramienta para la Enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(3), 253 - 258.
- Giordan, A., & Vecchi, G. (1995). *Orígenes del saber, Fundamentos N° 1, Colección, Investigación y Enseñanza*. Sevilla: Diada Editorial S. L. EN: Tarazona, L. Pedreros R. (2017). El aula como un sistema de relaciones: modulo de pedagogía 2. Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales. Departamento de Física. Universidad Pedagógica Nacional. .
- Koyré, A. (1980). *Estudios Galileanos*. (G. Ambóu, Trad.) Madrid: Siglo veintiuno.
- Kuhn, T. S. (2006). *La Estructura de las Revoluciones Científicas* (Tercera ed.). (C. Solis Santos, Trad.) México: FCE.
- Lambert, C. (2006). Edmund Husserl: la idea de la fenomenología. *Teología y Vida*, XLVII(4), 517-529.
- Mach, E. (1948). *Conocimiento y Error*. (P. Costés, Trad.) Buenos Aires: Espasa - Calpe, S.A.
- Malagón Sánchez, J. F., Ayala Manrique, M. M., & Sandoval Osorio, S. (2013). *Construcción de fenomenologías y procesos de formalización*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Malagón, F. (2012). Caída de los cuerpos. *Universidad Pedagógica Nacional: Departamento de Física*, 1 - 8.
- Malagón, F. (2014). Teoría y experimento, una relación dinámica: Implicaciones en la enseñanza de la física. *Física y Cultura: cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias* v8, 95-104.

- Malagón, F., & et al. (2014). El lenguaje y la construcción de fenomenologías: El caso del efecto Volta. *Revista Brasileira de História da Ciência, Rio de Janeiro*, v7, n. 2, 203-213.
- Malagón, F., Sandoval , S., & Ayala , M. M. (2013). La actividad experimental: Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. *Praxis Filosófica*, 119-138.
- Merleu-Ponty, M. (1993). *Fenomenología de la percepción*. (J. Cabanes, Trad.) Barcelona: Planeta- De Agostini, S.A.
- Montes Jiménez, J. P., & Rivera Vargas , Y. H. (2014). *Percepción: Ampliación y organización de la experiencia en la construcción de fenomenologías*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Nathan B., E. (1985). Galileo y la Idealización. *Elementos, Ciencia y Cultura*, 27 - 36.
- Saavedra Sánchez , Ó. I., & Bautista Ballén, M. (2008). *Nueva Física 10*. Bogotá: Santillana S. A.
- Sanabria Quiñones, J. S. (2016). *El Aula Inclusiva como un Escenario de Reflexión para la Enseñanza de la*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional de Colombia .
- Sandoval , C., Caram, J., & Salinas , J. (2009). La engañosa simplicidad del "metodo de Stokes" para medir viscosidades. *Revista Braseleira de Ensino de Física*, 4310 - 4323.
- Segura, D., Arcos, F., & Pedreros, R. (2005). El constructivismo radical como alternativa para fundamentar prácticas con sentido en la enseñanza de las ciencias. *Itinerantes* v3, 59-72.
- Villegas, M. Y. (1987). *Física Investiguemos 10*. Bogotá: Voluntad.

Anexos

En esta parte del documento se presenta instrumentos adjuntos que permitieron el desarrollo de la investigación en el aula.

Anexo uno: Relatos de los estudiantes en la organización de la caída de los cuerpos

Este apartado contiene los argumentos completos expresados por los estudiantes durante el desarrollo de las diferentes actividades experimentales para la organización de la caída de los cuerpos en medios que ofrecen resistencia.

Tabla 1. Registro de preguntas, comparación de relatos y relaciones de dependencia entre magnitudes sobre la caída de los cuerpos en el aire y en el agua.

Pregunta directriz	Relaciones de dependencia entre magnitudes que describen la caída	Registro de ideas de los estudiantes de la caída desde el avión	Registro de ideas de los estudiantes de la caída desde el submarino
¿Algo cambiaría si los cuerpos poseen diferentes pesos?	Relación: peso – velocidad en la caída. El aire oponiéndose al peso del cuerpo. Cuantificaciones para establecer la caída. Influencia del peso en la caída.	E¹⁸₇: “Al ser un cuerpo más pesado que otro caería más rápido porque el viento no lo golpearía tan fuerte” E₅: “Si las cajas son pesadas irán más rápido que el piloto” E₁₃: “Conforme al peso es que se ven diferencias en la caída” E₁: “Si la persona se sabe acomodar en el aire es posible que caiga más rápido” E₁₁: “El cuerpo que tenga menos peso caerá más lento porque el aire lo retiene” E₈: “Si las cajas tienen mayor peso que el sujeto, entonces caerán más rápido” E₁₆: “No sabemos cuál de los tres cuerpos posee más gravedad, pero si nos concentramos en la velocidad de bajada entonces ese posee más peso”	E₂: “En el agua los cuerpos se pueden hundir o flotar dependiendo de su peso, es decir, el peso del cuerpo el responsable que las cosas caigan” E₉: “El más pesado se irá al fondo, si los otros no tienen el suficiente peso, subirán a la superficie del agua” E₁₃: “Su peso influiría mucho en la velocidad de caída” E₆: “La caja más pesada irá al fondo, el sujeto va al fondo por su peso como nos sucede cuando vamos a piscina, la otra caja puede que baje si lo que contiene adentro hace buen peso” E₄: “El peso es el responsable de la velocidad, entonces, los objetos se mueven de acuerdo a si es más pesado o liviano, el que se hunde se ve rápido o lento de acuerdo al peso lo mismo pasa con los livianos, pero estos van a la superficie por las acciones del agua”
¿Algo cambiaría si los cuerpos poseen diferentes tamaños?	El peso del cuerpo como instrumento que permite la caída. La influencia del aire en la forma de caída del cuerpo. Relación: peso – velocidad en la caída. Cuantificaciones para establecer la caída. Influencia del tamaño en la caída. Relación: tamaño – velocidad. Relación: peso – tiempo.	E₃: “Sí influye, porque un cuerpo pequeño caería antes que un cuerpo grande, ya sea, por su peso o la fuerza del viento” E₆: “No influye, dado que, conforme al peso es que se ven diferencias en la caída” E₅: “El tamaño puede tomar efecto en la caída, ya que, si tiene un tamaño ancho y pesado es posible que no caiga tan rápido a si tiene el mismo peso, pero más pequeño” E₇: “No influye, porque hay cosas grandes livianas y cosas pequeñas pesadas y pueden caer de la misma forma” E₉: “sin importar el tamaño, si tienen diferente peso eso hará que caiga de diferente forma” E₁₇: “lo que influye en la velocidad es el peso, no el tamaño por eso vemos cosas cayendo más rápido que otras” E₂: “El tamaño no importa, importa la altura a la que se encuentre el cuerpo porque entre más alto más velocidad gana por su peso” E₁₂: “Sí tiene un tamaño ancho y pesado es posible que no caiga tan rápido a si tiene el mismo peso, pero más pequeño”	E₁: “Sí, porque si las cajas cambian de tamaño, pero no de lo que contengan; al hacer una más pequeña es posible que su peso se concentre y permita que baje, en cambio, si la otra caja aumenta su tamaño manteniendo su peso, es posible que no baje porque el peso se distribuye entre todo lo largo que esté la caja” E₁₁: “Sí, porque el que ocupe más espacio es posible que baje por su peso, pero lo hará de manera lenta” E₂: “El tamaño no importa en la caída, los cuerpos caen por su peso. De pronto en la velocidad de caída” E₁₀: “Sí, porque la presión del agua empujaría a los de mayor tamaño hacia arriba si no posee el suficiente peso para contrarrestarla” E₃: “No, lo que importa es el peso, el de menor peso debería flotar y los otros dos, si poseen el suficiente peso caerán” E₈: “No influiría tanto el tamaño si tienen el mismo peso porque si metemos un pedazo de hierro plano y otro compacto, pero los dos del mismo peso, creo que caerán al mismo tiempo” E₁₆: “No porque el tamaño no condiciona el peso del cuerpo quien es el responsable que las cosas caigan”

¹⁸ Para registrar las diferentes ideas que presenta el aula sobre el fenómeno de la caída de los cuerpos, se utiliza la nomenclatura E para referenciar los comentarios individuales de cada estudiante recuperados ya sea por medio de escritos o audios.

		E4: “sí cambiamos el tamaño de una de las cajas, pero mantenemos su peso, es posible que el aire lo retenga lo cual demore la caída”	
¿Algo cambiaría si los cuerpos poseen igual pesos?	La influencia del aire en la forma de caída del cuerpo. Relación: peso – tiempo en la caída. Influencia de condiciones externas al cuerpo para que se dé la caída. Relación: Peso - fuerza Relación: Peso – velocidad	E5: “No cambiaría porque si tienen el mismo peso, el viento y lo que intervenga en la caída haría lo mismo para los tres, las caídas serían iguales” E2: “Si se lanzaron al mismo tiempo y tienen el mismo peso no debería variar la rapidez con que llegan al suelo” E4: “Si el cuerpo ocupa más espacio en el aire no bajaría igual de rápido” E7: “todos caerían al mismo tiempo porque no hay diferencia en su peso” E9: “caerían al mismo tiempo si empezaron a descender al instante”	E5: “Pienso que pueden caer igual, pero hay que tener en cuenta la forma del cuerpo, su tamaño y su posición de caída porque eso haría una caída rápida o lenta” E18: “No, porque todos serían igual de rápido” E15: “Si no es un suficiente peso, todos subirían por la fuerza del agua” E3: “Puede tener el mismo peso, pero si su forma no es igual caerían, pero con diferente velocidad” E1: “lo que permite la caída es el peso, si estos son iguales deberían caer igual” E7: “Del peso depende la velocidad, esa es la que debería ser igual, si cae o no depende del agua”
¿Algo cambiaría si la persona cae en posición vertical?	Los efectos del aire de acuerdo a la posición del cuerpo. Cuantificaciones para establecer la caída. La posición del cuerpo en la caída. Relación: resistencia del aire y la velocidad. Implicación de la distribución del peso en el cuerpo para diferentes caídas. Influencia de la posición del cuerpo en la caída. Relación: posición del cuerpo en la caída – velocidad Relación de elementos cotidianos con la caída presentada.	E13: “Cae más rápido porque en esta posición el aire posee menos efecto sobre el cuerpo” E1: “Caerá más rápido porque el peso se concentra en una sola parte del cuerpo” E18: “En este caso no porque la posición del cuerpo va cambiar en la medida que el cuerpo va cayendo, entonces la posición inicial no interviene” E7: “Aquí influye la posición porque al atravesar el aire puede que si está de pie el peso se concentre en una zona, mientras que acostado se divide en varias” E5: “Cuando cae verticalmente el viento es cortado y el viento es una fuerza que se opone a la velocidad” E3: “la persona se está dejando llevar por la presión o el viento, en esta posición caería mucho más rápido ya que la fuerza o presión del viento disminuye” E12: “La persona caerá más rápido porque coge más impulso” E14: “Caería primero si en medio de la caída no cambia de posición”	E3: “La persona caerá más rápido porque coge más impulso” E15: “Si porque en esta posición el agua haría menos oposición al cuerpo lo que haría que bajara más rápido” E6: “Si la persona no sabe nadar en esta posición se hundiría más rápido” E8: “Si porque cuando estamos en la piscina y nos ponemos en forma vertical nos hundimos, de forma horizontal no pasa, entonces, en este caso estar de forma vertical permitiría que la persona fuera al fondo por su peso” E1: “lo que varía es la velocidad porque en esta posición ayuda a que traspase el agua más rápido” E14: “la presión del agua empujaría a los de mayor tamaño hacia arriba si no posee el suficiente peso para contrarrestarla” E13: “La persona caería con más velocidad y llegaría a una mayor profundidad”
	Cuantificaciones para establecer la caída. Características del cuerpo.	E5: “Cambiaría la altura y el peso de cada cuerpo” E15: “Cambiaría la velocidad ya que en esta posición puede coger impulso”	E2: “Cambiaría el peso y la posición de caída” E5: “Los lanzaría con distintos tiempos y distintos pesos”

¿Qué cambiarías para que estos cuerpos tengan distintas formas de caer?	Relación: peso – velocidad en la caída. Diferentes posiciones del cuerpo implican diferentes caídas. Tiempos de caída Relación: Peso – Posición de caída. Volumen de los cuerpos. Cambio de lugar donde cae el cuerpo (medio)	E₉: “Los factores que componen al cuerpo que cae como su estructura, forma de caer y el tamaño que presenten” E₁: “El peso el tamaño y la forma de los cuerpos” E₁₆: “Los pondría en diferente posición para que tengan diferentes caídas” E₃: “Poner paracaídas al piloto para que la resistencia del aire hiciera más efecto en la velocidad” E₅: “Que cada uno tenga un peso distinto para que tenga diferente velocidad en la caída” E₄: “Cambiaría la posición de cada cuerpo” E₈: “Los lanzaría en distintos tiempos”	E₈: “cambiaría el tamaño de las cajas y una la pondría a caer en posición vertical, la otra en horizontal y a la persona en vertical, para observar si esta condición influye” E₁₇: “trataría de cambiar la fuerza del agua y si no, pues el agua por otra cosa que permita que los objetos caigan más rápido” E₄: “Cambiaría el peso para que cogiera más impulso en la caída” E₅: “Cambiaría el peso y la altura de caída esto haría que todos caigan, pero en diferentes momentos”
--	---	---	---

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Socialización de ideas alrededor de cuerpos que caen con diferentes pesos, pero igual tamaño y forma.

Pregunta directriz	Relaciones de dependencia entre magnitudes que describen la caída	Diferentes pesos, igual tamaño y forma	Diferentes tamaños, igual peso y forma	Diferentes formas, igual peso y tamaño
Si todos los cuerpos poseen diferentes pesos, ¿por qué no todos caen?	Relación: Estructura del cuerpo – fuerza del medio. Relación: Peso del cuerpo – presión del medio. Consistencia de los cuerpos Material macizo o poroso Relación: Material del cuerpo – fuerza del agua Relación en el cuerpo: Material – tamaño	E₅: “Debe ser porque el peso no es suficiente para que caiga” E₈: “El material debe influir porque es lo que compone al cuerpo y le da masa para que caiga” E₁₆: “No caen porque la presión del agua es más fuerte que el peso del cuerpo” E₁₅: “Si el cuerpo es hueco por dentro es muy débil para superar la fuerza del agua” E₃: “Porque son materiales diferentes. El material es lo que compone al cuerpo, para mí que es quien da el peso suficiente para que pueda bajar” E₁: “Es muy raro porque el que cayó que era la plastilina era el de mayor peso, pero ese cuerpo y el de silicona no tenían tanta diferencia en peso, para mí que el material tiene algo que ver”	E₁₅: “Creo que es por el material que están compuestos porque es lo que da peso, pero como eran iguales los pesos, entonces si el material es hueco, aunque a simple vista no se vea, no caerá” E₆: “Porque el cuerpo no solo posee peso debe tener otras propiedades como el material que no permite que caiga” E₁: “El cuerpo y sus características no son suficientes para sobre pasar la fuerza del agua” E₁₃: “Porque su material no es favorable para la caída” E₈: “La única forma que caiga es que el material sea macizo para sobre pasar la fuerza del agua, de lo contraria debe flotar” E₁₇: “Tienen diferentes tamaños porque los materiales más livianos necesitan de más masa para poder caer”	No aplica
Si todos los cuerpos poseen el mismo peso, ¿por qué caen de diferente manera?	Relación: Forma del cuerpo – forma de caer Relación: Forma del cuerpo – Velocidad en la caída La fuerza de la presión del agua influye en la caída del cuerpo.	No aplica	No aplica	E₁₅: “La forma del cuerpo influye en la caída, dado que, de acuerdo con esta el cuerpo puede caer girando, rebotando o haciendo un vaivén en su forma de caer” E₁₀: “La forma del cuerpo influye en la velocidad, porque algunos caen más rápidos que otros” E₂: “La forma del cuerpo provoca que los cuerpos giren, bajen derecho o dando botes contra las paredes del tubo” E₁₇: “La forma del cuerpo provoca diferentes velocidades” E₁₂: “la fuerza del agua hace presión sobre el cuerpo dependiendo de su forma”

Observando los cuerpos que cayeron ¿qué semejanzas se observan en su caída?	Relación: Peso – Rapidez Relación: Movimiento – tiempo de caída La presión del aire empuja al cuerpo. Relación: Presión del aire – presión del agua Los cuerpos caen por su forma Los cuerpos varían su forma de caer	E18: “Solo cayó el de plastilina, no tenemos con qué compararlo, pero este cuerpo cayó muy rápido por su peso” E15: “No hay semejanzas entre ellos porque solo cayó la plastilina” E3: “Si hubiera caído otro cuerpo creo que la semejanza estaría en que todos llegaron al fondo” E11: “Si hubieran caído no habría semejanzas porque lo hubieran hecho de diferentes formas” E5: “Como no cayeron todos, creo que la semejanza está en que eran esferas y tenían el mismo tamaño”	E3: “los movimientos eran parecidos al caer” E12: “No se demoraron en caer” E15: “Tenían el mismo peso” E1: “Cuando uno se acercaba a ver la caída los cuerpos se veían rodando mientras bajaban”	E1: “Todos los cuerpos estaban hechos del mismo material” E5: “Sus pesos y volúmenes también eran iguales o aproximados” E13: “Los cuerpos cayeron, ninguno se devolvió o quedó sobre el agua” E18: “El aire presiona a los cuerpos para que rompan la primera capa del agua de la misma forma” E11: “La resistencia del agua era la misma para todos y así igual bajaron con diferente velocidad creo que por la forma que están contruidos” E9: “Los movimientos, aunque variados, no cambiaron durante la caída para cada cuerpo”
¿Qué diferencias se observan en su caída?	Peso necesario para que caiga Relación: Peso – Rapidez Formas de caer Relación: Estructura del cuerpo – forma de caer. Relación: Material del cuerpo – velocidad de caída Relación: Tamaño del cuerpo – velocidad de caída Relación: Forma del cuerpo – forma de caer Relación: Forma del cuerpo – velocidad de caída Movimientos del lugar donde se lleve a cabo la caída	E11: “Su diferencia está en el peso, por eso no cayeron” E4: “Si hubieran caído todos, creo que la diferencia estaba en la velocidad porque tenían diferentes pesos” E2: “Creo que en la forma de caer porque el de plastilina chocaba con las paredes de lado a lado, de pronto los otros hubieran caído derechos” E14: “Si hubieran caído creo que la diferencia estaría en su forma de caer debido a su estructura”	E12: “En la velocidad porque a pesar de no demorarse en su recorrido, la plastilina bajó primero que la greda mezclada con parafina” E15: “A pesar de poseer iguales pesos el de mayor tamaño se demoró más en bajar” E4: “Su material era diferente de pronto eso hizo que bajara uno más lento que el otro”	E6: “los cuerpos bajaron de diferente manera, el cilindro y la esfera cayeron dando giro, la pirámide y la esfera rebotando en las paredes del tubo, el cubo bajó derecho” E3: “cayeron con distintas velocidades por la forma que poseía cada cuerpo” E14: “Las formas de cada cuerpo eran distintas, por tal motivo, caían con distintos tiempos” E10: “El agua esta quieta, pero de pronto si hubiera estado en movimiento, los cuerpos hubieran caído diferentes lugares” E1: “parecía que unos se hacían más lentos a medida que bajaban”

	La fuerza del agua se hace más fuerte a medida que el cuerpo cae.			
Observando los cuerpos que no cayeron ¿qué semejanzas se observan?	Relación: Peso – resistencia del agua. Estructura brinda masa. Relación: Masa – Flotar	E15: “Que algunos trataron de bajar, pero se devolvieron como la silicona y la semilla, que no tenían el peso suficiente” E4: “Su material brindaba poca masa para que pudieran bajar por eso flotaron” E15: “Todos flotaron” E2: “Su peso no permitió que cayeran” E1: “Parte del cuerpo quedó sumergido en el agua”	No aplica	No aplica
¿Qué harías para que todos los cuerpos caigan?	Relación: Estructura – peso. Material necesario para que caiga. Cambio de medio. Material y forma del cuerpo. Relación: Material del cuerpo – velocidad de caída Relación: Tamaño del cuerpo – velocidad de caída.	E18: “Mezclaría los cuerpos con otro material para darles peso” E5: “Utilizaría un solo material que pudiera caer como la plastilina” E10: “Cambiaría todos los materiales menos el de plastilina porque ese si cayó” E3: “De pronto lo que hay que cambiar es el agua por otra cosa porque en el aire todos cayeron” E1: “Cambiaría el material y la forma” E8: “Pondría cuerpos con materiales parecidos a la plastilina”	E12: “En la velocidad porque a pesar de no demorarse en su recorrido, la plastilina bajó primero que la greda mezclada con parafina” E15: “A pesar de poseer iguales pesos el de mayor tamaño se demoró más en bajar” E4: “Su material era diferente de pronto eso hizo que bajara uno más lento que el otro”	No aplica

¿Qué conclusión puede obtener de esta actividad?	Relación: Material – peso. Componentes del cuerpo. Influencia del medio al cuerpo. Relación: Peso del cuerpo – fuerza del medio. Influencia del material en la caída Estructura del lugar donde se lleva a cabo la caída La contextura del cuerpo depende del material. Relación: Forma del cuerpo – forma de caer Relación: Forma del cuerpo – tiempo de caída Influencia del peso, la forma y material.	E₂: “Qué el material del que esté hecho los cuerpos proporciona peso para que caiga” E₁: “El material influye en la caída porque es como está compuesto el cuerpo” E₉: “el agua si hace fuerza al cuerpo” E₅: “El cuerpo cae si es capaz de sobrepasar la fuerza del agua, pero para que tenga el suficiente peso debe estar hecho de un material que lo permita” E₁₃: “Si tiene el suficiente peso debe caer”	E₃: “En la caída no influye el peso directamente, sino el material del cual esté compuesto el cuerpo” E₁₂: “Que la composición del cuerpo es un factor que incide en la caída” E₇: “Que la caída de un cuerpo depende del material” E₅: “Cuerpos de igual peso, pero de diferente material no necesariamente caen” E₉: “Los cuerpos que no cayeron algunos no superaron la primera capa del agua y otros superaron algunas, pero se devolvieron”	E₉: “El peso influye en la caída, pero también la forma porque es quien determina como cae el cuerpo, si cae lento o rápido” E₁₃: “La forma del cuerpo también influyen en la caída, pues permite observar si el cuerpo cae dando giros, rebotes, vaivén o recto” E₁₆: “La forma ayuda a saber cuánto tarda un cuerpo en caer” E₁₁: “Es esencial en el cuerpo, el peso, la forma y de cómo está compuesto porque eso hace influencia en si cae o no y como cae” E₅: “Para que un cuerpo caiga también se debe observar el medio, la forma del cuerpo, la posición en la caída, dado que estos asociados al peso determinan la caída” E₁₂: “El peso no tiene influencia en la velocidad de caída de un cuerpo, es la forma que este posea”
---	---	--	--	---

Fuente: Elaboración propia

Anexo dos: Cartilla para el estudio de la caída de los cuerpos para medios que ofrecen resistencia

En este apartado se presenta un documento organizado bajo actividades experimentales con el fin de problematizar la caída de los cuerpos a partir de medios que ofrecen resistencia en el aula.

Estudio de la caída de los cuerpos a partir de medios que ofrecen resistencia desde una perspectiva fenomenológica

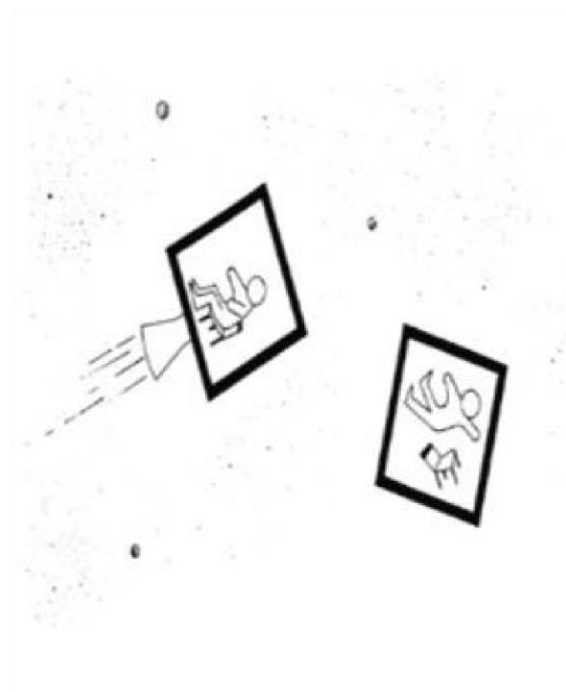


Tomado de: <https://www.pinterest.de/pin/373517362843562329/>

Harold M. Claret Valencia

Universidad Pedagógica Nacional

2019



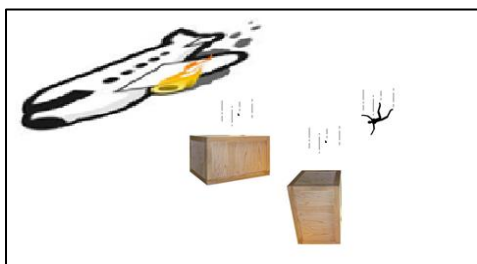
Guía de trabajo No 1

Actividad 1 “Exploración alrededor de la caída de los cuerpos”

Objetivos

- Socializar ideas alrededor de la caída de los cuerpos.

Situación 1: Imagine que un avión de carga se incendia en pleno vuelo y el piloto decide lanzarse simultáneamente con dos cajas de víveres que llevaba a una isla alejada, tal como lo muestra **la Esquema**.

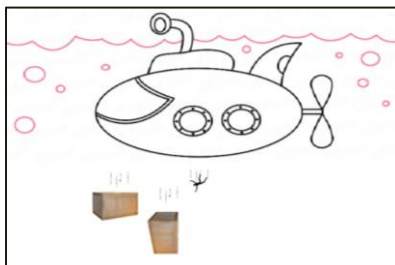


Esquema 1. Caída en el aire. (Fuente elaboración propia)

Si usted se encuentra observando la caída de los tres objetos (piloto y las dos cajas), Compare las diferencias o semejanzas en la caída de estos tres cuerpos.

- ¿Algo cambiaría si los cuerpos poseen diferentes pesos?
- ¿Algo cambiaría si los cuerpos poseen diferentes tamaños?
- ¿Algo cambiaría si los cuerpos poseen diferentes pesos?
- ¿Algo cambiaría si la persona cae en posición vertical?
- ¿Qué cambiarías para que estos cuerpos tengan distintas formas de caer?

Situación 2: Piense que los tres cuerpos (cajas y el piloto), se encuentran en un submarino y en un momento determinado simultáneamente abandonan la nave. Si usted está observando el suceso, compare las diferencias o semejanzas en la caída de estos tres cuerpos.



Esquema 2.. Caída en el agua. (Fuente: Elaboración propia)

- ¿Algo cambiaría si los cuerpos poseen diferentes pesos?
- ¿Algo cambiaría si los cuerpos poseen diferentes tamaños?
- ¿Algo cambiaría si los cuerpos poseen iguales pesos?

¿Algo cambiaría si la persona cae en posición vertical?
¿Qué cambiarías para que estos cuerpos tengan distintas formas de caer?

Situación 3: Imagine una situación de caída distinta a las anteriores y compárela.

Guía No 2 “El cuerpo”

Objetivo:

- Reconocer las características de los cuerpos al ponerlos en un medio (agua)

Materiales

2 vara de madera de sección transversal rectangular	4 velas
6 barras de plastilina	Gramera
5 esferas de silicona y plomo	Bisturí
3 esferas de icopor	Manguera de 1,5 m de longitud y 3,2mm de diámetro

Preliminar

Teniendo en cuenta la **actividad 1** y las respectivas conclusiones a las que llegaron en donde la caída de los cuerpos depende en principio de la forma, del tamaño (volumen) y en esencia del peso del cuerpo, se hace necesario pensar en llenar de argumentos algunas preguntas como: ¿por qué al subimos a un flotador que está en el agua éste no se hunde si le añadimos peso? Y otras que quedaron inconclusas.

Por tal motivo, se pretende realizar una serie de procedimientos grupales (3 estudiantes) en donde se analicen y se registren las conclusiones que se pondrán a consideración con los otros. Para ello, disponga de los materiales tal cual como lo indica el docente.

- **Tamaño (volumen) y peso.**

Procedimiento 1

Elija varios cuerpos con la misma forma, con igual volumen, pero diferente peso; asegúrese de que caen como las cajas y el piloto del avión. Ahora, piense en el submarino y ponga los cuerpos en el agua, compare y registre cada uno de los sucesos en la siguiente tabla.

Cuerpos geométricos	Registros

Fuente: Elaboración Propia

Responda las siguientes preguntas de acuerdo con lo registrado en la anterior tabla.

Si todos los cuerpos poseen diferente peso, ¿por qué no todos caen?

Observando los cuerpos que cayeron ¿qué semejanzas se observan en su caída?

¿Qué diferencias se observan en su caída?

Observando los cuerpos que **no** cayeron ¿qué semejanzas se observan?

¿Qué harías para que todos los cuerpos caigan?

¿Qué conclusión puede obtener de esta actividad?

Procedimiento 2

Elija varios cuerpos con la misma forma, con el mismo peso, pero diferente volumen; asegúrese de que caen como las cajas y el piloto del avión. Ahora, piense en el submarino y ponga los cuerpos en el agua, compare y registre cada uno de los sucesos en la siguiente tabla.

Cuerpos geométricos	Registros

Fuente: Elaboración Propia

Responda las siguientes preguntas de acuerdo con lo registrado en la anterior tabla.

Si todos los cuerpos poseen el mismo peso, ¿por qué no todos caen?

Observando los cuerpos que cayeron ¿qué semejanzas se observan en su caída?

¿qué diferencias se observan en su caída?

Observando los cuerpos que **no** cayeron ¿qué semejanzas se observan en su caída?

¿Qué harías para que todos los cuerpos caigan?

¿Qué conclusión puede obtener de esta actividad?

- **Forma y peso.**

Procedimiento 1

Elija cuerpos de diferentes formas, con igual volumen, con igual peso, pero utilice un material que esté seguro que caiga. Registre cada uno de los sucesos en la siguiente tabla.

Cuerpos geométricos	Registros

Fuente: Elaboración Propia

Responda las siguientes preguntas de acuerdo con lo registrado en la anterior tabla.

Si todos los cuerpos poseen el mismo peso, ¿por qué caen de diferente manera?

Observando los cuerpos, ¿qué semejanzas se observan en su caída? ¿qué diferencias se observan en su caída?

¿Qué conclusión puede obtener de esta actividad?

Guía de trabajo N° 3

Actividad 1

“Un acercamiento a la historia”

Objetivo

- Discutir sobre la influencia del peso, forma y tamaño en las velocidades de caída de los cuerpos.

Lea atentamente el siguiente escrito “Breve relato sobre el cuerpo: Pensando en el fenómeno de la caída de los cuerpos desde Galileo Galilei” y responda las preguntas que se encuentran a continuación.

El fenómeno de la caída de los cuerpos a partir de las ideas de Galileo Galilei

Antes de reconocer los hechos sobre la caída de los cuerpos establecidos por Galileo, conozcamos los personajes que expresan sus ideas sobre el fenómeno.

¿Quién fue Aristóteles?

Aristóteles nació en el año 384 a.C. en una pequeña localidad macedonia cercana al monte Athos llamada Estagira, de donde proviene su sobrenombre, el Estagirita¹⁹.



Aristóteles tenía una concepción del mundo según la cual éste se dividía en dos: el mundo supralunar, perfecto, y el mundo sublunar, donde se daban procesos de generación y corrupción; la tierra era el centro del cosmos, los cuerpos pesados se dirigían hacia la tierra, los livianos se alejaban de ella, y los cuerpos celestes giraban en orbitas circulares en torno a ella. De acuerdo con esto, los cuerpos del mundo sublunar se podían clasificar en pesados y livianos según su tendencia a caer al centro de la tierra, o elevarse a las estrellas. Aristóteles consideraba este mundo formado por cuatro elementos, los cuales se diferencian entre si no tanto por la sustancia que los forma, sino por su tendencia natural a ocupar diferentes lugares. Estos elementos eran tierra, aire, fuego, agua. De este modo, la tendencia del movimiento de un cuerpo pesado (compuesto por tierra) es dirigirse hacia el centro de la tierra y la de un cuerpo liviano es alejarse del centro de esta. El movimiento en ambos casos es en línea recta y recibe el nombre de movimiento natural. Cualquier movimiento diferente no es natural: el cuerpo debe ser obligado a realizarlo y por lo tanto será un movimiento violento. Dentro de esta concepción los cuerpos más pesados tenderán a moverse más rápidamente hacia abajo que los menos pesados, dando origen a la diversidad de velocidades que se presentan en los cuerpos que caen. El pensamiento Aristotélico

¹⁹ Tomado de: <http://politicavsfilosofia.blogspot.com/p/resena-historica-de-aristoteles.html>

se puede considerar como una síntesis de las ideas que existían en torno al movimiento de los cuerpos hasta antes de Galileo.

¿Quién fue Galileo Galilei?

Nació en Pisa, Ducado de Florencia, Italia en 1564, en el seno de una familia de comerciantes. A los diez años, sus padres se trasladaron a Florencia, dejándolo al cuidado de un vecino religioso que acabaría introduciéndole en la vida eclesiástica. Pocos años más tarde, tan pronto como se enteró; su padre, un hombre no muy devoto, sacó a su hijo del convento en el que se hallaba y lo inscribió en la Universidad de Pisa para que estudiara medicina²⁰.



Retrato de Galileo Galilei (Justus Sustermans, 1636)

El joven Galileo, sin embargo, no encontró en la medicina su vocación. Además, su poca tolerancia hacia la autoridad, la falta de espíritu crítico de sus profesores le condujo a abandonar la universidad a los 21 años y a centrarse en su verdadera vocación: la **física**. Con 25 años, tras hallar algunos importantes descubrimientos en el campo de la mecánica, consiguió una plaza de profesor de matemáticas en la Universidad de Pisa. superarlas. Galileo examina con mucha atención estas ideas y hace ver las fallas, inconsistencias y paradojas que permiten derrumbarlas y crear las bases de la Cinemática actual. En una primera parte de su trabajo alrededor de la mecánica Galileo intenta mostrar cómo

las diferencias de velocidades y movimientos que se observan en el movimiento de caída de los cuerpos no están relacionadas directamente con el cuerpo sino más bien a la relación entre el medio en que el cuerpo cae y el cuerpo.

Poco antes de morir tuvo que retractarse y negar la verdad para no acabar quemado en la hoguera. Dicen algunos historiadores, que, en voz baja, justo después de abjurar, murmuró la famosa frase: “*Eppur si muove*” (en español: “*y, sin embargo, se mueve*”) refiriéndose al movimiento de la Tierra alrededor del sol.

Sobre el cuerpo en la caída²¹

Si mal no recuerdo, Aristóteles, se revela contra ciertos filósofos antiguos, que introducían el vacío, como necesario para el movimiento, diciendo que no podía efectuarse éste sin aquél. En contra posición a esto, Aristóteles demuestra que, por el contrario, la realización del movimiento destruye la afirmación del vacío y en primera medida, propone afianzar su afirmación realizando la siguiente suposición:

“Dos móviles de distinta gravedad, moviéndose en idéntico medio se mueven con velocidades, que mantienen entre si la misma proporción que sus respectivos pesos, de modo que un móvil, por ejemplo, diez veces más pesado que otro se moverá con velocidad diez veces mayor” (Galilei, Diálogos acerca de dos nuevas ciencias, 2004)

²⁰ Tomado de: <https://www.saberespractico.com/biografias-resumidas/galileo/>

²¹ Transcripción tomada de la obra “Diálogos sobre dos nuevas ciencias”

Realizar.

- ✓ Represente gráficamente lo que dice Galileo sobre Aristóteles
- ✓ Si logaras hablar con Aristóteles, ¿qué le diría en relación con su afirmación?
- ✓ Elabore con plastilina los móviles y lleve a cabo el ejercicio que propone Aristóteles.

Sin embargo, dudo mucho que Aristóteles haya jamás sometido a experimento, si es verdad que dos piedras, una diez veces más pesada que la otra, dejadas caer al mismo tiempo desde una altura supongamos de cien codos, fuesen de tal modo diferentes en sus velocidades que, al llegar a tierra la mayor, nos halláramos con que la menor no había descendido más de diez codos. De hecho, yo que no he dispuesto del experimento estoy seguro de que una bala de cañón que pese cien, doscientas libras o aún más, no se anticipará ni siquiera en un palmo en llegar a la tierra, a una bala de mosquete que pese media libra, aun cuando vengan de doscientos codos de altura.

Pero antes, pensemos que cada cuerpo pesado tiene asignado por naturaleza su propia velocidad de caída, de modo que no se puede acrecerse o disminuirse sino es haciendo uso de una fuerza u oponiéndole resistencia. Por consiguiente, si se tiene dos móviles de velocidades naturales diferentes, sería de esperar que, uniendo el más tardo con el más veloz, éste sería en parte retardado por el más tardo, y el más tardo en parte acelerado por el más veloz. Pero si esto es así, y es también verdad que una piedra grande se mueve, supongamos, con ocho grados de velocidad, y una menor con cuatro, al unir las dos, el sistema compuesto tendrá que moverse con velocidad menor que ocho grados; sin embargo, este compuesto (que es mayor que la primera piedra sola) se moverá más lentamente que la primera piedra sola, que es menor. Aunque, pareciera que la piedra menor unida a la mayor añade peso, y añadiendo peso, no veo como no ha de añadirle velocidad, o al menos no disminuirla.

Esto se puede resolver de la siguiente forma: Si se hace una distinción entre los cuerpos graves en movimientos y los que están en reposo, entonces, Si ponemos una piedra grande sobre una balanza y le añadimos otra esta tendrá más peso en comparación a sí se pone solo una de las dos, pero si dejamos caer libremente una piedra, desde cierta altura atada a otra, solo se sentirá el peso si hubiera una oposición al movimiento de caída. A lo que se puede concluir que, en la caída libre y natural, la piedra más pequeña no presiona con su peso a la mayor y en consecuencia no le añade peso alguno, como sería el caso en estado de reposo. Por el contrario, en el caso de que fuera la piedra más grande sobre la más pequeña, solo aumentaría el peso si su movimiento fuese más rápido; pero ya se ha dicho que, si la menor fuese más tarda, retardaría en parte la velocidad de la mayor de modo que el conjunto vendría a ser menos veloz, aun siendo el mayor que la piedra más grande de las dos; lo que iría en contra de la hipótesis de Aristóteles.

Realizar.

- ✓ Represente gráficamente lo que dice Galileo
- ✓ Si logaras hablar con Galileo, ¿qué le diría en relación con su afirmación?

-
- ✓ Complete el siguiente cuadro teniendo en cuenta la lectura y lo que se ha construido experimentalmente.

Describa la caída		
Aristóteles	Galileo	Estudiantes

Fuente: Elaboración propia

Actividad 2

“Elección del cuerpo”

- **Objetivo:** Comparar las caídas de los cuerpos geométricos.

Teniendo en cuenta las actividades realizadas hasta el momento incluyendo la lectura, es necesario establecer la elección de un cuerpo para pensar en la caída. Hasta el momento se consolidó el hecho de que en el cuerpo que cae no solo se debe tener en cuenta el peso sino también el volumen, la forma y el material. Pero, se ha observado experimentalmente que: si tenemos cuerpos de igual peso, igual volumen, igual material, pero diferente forma estos cuerpos tienden a caer de diferente manera.

En ese orden de ideas, se plantea el siguiente procedimiento con el fin de realizar la elección.

Materiales

Plastilina
Manguera de 1,5m
Agua

Procedimiento

Tome una de las esferas rojas como medida referencial, pésele y registre su peso. Ahora, teniendo en cuenta el peso registrado, tome la plastilina y realice cuerpos geométricos (cubo, pirámide, cilindro, etc.) incluyendo una esfera que posea el mismo peso de su esfera referencial.

Llene la manguera de agua y ponga los cuerpos (uno por uno) sobre la superficie del agua; suéltelo y observe la caída. Registre cada observación en la tabla.

Nota: Para la obtención de los tiempos de caída utilice un video y luego haga lo siguiente:

$$T = T_f - T_0$$

Donde:

T_0 : minuto inicial de caída del cuerpo.

T_f : minuto de llegada del cuerpo al fondo de la manguera.

Cuerpo	Tiempo	Registro

Fuente: Elaboración Propia

De lo observado y registrado en la tabla ¿Cuál de los cuerpos puestos en consideración para la caída es el que cae más rápido? En relación con la lectura, ¿por qué cree que el cuerpo elegido cae más rápido?

Guía de trabajo No 4

Actividad 1

“El medio”

Objetivo: Reconocer las diferentes caídas de un cuerpo.

Materiales.

Esferas

Manguera de 1,5m

Agua

Aceite de cocina

Parafina

Preliminar

Teniendo en cuenta el fragmento de la lectura donde Galileo señala lo siguiente: *pensemos que cada cuerpo pesado tiene asignado por naturaleza su propia velocidad de caída, de modo que no se puede aumentar o disminuir sino es haciendo uso de una fuerza u oponiéndole resistencia.*

Damos paso a pensar en las afectaciones en la caída ofrecidas por medio como objeto de estudio; en relación con esto se propone la siguiente actividad.

Procedimiento 1

Tome el primer liquido (agua) y viértalo en la manguera hasta llenarla, organice las esferas de mayor a menor. Luego, piense en si pone las esferas (de mayor a menor) sobre la superficie del agua y la suelta ¿qué cree que sucede? Haga el ejercicio real ¡suéltela! Y registre el proceso de lo que sucede en la siguiente tabla:

Cuerpos	Tiempo de caída	Registro

Fuente: Elaboración propia

En relación con la tabla ¿cómo caen los cuerpos? ¿Por qué considera que caen tan diferentes?

Procedimiento 2

Tome otro liquido (parafina) y viértalo en la manguera hasta llenarla, organice las esferas de mayor a menor. Luego, piense en si pone las esferas (de mayor a menor) sobre la superficie de la parafina y la suelta ¿qué cree que sucede? Haga el ejercicio real ¡suéltela! Y registre el proceso de lo que sucede en la siguiente tabla:

Cuerpos	Tiempo de caída	Registro

Fuente: Elaboración propia

En relación con la tabla ¿cómo caen los cuerpos? ¿Por qué considera que caen tan diferentes?

Procedimiento 3

Por último, vierta el aceite en la manguera hasta llenarla, organice las esferas de mayor a menor. Luego, piense en si pone las esferas (de mayor a menor) sobre la superficie del aceite y la suelta ¿qué cree que sucede? Haga el ejercicio real ¡suéltela! Y registre el proceso de lo que sucede en la siguiente tabla:

Cuerpos	Tiempo de caída	Registro

Fuente: Elaboración propia

En relación con la tabla, ¿cómo caen los cuerpos? ¿Por qué considera que caen tan diferentes?

Actividad 2

“Ordenando el medio”

Objetivo: Organizar el medio en relación con el cuerpo.

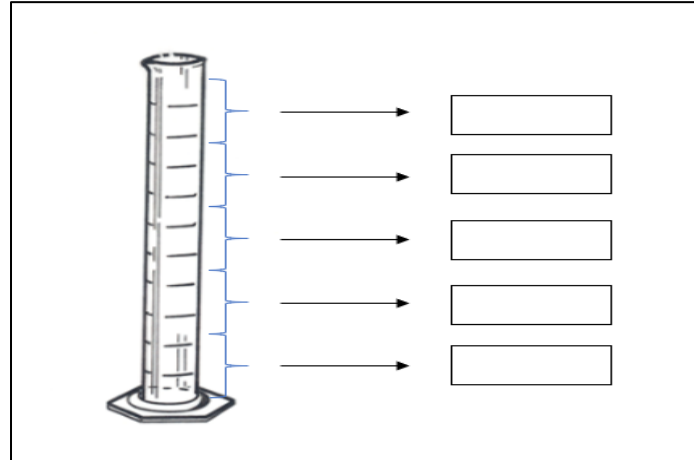
Preliminar

De la actividad anterior tome una esfera y póngala sobre la superficie de los diferentes medios (aire, agua, aceite, parafina, alcohol) ordene los medios de acuerdo con la caída del cuerpo (más rápido o más lento) y registre lo que sucede.

Cuerpo	Tiempo de caída	Rápido o lento

Fuente: Elaboración propia

De la tabla ¿Cómo quedarían organizados los medios? ¿Por qué?



Fuente: Elaboración propia

Ahora, tome una probeta y vierta los líquidos (sutilmente) ¿Qué observa? ¿A qué se debe esta organización? Compare su organización de medios con la que sucedió en la probeta ¿Qué puede decir sobre la caída en relación con lo elaborado?

Guía de trabajo No 5

“Densidades”

Objetivos:

- Hallar la densidad de diferentes líquidos.
- Encontrar relaciones entre masa, peso y volumen.

Materiales de la práctica.

- ✓ Agua.
- ✓ Aceite de cocina.
- ✓ Alcohol antiséptico (comercial).
- ✓ Aire.
- ✓ 4 jeringas.
- ✓ Balanza digital.

Actividad procedimental

Para la actividad procedimental se dispone de 3 experiencias que se encuentran fundamentadas bajo los objetivos trazados para esta unidad, se espera que los estudiantes al realizar las diferentes disposiciones de instrumentos y análisis de los valores obtenidos puedan alcanzar favorablemente elementos que permitan dar explicaciones acerca del trabajo realizado.

Procedimiento 1

Reconocimiento de la densidad en una sustancia líquida.

Vierta con cuidado en un tubo de ensayo cantidades proporcionales de los diferentes líquidos propuestos en los materiales, escriba en su cuaderno lo observado.

Si alguna sustancia (líquida) se mezcla con otra ¿Qué se puede decir acerca de ello? Registra en tu cuaderno.

Nota: Si alguna sustancia (líquida) se mezcla con otra cambiarla y repetir el procedimiento.

Procedimiento 2

Equivalencia de las masas y los volúmenes en relación con los líquidos.

Tome las 4 jeringas y póngalas en la balanza para hallar su peso, verifique que no contengan nada en su interior. Luego, en cada jeringa introduzca **50cm³** de líquido.

Nota: compruebe que la jeringa al introducir el líquido **no** contenga burbujas de aire.

Por último, pese la jeringa con el líquido en su interior y halle la masa de éste utilizando la siguiente expresión.

$$M_L = M_2 - M_1$$

Donde:

M_L = Masa del líquido.

M_2 = Masa (jeringa – líquido)

M_1 = Masa de la jeringa.

Registre todas las operaciones y describa cada una de las dificultades que obtuvieron al realizar los cálculos, Además de otras observaciones que ustedes consideren.

Procedimiento 3

Cálculo de la densidad para cada líquido

Calcule la densidad para cada líquido teniendo en cuenta la siguiente expresión:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde:

ρ = Densidad

M = Masa del líquido

V = Volumen

Para terminar, calcule la densidad en relación con 1cm^3

Nota: Como estas densidades se encuentran establecidas comercialmente y suele pasar que en la manipulación de instrumentos se tengan algunas fallas en relación con los resultados, es pertinente determinar el margen de error de los cálculos realizados de la siguiente forma:

$$E\% = \frac{P_r - P_{exp}}{P_r} \times 100\%$$

P_r = Densidad Real.

P_{exp} = Densidad Experimental.

Tenga en cuenta que el error permitido no puede ser superior a 6%

Guía de trabajo No 6

Actividad 1

“Volvamos a la lectura de Galileo”

Objetivos:

- Encontrar relaciones entre el cuerpo y el medio

Preliminar

En la **Guía No 3**, se propuso un ejercicio de lectura desde los planteamientos de Galileo sobre la influencia del peso, forma y tamaño del cuerpo en la caída; el escrito permitió llevar los análisis iniciales a otro nivel: reconocer que cuando un cuerpo cae no solo actúa su peso. A continuación, se propone un ejercicio parecido en el sentido de acudir a las ideas de Galileo para conocer sus planteamientos acerca de la relación existente entre el cuerpo y el medio para organizar nuestras ideas en relación con la descripción de la caída.

Hasta el momento sabemos que la influencia del medio juega un papel importante en la caída porque hemos visto como un mismo cuerpo cayendo en diferentes medios (agua, aceite, alcohol, parafina) cae de diferente forma (más rápido o más lento) o no cae. También sabemos que estos medios guardan ciertas diferencias entre sí como: su textura (espeso) o su densidad, esta última, según la **Guía No 5** da la organización numérica y visual (verter en una probeta cada liquido) de los medios. Sin embargo, estas actividades separadas desligan el proceso del descenso compuesto por el cuerpo y el medio, pero para Galileo entender estas propiedades tanto del cuerpo como del medio configuran una caída determinada porque existe una relación entre sí. Veamos que hace y qué piensa Galileo acerca de esta relación.

Relacionando el cuerpo y el medio en la caída de los cuerpos según Galileo.

Aristóteles hace una afirmación sobre la caída de un mismo cuerpo en diferentes medios, estimando que, el cuerpo se mueve con mayor velocidad de acuerdo a una proporción de densidades entre los medios, por ejemplo: un cuerpo se mueve más rápido en el aire que en el agua de acuerdo a que la densidad del aire es menor que la del agua.

Realizar

¿Qué consideraciones puedes establecer en relación con la afirmación de Aristóteles?

Para usted, ¿tiene alguna influencia la densidad dentro de la caída de un cuerpo de acuerdo con la idea de Aristóteles? ¿Por qué?

Por el contrario, Galileo considera que, si se siguiera la proporción entre las densidades de los medios, el cuerpo debería descender tanto en el aire como en el agua, pero existen cuerpos que en el aire realicen la caída, mientras en el agua no cae; por consiguiente, la proporción entre la densidad de los medios, agua y aire, no determinarían la velocidad de caída.

Realizar

¿Qué consideraciones puedes establecer en relación con la afirmación Galileo?

Para usted, ¿tiene alguna influencia la densidad dentro de la caída de un cuerpo de acuerdo con la idea de Galileo? ¿Por qué?

Las experiencias realizadas por Galileo lo llevaron a realizar la siguiente reflexión:

“[...] Observando qué sucedería con móviles de diferente peso, puestos en medios de diversas resistencias. Y advertí que la diversidad de velocidades es todavía mayor en los medios más resistentes que fluidos (*cedenti*); y esto con tales diferencias, que dos móviles que, descendiendo por el aire, difieren muy poco en su velocidad de movimiento, en el agua se moverá el uno con diez veces mayor rapidez que el otro”
(Galilei, Diálogos acerca de dos nuevas ciencias, 2004, pág. 104).

Según estas consideraciones, tanto para Aristóteles como para Galileo, la velocidad de caída del cuerpo está dada por acciones del medio, sin embargo, Aristóteles supone que, la velocidad está sujeta a la densidad del medio, mientras que Galileo a la resistencia a abrirse para dar paso al cuerpo.

Realiza

De acuerdo a las organizaciones que se han hecho sobre la caída en el aula, ¿Qué apreciaciones puedes elaborar sobre la velocidad?

Actividad 2

“Relaciones entre la densidad del cuerpo y la densidad del medio”

Objetivo: Reconocer si la densidad del cuerpo y la densidad del medio poseen implicaciones en la caída.

Preliminar

Dado que, las ideas de Aristóteles y Galileo sobre la velocidad en la caída siembran dos posibilidades de estudio en la caída, las implicaciones de relacionar la densidad del cuerpo y el medio y los efectos producidos por la resistencia del medio. Para este caso, se ha planteado la siguiente actividad para abordar las relaciones entre densidades.

Ahora bien, como en la **Guía No 5** encontramos las densidades experimentales de los medios (agua, aceite, alcohol, parafina) con valores respectivamente (1g/cm^3 , $0,95\text{g/cm}^3$, $0,88\text{g/cm}^3$, $0,80\text{g/cm}^3$) en este momento, nos concentraremos en las densidades de los cuerpos que caen (esferas), para así poder establecer relaciones que posiblemente tengan implicaciones en la caída.

Materiales

- ✓ Esferas
- ✓ Balanza digital
- ✓ Pie de rey (calibrador)

Procedimiento 1

Densidades de los cuerpos

Tome cada esfera y póngala sobre la balanza y estime su masa, anote estos datos. Luego, tome cada esfera por el derecho sugerido y con el Pie de rey (calibrador) estime el diámetro para cada una de ellas. Una vez, determinado estos datos, estime:

- El radio de las esferas de acuerdo a, $r = \frac{D}{2}$
- El volumen de la esfera en relación con, $v = \frac{4\pi R^3}{3}$
- La densidad de cada esfera: $\rho = \frac{m}{v}$

Procedimiento 2

Relaciones entre densidades

Una vez determinada cada una de las densidades de los cuerpos, sin olvidar las observaciones cuando se colocaron los cuerpos en cada medio, ver **Guía No 4**, complete el siguiente cuadro de acuerdo con el ejemplo:

Relaciones	Agua	Aceite	Alcohol	Parafina
Esfera uno	1/1			
Esfera dos		2/0,95		
Esfera tres				3/88
Esfera cuatro			4/0,80	

Fuente: Elaboración propia

En relación con la experiencia que se llevó acabo en la **Guía No 4** y estos valores numéricos, determine:

- Si la densidad del cuerpo es mayor a la del medio ¿qué sucede?
- Si la densidad del cuerpo es igual a la del medio ¿qué sucede?
- Si tuviéramos densidades del medio mayores a la densidad del cuerpo ¿qué sucede?
- ¿Qué se puede concluir de la actividad en general?

Guía N° 7
“Los medios en acción”

Objetivo: Determinar si la viscosidad del medio influye en la caída

Preliminares

Hemos visto cómo las relaciones entre la densidad del medio y la del cuerpo, influyen en la caída, pero a diferencia de Aristóteles, nuestras organizaciones numéricas y experimentales nos presentaron que, estas características determinan si el cuerpo cae o no. Ahora bien, en relación con la velocidad, consideremos las ideas de Galileo sobre el hecho de los medios resistentes.

Materiales

- ✓ Esferas
- ✓ Medios (agua, aceite, parafina, alcohol)
- ✓ Tabla lisa
- ✓ Medidor de caídas
- ✓ 4 jeringas

Procedimiento 1

Tome la tabla lisa y póngala en un ángulo de 45 grados, luego introduzca cierta cantidad de cada líquido en las jeringas y viértalo sobre la tabla como se le indica. ¿qué observa en el movimiento de los fluidos? ¿organice los medios del más rápido al más lento? Repita el ejercicio 2 veces más.

Procedimiento 2

Tome una de las esferas que cayó en todos los medios y realice nuevamente las caídas registrando ideas en relación con la velocidad observada.

Medios	Ideas
Agua	
Aceite	
Parafina	

Agua	
------	--

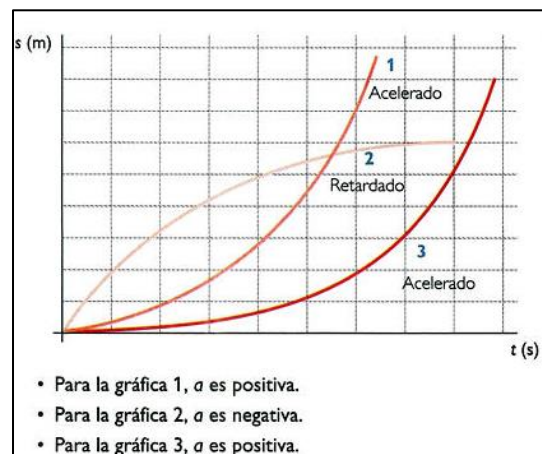
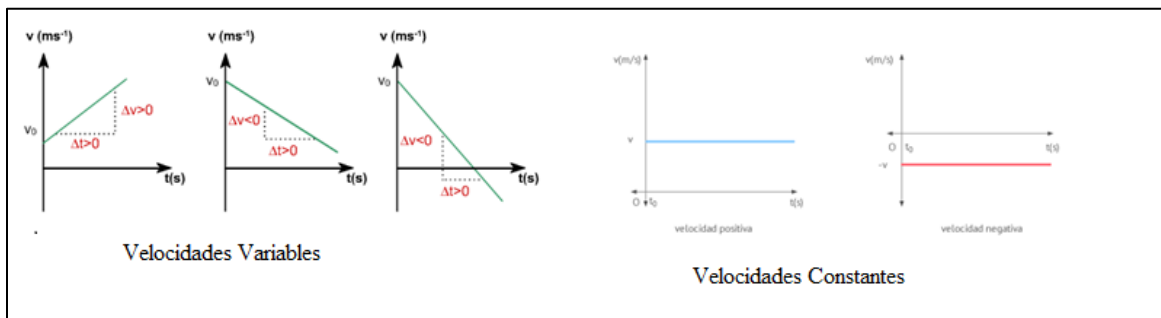
Fuente: Elaboración propia

Organice los medios de acuerdo a la rapidez que presenta el cuerpo al descender ¿Quedan organizados de la misma forma que en el **procedimiento 1**? ¿A qué cree usted que se debe esto?

Procedimiento 3

Ahora que se han establecido estas consideraciones sobre características, relaciones y afectaciones en el descenso, siempre se nos ha dicho que los cuerpos caen acelerados, es una condición indiscutible dentro de la caída, pero, dado que, estos medios (agua, aceite, alcohol, parafina) son particulares, ¿Es posible que influya en la aceleración del cuerpo al caer? Considere lo siguiente:

a. Para comprender si las caídas que se presentan son aceleradas o no. Identifique estas graficas:



Aceleraciones variables

-
- b. Introduzca los videos en el Software Tracker y siga las indicaciones para realizar análisis sobre el movimiento del cuerpo en el descenso.

Sobre las gráficas encontradas saque conclusiones sobre la caída de cuerpos en medios que ofrecen resistencia.

Anexo tres: Consideraciones realizadas por Aristóteles y Galileo en “Diálogos acerca de dos nuevas ciencias”

En el anexo se presentan algunas ideas de Aristóteles y Galileo que permiten estructurar la caída de los cuerpos para medios que ofrecen resistencia detalladas en la obra de Galileo: “Diálogos acerca de dos nuevas ciencias” en la jornada primera: Entorno a la coherencia en las partes en los cuerpos sólidos, pág. (94 – 146). Traducida por T. Isnardi (2004).

Aristóteles	Galileo
Arremete contra otros filósofos antiguos por considerar al vacío necesario para el movimiento. Supone: Los móviles de peso diferente, que se mueven en el mismo medio. Dos móviles con diferentes pesos en un mismo medio se mueven con diferente velocidad, las cuales mantienen entre si la misma proporción de su peso.	Si los móviles son de la misma materia se puede probar que cae con la misma velocidad. Demostración: Si unimos con una cuerda una piedra con una velocidad de 8 grados y otra de 4 grados, el resultado de la velocidad es menor a 8 grados, mientras que las dos piedras juntas darán como resultado una velocidad mayor a 8 grados, en este caso consideramos que quien le da la velocidad son los pesos cosa que es ¡falsa! Si se hace una distinción entre los cuerpos graves en movimientos y los que están en reposo, entonces, Si ponemos una piedra grande sobre una balanza y le añadimos otra esta tendrá más peso en comparación a sí se pone solo una de las dos, pero si dejamos caer libremente una piedra, desde cierta altura atada a otra, solo se sentirá el peso si hubiera una oposición al movimiento de caída. Se puede concluir que, “en la caída libre y natural, la piedra más pequeña no presiona con su peso a la mayor y en consecuencia no le añade peso alguno, como sería el caso en estado de reposo.” En el caso de que fuera la piedra más grande sobre la más pequeña, solo aumentaría el peso si su movimiento fuese más rápido, pero no.

	Se puede concluir que “Los móviles grandes o pequeños, se mueven a la misma velocidad si se tiene el mismo peso específico”
Un mismo móvil moviéndose en medios diferentes. Parte del principio de que las velocidades de un mismo móvil, en medios diferentes, son inversamente proporcionales a la densidad de tales medios. De esto se deriva que: debido a lo fino que resulta ser el vacío todo móvil que se mueva en este medio durante cierto tiempo, recorriendo ciertos espacios deberá moverse en un solo instante, pero el movimiento instantáneo es imposible, luego es imposible que se dé el vacío como fundamento del movimiento. Ejemplo Si la densidad en el agua es 10 veces mayor que en el aire, entonces, la velocidad en el aire es 10 veces mayor que en el agua. De lo cual, se deriva lo siguiente: “dado que el vacío supera infinitamente la corporeidad de cualquier medio pleno, todo móvil que se mueva en este medio pleno durante cierto tiempo, deberá moverse en un instante. Pero, el movimiento instantáneo es imposible, luego es imposible que se dé vacío como fundamento del movimiento”	Este supuesto no es menos falso que el anterior, puesto que, si nos damos cuenta cuando un móvil se desplaza en medios diferentes como es el aire y el agua, y en el aire se desplaza con una velocidad mayor que en el agua, según la rarefacción del aire y del agua, se seguiría que cualquier móvil que descende en el aire también lo haría en el agua lo cual es ¡falso! Ya que, muchos cuerpos descienden en el aire mientras en el agua emergen. Demostración. Si la consistencia del agua o cualquier cosa que retrase el movimiento guarda una proporción determinada con la consistencia del aire, que lo demora menos y en caso de que tal proposición sea cierta, entonces podemos hacer lo siguiente: Supongamos que es una proporción de 10 a 1 y que, por lo tanto, la velocidad de un cuerpo que descende en ambos elementos tendrá una velocidad 10 veces menor en el agua que en el aire, pero para hacerlo más interesante, tomemos uno de esos cuerpos que caen en el aire, pero no caen en el agua como sería el caso de una bola de madera, asignemos a ella un valor de 20 grados en el aire. Si consideramos la misma proporción que la consistencia del agua con respecto a la del aire, entonces, el valor en el agua sería solamente de 2 grados; de modo que, si seguimos las reglas de Aristóteles, se debería concluir que la bola de madera descende 20 grados en el aire y en el agua debería descender 2 sin subir desde el fondo a la superficie que es lo que realmente ocurre. A no ser que Aristóteles quisiera decir que el ascenso en el agua es lo mismo que descender. Ahora bien, si consideramos una bola de diferente sustancia que pueda descender a razón de 2° en el agua ¿a qué velocidad

	desciende en el aire? (si respetamos el axioma de Aristóteles) entonces esta debe ser de 20 grados. Demostración 2 Dado dos cuerpos, uno de los cuales se mueve en el agua a una velocidad 100 veces mayor que el otro, en el aire se mueve a una velocidad que no supera en una centésima la del otro. Así, por ejemplo, un huevo de mármol, que descenderá en el agua con una velocidad cien veces mayor que un huevo de gallina, ahora, si los dejamos caer a una altura de 20 brazas en el aire, el huevo de mármol no le sacará una distancia más de cuatro dedos. Aquel cuerpo (huevo de gallina) que tardará en 3 horas en llegar al fondo en 10 brazas de agua, en el aire atravesará una altura de 10 brazas en una o dos pulsaciones, mientras que otro cuerpo, como una bola de plomo la atravesará en un tiempo menor. En conclusión: como ya se ha demostrado el argumento de Aristóteles contra el vacío no es válida. De pensar en algo sería esto, “la imposibilidad de espacios vacíos notablemente grandes, los cuales ni yo supongo ni creo que los antiguos filósofos supusieran que se daban en la naturaleza, aunque se podrían producir violentamente, como parece seguirse de diversas experiencias, que llevarían demasiado lejos en este momento enumerar”
Yo no creeré jamás que, en el vacío mismo, si en el fuese posible el movimiento, un copo de lana se mueva a la misma velocidad que un trozo de plomo	Hemos visto ya que las diferencias de velocidades de los móviles con peso distinto son cada vez mayores a medida que los medios atravesados ofrecen más resistencia. Más aún, en el mercurio, el oro no solo desciende a más velocidad que el plomo, sino que con relación a otros metales y las piedras permanecen en la superficie flotando. Sin embargo, será casi insensible la diferencia de velocidades en el aire ya que una bola de oro, al cabo de una

	altura de cien brazas, no aventajará a una bola de cobre en 4 dedos. Conclusión: “si se elimina absolutamente la resistencia del medio, todos los cuerpos descenderían a la misma velocidad” Investiguemos que les pasa a los cuerpos de diferentes pesos en un medio cuya resistencia fuese nula, puesto que, cualquier diferencia de velocidad habría que ponerla en relación a su peso y solo un espacio vacío podría mostrarnos aquello que estamos buscando. Pero ya que no disponemos de ese espacio observemos que es lo que ocurre en los medios más sutiles y menos resistentes. Si se llega a constatar que los móviles de diferentes pesos se mueven a velocidades cada vez menos distinta a medida que medios atravesados son cada vez menos resistentes y que finalmente en el medio más ligero de todos, aunque no sea el vacío, la desigualdad entre móviles con distinto peso es pequeñísima y casi inobservable. Por lo tanto, podríamos decir que en el vacío sus velocidades son absolutamente iguales.
Pudiera ser que al comienzo de la caída ocurriese lo que acabas de decir; pero, más adelante, si el movimiento se prolonga suficientemente, me parece que el plomo dejaría detrás a la vejiga, por mucho espacio Si la diferencia de peso no es la causa del cambio proporcional de la velocidad, supuesto que los pesos no varían, tampoco el medio porque siempre lo tomamos como idéntico y en ese sentido, no podrá alterar dichas velocidades.	Mi intención es demostrar que la diferencia de peso no es la causante de la diferencia de velocidades en la caída, sino que esta diferencia depende de accidentes externos y concretamente, de la resistencia del medio de modo que, si elimino tal resistencia, todos los móviles se moverían con el mismo grado de velocidad. Cosa que se deduce, puesto que, la diferencia de peso aumenta cada vez más la diferencia de velocidades a medida que son mayores los espacios recorridos, efecto que no se producirá si dependiera de los pesos ya que al ser siempre estos los mismos, la proporción entre los espacios recorrido debería permanecer siempre constante, mientras que si el movimiento continuo, vemos cómo va creciendo dicha proporción.

	Un cuerpo pesado tiene por naturaleza, un principio intrínseco que lo mueve hacia el centro común de los graves (centro terrestre), con un movimiento continuamente acelerado y siempre igualmente acelerado; es decir, que en tiempos iguales recorre espacios iguales y nuevos grados de velocidad, pero solo se cumple si se eliminan los obstáculos accidentales y externos, entre los cuales hay uno que no podemos eliminar: es la resistencia que ofrece el medio pleno y que el móvil, en su caída ha de abrir y separar hacia los lados. A este movimiento transversal, el medio, aunque sea fluido, penetrable y en reposo, opone una resistencia mayor o menor según que deba abrirse a más o menos velocidad para dejar paso al móvil. Este, al irse acelerando continuamente encuentra una resistencia mayor o menor según deba abrirse a más o menos velocidad. Finalmente, y como consecuencia, tanto la velocidad como la resistencia alcanzan un punto tal que llegan a equilibrarse eliminando la aceleración y reduciendo el móvil a un movimiento constante y uniforme en el que se mantendrá. El aumento de la resistencia no se da por el cambio de su esencia, sino porque se altera la velocidad con la que tiene que abrirse permitiendo el paso del cuerpo que cae y va acelerándose continuamente. Conclusión: “El peso en caída de dos móviles, es el instrumento que permite abrir el camino, apartando las partes de este hacia los lados, operación que no tiene lugar en el vacío. Por lo tanto, en el vacío las velocidades de los móviles serian iguales”
--	---