



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**La comprensión del fenómeno gravitacional y la promoción de la autorregulación en  
estudiantes de séptimo grado. Un proyecto con enfoque STEAM.**

Cristian Elías García-Mesa

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

Asesores

Christian Fernney Giraldo Macías, Doctor (PhD) en Educación

Verónica Valderrama Gómez, Doctora (PhD) en Ciencias de la Educación

Universidad de Antioquia  
Facultad de Educación  
Licenciatura en Matemáticas  
Medellín, Antioquia, Colombia

2023

<b>Cita</b>	(García-Mesa, 2023)
<b>Referencia</b>	García-Mesa, C. (2023). <i>La comprensión del fenómeno gravitacional y la promoción de la autorregulación en estudiantes de séptimo grado. Un Proyecto con enfoque STEAM.</i> [Trabajo de grado profesional].
<b>Estilo APA 7 (2020)</b>	Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.



Centro de Investigaciones Educativas y Pedagógicas (CIEP).



Centro de Documentación Educación

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

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano:** Wilson Bolívar Buriticá.

**Jefe departamento:** Cartul Valericio Vargas Torres.

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

## **Dedicatoria**

A mis padres, a quienes considero mis más grandes maestros: su obrar despierta admiración en mi alma, sus personas hacen brotar el agradecimiento de mi corazón, y su compañía develan el abrazo redentor de mi vida

## **Agradecimientos**

Gracias al Creador, a la vida misma, al Alma Máter de Antioquia, al Colegio Calasanz Medellín, y muy especialmente a mis maestros asesores que me acompañaron con especial sensibilidad pedagógica y con profesionalismo académico en este tránsito de estudiante a educador

## Tabla de contenido

Resumen .....	10
Abstract .....	11
1. Planteamiento del problema y justificación .....	12
2. Objetivos .....	17
2.1 Objetivo general .....	17
2.2 Objetivos específicos.....	17
3. Revisión de Literatura .....	18
3.1 Antecedentes .....	22
4. Marco conceptual .....	26
4.1 Enseñanza del fenómeno de la Gravedad.....	26
4.2 Aprendizaje Basado en Proyectos y enfoque STEAM.....	32
4.3 Autorregulación del aprendizaje .....	38
5. Metodología.....	47
5.1 Metodología de investigación .....	47
5.2 Método.....	48
5.3 Contexto y selección de participantes .....	49
5.4 Instrumentos .....	49
5.5 Consideraciones éticas .....	51
5.6 Ruta de análisis.....	52
5.7 Diseño del proyecto con enfoque STEAM.....	53
6. Resultados y análisis .....	66
6.1 Comprensión del fenómeno gravitacional.....	66
6.1.1 En relación con la fuerza.....	66
6.1.2 En relación con la masa y el peso .....	70

6.1.3 En relación con la aceleración .....	72
6.1.4 Concepciones sobre la Gravedad.....	75
6.2 La Autorregulación.....	77
6.2.1 Generalidades del proceso de autorregulación del aprendizaje en estudiantes participantes .....	78
6.2.1.1 Planificación .....	78
6.2.1.2 Ejecución.....	82
6.2.1.3 Autorreflexión.....	84
6.2.2 Proceso de autorregulación del aprendizaje en un estudiante participante: un minicaso .....	86
6.2.2.1 Planificación .....	87
6.2.2.2 Ejecución.....	89
6.2.2.3 Autorreflexión.....	91
6.3 Percepciones.....	93
6.3.1 Frente al ámbito específico de la Gravedad.....	94
6.3.2 Frente al Proyecto con enfoque STEAM .....	96
7. Conclusiones y recomendaciones .....	100
8. Referencias bibliográficas.....	105
9. Anexos .....	112

## Lista de tablas

<b>Tabla 1:</b> Criterios de búsqueda.....	18
<b>Tabla 2:</b> Paralelo entre la enseñanza tradicional y el Aprendizaje Basado en Proyectos .....	35
<b>Tabla 3:</b> Categorías y subcategorías de análisis .....	52
<b>Tabla 4:</b> Generalidades del Proyecto con enfoque STEAM .....	53
<b>Tabla 5:</b> Objetivos de aprendizaje y articulación de áreas STEAM .....	54
<b>Tabla 6:</b> Correspondencia entre los elementos del ABPy-STEAM, las fases del diseño ingenieril y las fases de la autorregulación.....	55
<b>Tabla 7:</b> Visión general del proyecto a partir de sus tres fases de implementación.....	55
<b>Tabla 8:</b> Categoría comprensión del fenómeno gravitacional y sus respectivas subcategorías ....	66
<b>Tabla 9:</b> Principales conclusiones de actividad experimental diagnóstica sobre caída libre .....	73
<b>Tabla 10:</b> Categoría autorregulación y sus respectivas subcategorías .....	78
<b>Tabla 11:</b> Respuestas de algunos estudiantes ante el proceso de planificación .....	79
<b>Tabla 12:</b> Apreciaciones sobre el avance de los estudiantes en la fase de ejecución en el desarrollo de actividades del proyecto .....	83
<b>Tabla 13:</b> Respuestas de estudiantes participantes ante preguntas para la autorreflexión .....	84
<b>Tabla 14:</b> Elementos de la autorregulación del aprendizaje del estudiante seleccionado en el desarrollo del instrumento diagnóstico: planificación .....	87
<b>Tabla 15:</b> Elementos de la autorregulación del aprendizaje del estudiante seleccionado en el desarrollo del instrumento diagnóstico: ejecución .....	89
<b>Tabla 16:</b> Elementos de la autorregulación del aprendizaje del estudiante seleccionado en el desarrollo del instrumento diagnóstico: autorreflexión.....	91
<b>Tabla 17:</b> Categoría sobre percepciones de los estudiantes y sus respectivas subcategorías.....	94
<b>Tabla 18:</b> Respuestas de los estudiantes a cuestionario sobre integración en las prácticas de aula de los elementos constitutivos de la metodología ABPy .....	97

## Lista de figuras

<b>Figura 1:</b> Líneas investigativas en las unidades de análisis revisadas sobre el fenómeno gravitacional .....	20
<b>Figura 2:</b> Concepciones sobre Aprendizaje Basado en Proyectos en las unidades de análisis revisadas .....	21
<b>Figura 3:</b> Enfoques investigativos sobre la autorregulación del aprendizaje en las unidades de análisis revisadas .....	22
<b>Figura 4:</b> Representaciones de variables en la Fuerza de Gravedad .....	29
<b>Figura 5:</b> Elementos constitutivos del Aprendizaje Basado en Proyectos .....	34
<b>Figura 6:</b> Fases y procesos de la autorregulación .....	40
<b>Figura 7:</b> Modelo multiniveles de la autorregulación .....	44
<b>Figura 8:</b> Algunas portadas de las carpetas personalizadas realizadas por los estudiantes.....	57
<b>Figura 9:</b> Cuadros paralelos realizados por los estudiantes sobre las posturas de Aristóteles, Galileo y Newton alrededor del fenómeno de la Gravedad .....	58
<b>Figura 10:</b> Estudiantes trabajando en equipo en torno al producto final .....	59
<b>Figura 11:</b> Estudiantes diseñando el comic digital.....	60
<b>Figura 12:</b> Comparaciones entre las primeras ideas de bocetos del producto final, los bocetos más elaborados a partir de criterios de construcción, y la construcción de los prototipos realizados por algunos equipos .....	61
<b>Figura 13:</b> Algunos prototipos construidos por los equipos de trabajo.....	62
<b>Figura 14:</b> Trabajo con simuladores alrededor de la fuerza gravitacional .....	63
<b>Figura 15:</b> Estudiantes desarrollando el ejercicio de crítica y revisión.....	63
<b>Figura 16:</b> Estudiantes diseñando el poster para la presentación final .....	64
<b>Figura 17:</b> Estudiantes experimentando con la caída de los cuerpos.....	65
<b>Figura 18:</b> Presentación del producto final: carrera de los carros de gravedad .....	65
<b>Figura 19:</b> Respuestas de algunos estudiantes frente a la relación de la fuerza gravitacional con la masa y la distancia.....	68
<b>Figura 20:</b> Respuestas de un equipo de trabajo frente a preguntas relacionadas con la variación de las masas suspendidas en el carro de gravedad .....	69

<b>Figura 21:</b> Concepciones previas que tienen los estudiantes sobre la masa .....	70
<b>Figura 22:</b> Concepciones previas que tienen los estudiantes sobre el peso .....	71
<b>Figura 23:</b> Representación gráfica de las concepciones previas sobre la Gravedad de algunos estudiantes .....	75
<b>Figura 24:</b> Respuesta de los estudiantes sobre la Gravedad en el espacio después de participar de la actividad con la representación del sistema solar.....	77
<b>Figura 25:</b> Adaptación del formato de la estrategia casa-colegio con objetivos para el desarrollo de actividades del Proyecto STEAM.....	86
<b>Figura 26:</b> Apartado de una entrevista al estudiante en el marco de la planificación de una actividad al iniciar el Proyecto.....	88
<b>Figura 27:</b> Apartado de una entrevista al estudiante en el marco de la planificación de una actividad al finalizar el Proyecto.....	88
<b>Figura 28:</b> Apartado de una entrevista al estudiante en el marco de la ejecución de una actividad al iniciar el Proyecto.....	90
<b>Figura 29:</b> Apartado de una entrevista al estudiante en el marco de la ejecución de una actividad al finalizar el Proyecto.....	90
<b>Figura 30:</b> apartado de una entrevista al estudiante en el marco de la autorreflexión de una actividad al iniciar el Proyecto .....	92
<b>Figura 31:</b> Apartado de una entrevista al estudiante en el marco de la autorreflexión de una actividad al finalizar el Proyecto.....	92
<b>Figura 32:</b> Respuestas de algunos de los estudiantes participantes a la pregunta ¿por qué caen las cosas? .....	94
<b>Figura 33:</b> Algunos pósteres diseñados por los equipos de trabajo sobre el proceso vivido en el desarrollo de las fases del diseño ingenieril .....	95
<b>Figura 34:</b> Algunas percepciones de los estudiantes sobre el Proyecto STEAM ¿Por qué caen las cosas? .....	98



## **Siglas, acrónimos y abreviaturas**

<b>ABPy</b>	Aprendizaje Basado en Proyectos
<b>STEAM</b>	Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics
<b>MEN</b>	Ministerio de Educación Nacional

## Resumen

En este trabajo de investigación, se describe una propuesta de enseñanza para comprender el fenómeno de la Gravedad y promover procesos de autorregulación. Esta propuesta se articula bajo la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos con enfoque STEAM, incorporando las fases de autorregulación (Zimmerman, 2005) y las fases del diseño de ingeniería para construir un carro de gravedad. El estudio se llevó a cabo con estudiantes de séptimo grado del Colegio Calasanz en la ciudad de Medellín, Colombia. La metodología empleada fue cualitativa, utilizando el método de estudio de caso. Los resultados indican que el Aprendizaje Basado en Proyectos con enfoque STEAM ha favorecido la autorregulación del aprendizaje en los estudiantes participantes, fortaleciendo la planificación, ejecución y autorreflexión durante las actividades del Proyecto. Además, se han observado avances en la superación de concepciones erróneas sobre el fenómeno de la Gravedad identificadas durante la fase diagnóstica.

*Palabras clave:* Aprendizaje Basado en Proyectos, STEAM, autorregulación del aprendizaje, fenómeno gravitacional, diseño ingenieril.

### **Abstract**

In this research work, a teaching proposal is described for understanding the phenomenon of Gravity and promoting self-regulatory processes. This proposal is articulated under the methodology of Project-Based Learning with a STEAM approach, incorporating the phases of self-regulation (Zimmerman, 2005) and the engineering design phases for constructing a gravity car. The study was conducted with seventh grade students of the Calasanz School in the city of Medellín, Colombia. The methodology used was a qualitative case study approach. The results indicate that Project-Based Learning with a STEAM approach has facilitated self-regulated learning among the participating students, strengthening planning, execution, and self-reflection during project activities. Furthermore, progress has been observed in overcoming misconceptions about the phenomenon of Gravity identified during the diagnostic phase.

*Keywords:* Project-Based Learning, STEAM, self-regulated learning, Gravitational Phenomenon, engineering design

### **1. Planteamiento del problema y justificación**

Con la intención de responder a los desafíos que se presentan cotidianamente en la enseñanza de la Física, surgen interrogantes acerca de cómo enseñar esta asignatura y cómo ofrecer miradas diferentes que trasciendan las tradicionales posturas heredadas del positivismo y de los consensos y divergencias en la sistematización del conocimiento científico que han impactado la educación en ciencias (Iglesias, 2004; Romero y Aguilar, 2013). Estos consensos y divergencias han delineado una enseñanza en donde prevalece la dimensión teórica de la ciencia. García y Stany (2010), plantean el panorama de la enseñanza de la Física en la escuela:

[...] Tanto en la presentación de los textos como en la explicación de los estudiantes se encuentra una fuerte tendencia hacia el modelo teórico. En el caso de los estudiantes los investigadores han encontrado que, a pesar de los cursos de Física fundamental recibidos, éstos no logran comprender los fenómenos que estudian, en tanto que no pueden dar cuenta del campo fenoménico ni explicar algún hecho diferente a los que les presenta el texto. Y por lo tanto termina con una cantidad de información que no puede utilizar más que en la solución de los problemas del libro, pero con un desconocimiento del fenómeno mismo [...] (p. 17).

Por esta razón, las tendencias investigativas recientes problematizan la supremacía de la dimensión teórica en la enseñanza de las ciencias (Ferreirós y Ordoñez, 2002; García y Stany, 2010; Romero et al, 2013). Estas intencionalidades investigativas buscan cambiar la mirada en la práctica educativa científica en donde se le da más importancia al aprendizaje de conceptos y menos a los procedimientos y las actitudes, que son igualmente importantes en la educación en ciencias (López y Tamayo, 2012); además, darle protagonismo al estudiante a partir de una enseñanza con enfoque cualitativo y posibilitadora de procesos autónomos en la construcción del conocimiento científico.

En esta línea de problematización en la enseñanza de las ciencias, particularmente la asignatura de Física, esta investigación tuvo lugar a partir de la lectura del contexto del colegio Calasanz Medellín. En este centro de práctica profesional docente, se llevó a cabo un ejercicio de observación centrado en los estudiantes del grado séptimo y sus procesos de aprendizaje de las Matemáticas y la Física. Desde el campo de la Física, los docentes encargados refirieron que los estudiantes presentaban dificultades en transferir conocimientos matemáticos para la comprensión de los fenómenos físicos. Además, señalaron que persistía una predisposición en los estudiantes

para el aprendizaje de la Física, ya que mostraban constante desinterés cuando se abordaban los conceptos de una manera tradicional; sin embargo, manifestaban interés y curiosidad cuando se relacionaban las temáticas con actividades experimentales.

Lo anterior, evidencia una enseñanza tradicional que genera desinterés en los estudiantes, y aunque entender los fenómenos desde prácticas experimentales les motiva, para este grado los laboratorios de Física son escasos, ya que se privilegian las prácticas experimentales en biología, dada la asignación académica. Esta situación puede ser mejorada al orientar una enseñanza de la Física más integral y vivencial con el entorno, que permitan apropiarse y comprender los conceptos, confrontar la teoría y la práctica, mejorar la capacidad de comprensión de fenómenos cotidianos, desarrollar y fortalecer las habilidades y destrezas científicas, promover un trabajo cooperativo y colaborativo (Flores et al, 2009; Spinoza-Ríos, et al., 2016; Acosta et al, 2021).

De esta manera, abordar una enseñanza en favor de la formación integral, debe estar demarcada por la trascendencia del discurso meramente técnico, la superación de la neutralidad valorativa, el protagonismo al estudiante, la acogida de metodologías activas y la promoción de la autonomía en el aprendizaje (Henaó et al., 2021). El ejercicio de observación en el espacio escolar en este centro de práctica en el grado séptimo, evidenció que a la fecha, las mencionadas orientaciones no se habían hecho del todo efectivas en la clase de Física, pues persistía un apego a la enseñanza tradicional, y aunque se brindaban espacios como la experimentación, esta se debía fortalecer en favor de la reflexión y la promoción de habilidades y actitudes científicas para la comprensión de los fenómenos estudiados y sus conceptos asociados.

Por las consideraciones anteriores, se hace necesario una propuesta de enseñanza que se ofrezca como un modelo alternativo ante las problemáticas identificadas en el contexto, partiendo de una temática transversal en la enseñanza de la Física: la Gravedad (Syuhendri, 2019; Panorkou y Feb, 2021) y sobre la cual existen numerosas concepciones erróneas (Palmer, 2001; Syuhendri, 2019; Desstya et al, 2021; Lelliott, 2014; Machado et al., 2011). Es así como esta investigación se dirigió al estudio de la comprensión del fenómeno de la Gravedad. Este fenómeno de la naturaleza transversaliza los fenómenos en la Física y es la respuesta a preguntas que generan curiosidad en los estudiantes: ¿Por qué caen los objetos? ¿por qué estos son impulsados cuando caen y frenados cuando son lanzados hacia arriba? Por lo general, desde el campo de la Física, y de manera parcial en el centro de práctica, se visibilizaba una tendencia a enseñar el concepto de Gravedad como una aceleración con un valor constante en la Tierra; se discutían sólo variabilidades de este fenómeno

en otros cuerpos celestes (López, 2019), y se descuidaban análisis cualitativos y cuantitativos desde la covariación de las magnitudes que integran la conceptualización de la fuerza gravitacional (Panorkou y Feb, 2021).

Así mismo, en la clase de Matemáticas se pudieron identificar frecuentes cuestionamientos de los estudiantes frente a la utilidad de ciertos conceptos matemáticos problematizados en las clases, entre ellos las ecuaciones, que curricularmente se abordan en el grado escolar séptimo. Se percibieron dificultades de los estudiantes para entender el uso y significado de las letras como variables (grupo Azarquiel, 1993), además de manifestar, en primer lugar, incapacidad para enfrentarse a este tipo de contenido matemático en condiciones más retadoras a como las planteó el educador en la explicación magistral, evidenciándose dificultades para superar el nivel de emulación y adentrarse a procesos de autocontrol y autorregulación (Zimmerman, 2005); y en segundo lugar, a los estudiantes les costaba mucho enmarcar su proceso de aprendizaje en un ciclo de planificación, ejecución y autorreflexión, es decir, lograr objetivos que partieran de una planeación, acompañar la consecución del mismo mediante estrategias que posibilitaran su logro, y posterior a ello reflexionar sobre el proceso vivido para identificar aciertos y desaciertos.

Ahora, al establecer una correspondencia entre las generalidades de enseñanza del fenómeno gravitacional y el escenario que se trabaja en la clase de Matemáticas, se evidencia una ruptura entre los elementos que se relacionan, por lo que se hace necesario una conexión interdisciplinaria entre la Física y las Matemáticas para la comprensión del fenómeno de la Gravedad. En relación con ello, la enseñanza debe favorecer conexiones matemáticas con el fenómeno, ya que no se concibe las construcciones físicas separadas de las construcciones matemáticas (Machado et al, 2011), de tal manera que se propicie el desarrollo de competencias en la identificación de condiciones que influyan en los resultados del análisis de situaciones problemas relacionadas con el fenómeno gravitatorio, y en el diseño y realización de experimentos y verificación del efecto de modificar variables para dar respuesta a preguntas de tipo matemático y asociadas a la comprensión del fenómeno (MEN, 2006b).

Además de los elementos matemáticos relacionados con la variabilidad, como un asunto que hay que fortalecer para la comprensión del fenómeno gravitacional, también existía la necesidad de potenciar habilidades para la construcción del conocimiento científico, ya que se evidenció que gran parte de los objetivos de enseñanza y actividades propuestas a los estudiantes para el aprendizaje de la Física no conservaban enfoques cualitativos que posibilitaran en ellos la

reflexión, socialización, indagación o la comunicación de los fenómenos que estudian, dado que predominaba una tendencia hacia el aprendizaje memorístico y una guías experimentales más instrumentalistas que cualitativas y exploratorias.

En relación con lo anterior, los enfoques formativos actuales le apuestan a una educación integral. En este sentido, es conveniente que los educadores, como garantes de la calidad educativa, busquen estrategias que contribuyan al fortalecimiento de diferentes habilidades que permitan el desarrollo integral de los estudiantes, entre ellas la autonomía y los procesos de autorregulación del aprendizaje (Zimmerman 2000; Panadero y Alonso-Tapias, 2014; Henao et al, 2021). Aunque estas habilidades son de gran relevancia, se observan con poca frecuencia dentro del comportamiento de los estudiantes, dado que se evidenciaron dificultades para asumir iniciativas en la resolución de problemas y una frecuente dependencia del maestro para la creación de estrategias. Desde esta perspectiva, el sujeto se caracteriza por ser pasivo en sus acciones diarias al poseer bajos niveles tanto de acción participativa como de autoanálisis de su aprendizaje (Cardona y Duarte, 2022), dependientes en la toma de decisiones, limitados para la creatividad. Así, los educadores deben propiciar los ambientes de aprendizaje que fortalezcan tanto las habilidades como las competencias autónomas que conlleven a procesos de autorregulación.

En este contexto, se reconoce la importancia de emplear métodos de enseñanza activos en las dinámicas de aprendizaje, los cuales promueven la formación integral del individuo y establecen una conexión entre la ciencia y la vida cotidiana de los estudiantes. Algunos referentes (Cardona y Duarte, 2022; Vélez et al, 2022) han demostrado que el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPy) es una alternativa innovadora que se centra en los intereses de los estudiantes y los involucra activamente en la planificación, ejecución, presentación y evaluación de experiencias de aprendizaje interactivas. Además, el ABPy se considera una metodología privilegiada para alcanzar los objetivos de la educación STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas), ya que fomenta el desarrollo de habilidades del siglo XXI necesarias para despertar el interés en las áreas científico-tecnológicas (Domènech-Casal, 2018; Pérez-Torres, 2021; Benjumeda y Romero, 2017; Causil y Rodríguez, 2021; Carmona et al., 2019).

Uno de los elementos constitutivos del Aprendizaje Basado en Proyectos es la promoción de la autonomía del estudiante en favor de su aprendizaje (Arce et al, 2013; Botella y Ramos, 2019; Cardona y Duarte, 2022), por lo que esta estrategia metodológica se hace muy favorable para la comprensión del fenómeno gravitacional y su incidencia en el desarrollo de procesos

autorregulatorios en el aprendizaje (Vélez et al., 2022). Esta investigación ofrecerá al docente de Matemáticas y Física, una alternativa metodológica con acciones y reflexiones como insumo pedagógico para fortalecer procesos autorregulatorios en sus estudiantes a la vez que abordará de manera interdisciplinar la enseñanza de la Gravedad desde tres ámbitos: lo histórico, lo epistemológico y desde la interacción con el contexto.

Con base en los problemas descritos anteriormente y las consideraciones dadas, este ejercicio investigativo pretende dar respuesta a la siguiente pregunta problematizadora: ¿De qué manera la implementación de un proyecto con enfoque STEAM para la comprensión del fenómeno gravitacional favorece procesos de autorregulación en estudiantes de grado séptimo del colegio Calasanz Medellín?



## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Analizar la incidencia de la implementación de un proyecto con enfoque STEAM para la comprensión del fenómeno gravitacional y su influencia en la promoción de procesos de autorregulación del aprendizaje en estudiantes de grado séptimo del Colegio Calasanz Medellín.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Indagar acerca de las concepciones previas que tienen los estudiantes sobre el fenómeno gravitacional para el diseño de un proyecto con enfoque STEAM.
- Describir las evidencias asociadas a las comprensiones de los estudiantes al problematizar asuntos relacionados con el fenómeno gravitacional y su enfoque variacional.
- Identificar los procesos de autorregulación del aprendizaje de los estudiantes cuando participan de un proyecto con enfoque STEAM para la comprensión del fenómeno de la Gravedad.
- Reconocer las percepciones de los estudiantes de grado séptimo acerca de la enseñanza del fenómeno gravitacional bajo la metodología ABPy-STEAM

### 3. Revisión de Literatura

En esta sección se presentan los resultados de una revisión de literatura, que tuvo como finalidad rastrear información acerca del fenómeno de la Gravedad en el contexto pedagógico de su enseñanza, el Aprendizaje Basado en Proyectos con un enfoque STEAM, y la autorregulación del aprendizaje.

Para la revisión de literatura se tuvieron en cuenta los planteamientos que hace Hoyos (2000), quien presenta orientaciones generales para la construcción de estados del Arte mediante cinco fases. En este apartado se atiende únicamente a la primera fase de este proceso denominada *preparatoria*, en donde se enmarcan las generalidades de la investigación, principalmente el objeto de estudio y los núcleos temáticos. A continuación, se presenta una tabla con los criterios considerados para la búsqueda.

**Tabla 1**

*Criterios de búsqueda*

Criterios					
Delimitación temática	Delimitación temporal	Contexto	Colectivo de análisis	Unidades de análisis	Núcleos temáticos
Comprensión del fenómeno gravitacional	Entre los años 2012-2022	Ámbito Nacional e Internacional	Revistas Nacionales e internacionales	Artículos	Fenómeno de la Gravedad Aprendizaje Basado en Proyectos con enfoque STEAM Autorregulación del aprendizaje

Se recurrió a diferentes bases de datos de las revistas relacionadas con Educación Matemática y con la enseñanza de las ciencias con el propósito de rastrear información acerca de los núcleos temáticos anteriormente definidos y encontrar las unidades de análisis. Para la autora referida, las unidades de análisis son los textos individuales que engrosan el conjunto de cada núcleo temático, en este caso son los artículos de investigación; sin embargo, dado que la búsqueda arrojó investigaciones significativas a nivel de pregrado y posgrado, estas se consideran bajo criterio de inclusión.

Acto continuo, se presentan los resultados para cada uno de los núcleos temáticos, detallándose las agrupaciones temáticas que se hacen en cada uno de ellos como resultado de las diversas líneas investigativas encontradas.

Para aportar al campo de la educación científica en la comprensión del fenómeno de la Gravedad, los autores referentes lo han hecho desde diversos enfoques. En primer lugar, una perspectiva bastante amplia generó investigaciones en torno a las concepciones alternativas de profesores y estudiantes sobre la Gravedad. Diferentes investigadores como Sanmartí y Casadella (1987), Lelliott (2014), Adúriz-Bravo et al. (2015), Syuhendri (2019) y Desstya et al. (2021), refirieron en sus trabajos investigativos las diversas concepciones no científicas más comunes en el ámbito de la enseñanza de la Gravedad; consideraron la importancia que tiene en la enseñanza no reproducir estos errores conceptuales sino usarlos como recurso didáctico para confrontarlos con las posturas aceptadas por la comunidad científica.

Otro punto de vista que reporta la literatura encontrada se enfoca en remarcar la importancia que tiene para la educación en Física que se establezcan diferenciaciones entre la fuerza gravitacional y la aceleración de la Gravedad; si bien, la historia y el lenguaje científico han permitido abarcarlas como *Gravedad*, cada fenómeno conserva una conceptualización que al no diferenciarse conlleva a reproducir errores científicos. Echavarría et al (2016) y Palmer (2001), son autores que asumen postura en torno a esta temática.

Una tercera perspectiva de las unidades de análisis para este núcleo temático es la enseñanza del fenómeno Gravitacional a partir de la epistemología e historia del fenómeno. Diferentes investigadores desde el campo de la educación científica como Machado et al. (2011), Menéndez (2018) y Sotelo (2012), refieren en sus trabajos la importancia de una enseñanza de la Gravedad desde su constitución histórica y epistemológica, a la vez que describen una didáctica de las ciencias que considere el constructo histórico de la explicación y el acercamiento descriptivo de los fenómenos como recurso didáctico.

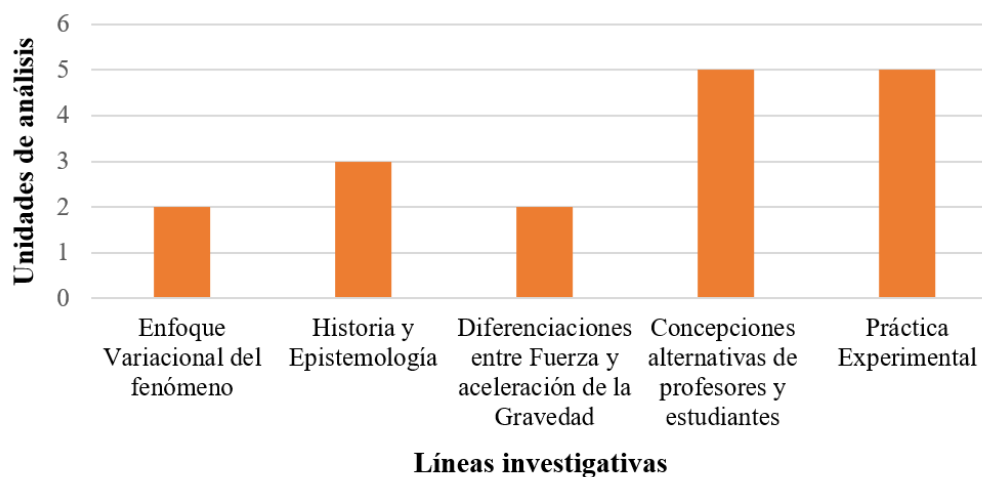
También, estuvo presente en las unidades de análisis encontradas una perspectiva que problematiza el asunto variacional presente en la comprensión y análisis de la Gravedad. Autores como Panorkou y Feb (2021) y López (2019), dirigen sus investigaciones a resaltar el razonamiento covariacional que subyace a este fenómeno de la naturaleza, y que ha estado latente en las clases de Física al considerar solamente valores constantes para la aceleración de la Gravedad o al no favorecer la conexión entre ciencia y matemáticas (tratamiento de variables) cuando se enseña fuerza gravitacional.

Finalmente, autores como Khairurrijal et al. (2012), López (2019), Martínez (2015), García (2016) y Vidak et al. (2021), desarrollaron investigación en torno al diseño y aplicación de prácticas

experimentales para la comprensión de la Gravedad o para efectuar el cálculo de su magnitud de aceleración en la Tierra. Estos autores, favorecen en sus argumentos la importancia de la dimensión experimental en la educación científica; consideran que la experimentación desde una experiencia cualitativa propicia comprensiones y promueve el interés de los estudiantes hacia el entendimiento de la ciencia. La *figura 1* permite visualizar la cantidad de unidades de análisis revisadas por cada enfoque investigativo alrededor de la comprensión del fenómeno gravitacional.

### Figura 1

*Líneas investigativas en las unidades de análisis revisadas sobre el fenómeno gravitacional*



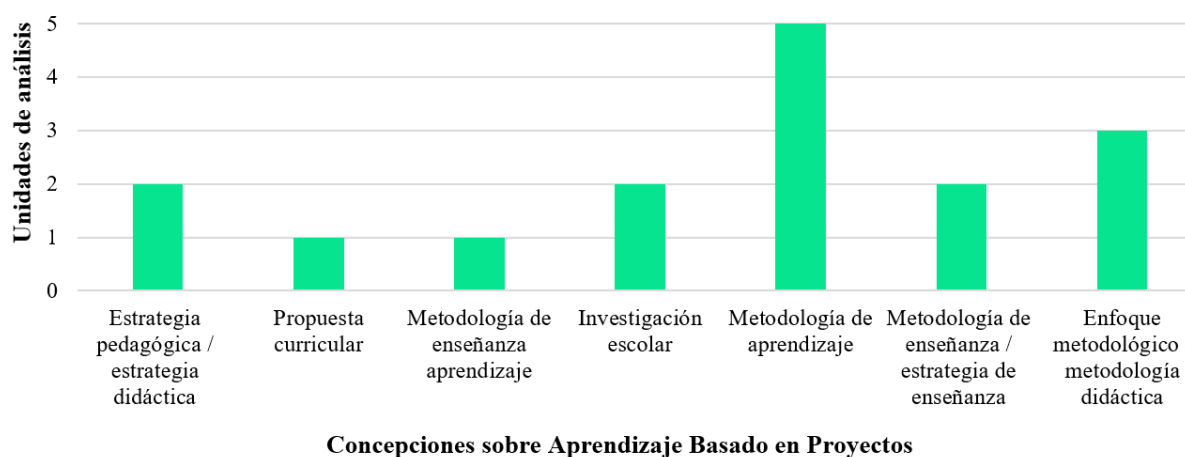
Por su parte, en cuanto al núcleo temático del Aprendizaje Basado en Proyectos con enfoque STEAM, se encontró que no existe un consenso sobre lo que significa exactamente el ABPy, ya que los autores establecen diferentes comprensiones para este: como *Estrategia pedagógica* o *estrategia didáctica* (Giraldo et al., 2020; Zambrano et al., 2022); como un *enfoque metodológico* o una *metodología didáctica* (Markham et al., 2003; Domènech-Casal, 2018, Cascales y Carrillo, 2018); como una *metodología de enseñanza – aprendizaje* (Arce et al., 2013); como una *metodología de aprendizaje* (Benítez y García, 2013; Benjumea y Romero, 2017; Flores-Fuentes y Juárez-Ruiz, 2017; Sanmartí y Márquez 2017; Rahmawati et al., 2021); como una *metodología de enseñanza* o una *estrategia de enseñanza* (Causil y Rodríguez, 2021; Pérez-Torres et al, 2021); como una *propuesta curricular* (Blancas y Guerra, 2016), y finalmente, el ABPy es comprendido como una *investigación escolar* (López y Lacueva, 2007; Manso y Ezquerro, 2014).

La mayoría de los autores antes mencionados, especialmente quienes desarrollaron investigaciones más recientes, conservan en común el carácter interdisciplinar del ABPy vinculado al enfoque STEAM. Para Domènech-Casal (2018), Pérez-Torres et al (2021), Rahmawati et al.

(2021), Benjumeda y Romero (2017), Sanmartí y Márquez (2017), Causil y Rodríguez (2021), Giraldo et al (2020) y Carmona et al (2019), el Aprendizaje Basado en Proyectos es una metodología o estrategia educativa que favorece la interconexión entre las áreas STEAM; además, consideran el ABPy como una metodología activa y novedosa que favorece un diálogo interdisciplinario y que conduce a un aprendizaje significativo y contextualizado. La *figura 2* describe el número de unidades de análisis revisadas por cada comprensión alrededor del ABPy.

### Figura 2

*Concepciones sobre Aprendizaje Basado en Proyectos en las unidades de análisis revisadas*

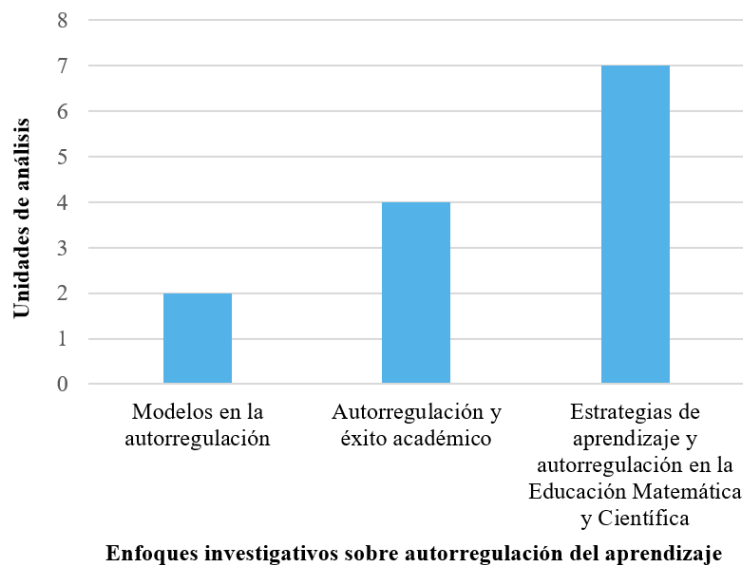


Ahora, en cuanto al núcleo temático de la autorregulación, se consideró pertinente unificar sus consideraciones teóricas con las estrategias de aprendizaje dada la estrecha relación que guardan, ya que llevar a cabo estrategias de aprendizaje adecuadas depende de la autorregulación (Henaó et al., 2021); de esta manera, las unidades de análisis revisadas para este núcleo temático integran en mayor o menor medida a ambos.

Las unidades de análisis revisadas siguieron como criterio de clasificación el enfoque principal de las investigaciones: los modelos teóricos que configuran la autorregulación (Zimmerman, 2005; Panadero y Alonso-Tapia, 2014); la autorregulación como favorecedora de éxito académico en el aprendizaje de las Matemáticas y las Ciencias (Cueli et al., 2013; López et al., 2012; Fauzi y Widjajanti, 2018; Bell y Pape, 2014); y las estrategias de aprendizaje que favorecen la autorregulación en la educación matemática y científica (Trías et al, 2021; Semana y Santos, 2018; Preiss, 2015; Zamora y Ardura, 2014; León et al, 2015; Gasco, 2017; Kayan et al, 2015). La *figura 3* relaciona el número de unidades de análisis por cada enfoque investigativo en cuanto a la autorregulación del aprendizaje.

### Figura 3

*Enfoques investigativos sobre la autorregulación del aprendizaje en las unidades de análisis revisadas*



### 3.1 Antecedentes

Los antecedentes que se citan a continuación son investigaciones realizadas que conservan una cercana relación con los núcleos temáticos de este trabajo investigativo: fenómeno gravitacional, Aprendizaje Basado en Proyectos con enfoque STEAM y la autorregulación del aprendizaje. Se encontró que estos trabajos investigativos relacionan algunos de los núcleos temáticos ya descritos y el carácter interdisciplinario que conserva esta investigación.

López (2019), desarrolló un trabajo investigativo intitulado *implementación de un dispositivo para la medición de la gravedad local: nivel de Educación Media*, en el cual abordó la comprensión del fenómeno de la Gravedad desde su historia y epistemología, problematizando la enseñanza estricta de la Gravedad como valor constante, y planteando como una alternativa la importancia de enseñar este fenómeno con su cualidad variacional desde los primeros grados de la básica secundaria. De esa manera, se trazó como objetivo el diseño e implementación de un dispositivo con el que los estudiantes del nivel educación básica lleven a cabo un experimento para determinar la Gravedad a nivel local, fortaleciendo el concepto de Gravedad como variable.

Este trabajo investigativo desarrolló el componente epistemológico del fenómeno a partir de su historia, estableciendo la diferenciación entre fuerza gravitacional y aceleración de la

Gravedad, y con esta última, a través de la gravimetría, obtiene su valor numérico al operar con las magnitudes que componen la ley de gravitación universal.

Desde lo metodológico se desarrolló una práctica experimental con estudiantes de grados sexto y séptimo en tres municipios colombianos. Allí, se procedió con la medición de la Gravedad utilizando materiales accesibles como un péndulo simple, una cámara de video y un software para el registro de datos multimedia. Además, el autor deja como producto final de su investigación una cartilla que describe una unidad didáctica a partir de la pregunta: *¿Dónde está la Gravedad?* y que, al emplearse como recurso para la enseñanza del fenómeno gravitacional, acercará al estudiante a la historia del fenómeno y los diferentes modelos de determinación de la cantidad numérica, con el fin de establecer su naturaleza variable.

El autor considera que “los resultados del ejercicio experimental sustentan firmemente la idea de que la aceleración de la Gravedad medida en entornos locales es distinta de la cantidad estándar, por lo que debe ser tratada como una variable” (p. 80). Además, resalta la importancia de la interdisciplinariedad en la enseñanza de las ciencias, pues en sus consideraciones finales tiene lugar la importancia de vincular las matemáticas y la tecnología para la comprensión de los fenómenos estudiados en la clase de ciencias.

Es así como el trabajo investigativo de López (2019), es un precedente importante para el desarrollo de esta investigación, ya que además de presentar una propuesta para la comprensión del fenómeno gravitacional desde su constitutivo variacional, posibilita acciones y reflexiones para una educación científica con enfoque interdisciplinario, es decir, conserva afinidad con la propuesta del ABPy con enfoque STEAM.

En esta misma línea, Panorkou y Feb (2021) en su investigación *Integrating math and science content through covariational reasoning: the case of gravity*, problematizan una enseñanza que rara vez discute sobre la variación de las magnitudes que componen este fenómeno. De acuerdo con esto, describen una propuesta de integración de las matemáticas y la Física a partir de la enseñanza de la fuerza gravitacional, en donde los estudiantes comprendan este fenómeno a partir de las implicaciones del cambio entre las magnitudes que lo constituyen.

Las autoras antes mencionados, buscan impulsar a los estudiantes a razonar covariacionalmente sobre las cantidades involucradas en el fenómeno de la fuerza gravitatoria y cómo esto puede contribuir a su comprensión. Plantean que existen “muchos estudios para investigar el papel del razonamiento covariacional para ayudar a los estudiantes a comprender

temas matemáticos específicos, pero hay un número limitado de estudios que examinan el razonamiento covariacional de los estudiantes dentro del contexto de la ciencia de manera que ilustren la relación recíproca entre dos disciplinas” (Panorkou y Feb, 2021, p. 320).

En esta línea, las autoras entienden por razonamiento covariacional el “imaginar mentalmente los valores de dos cantidades (magnitudes) cambiando simultáneamente” (Panorkou y Feb, 2021, p. 320), por lo que en su investigación mantuvieron como uno de sus objetivos identificar las formas de razonamiento covariacional que exhibieron los estudiantes en un contexto de enseñanza de la fuerza de Gravedad. La población fueron estudiantes de sexto grado de una escuela del noreste de los Estados Unidos, los cuales participaron en cinco sesiones de clase de matemáticas durante cinco días.

Este estudio exploró las formas integradas de razonamiento matemático y científico de los estudiantes mientras exploraban las cantidades covariables involucradas en el fenómeno científico de la Gravedad. Los hallazgos mostraron que las formas de razonamiento de los estudiantes integraron las matemáticas y las ciencias como una construcción unificada, evitando el aprendizaje disciplinario desconectado. Además, mostraron cómo el razonamiento covariacional puede influir y contribuir a la comprensión de las ideas científicas. En este caso ayudó a los estudiantes a resignificar sus ideas frente al fenómeno gravitacional y transferir conocimientos matemáticos para construir relaciones entre estas cantidades que les ayudaron a examinar el fenómeno con más profundidad de lo que normalmente se enseña.

El estudio de Panorkou y Feb (2021), presenta una interrelación entre la matemática y la Física para la comprensión del fenómeno gravitacional bajo problematizaciones semejantes a las que esta investigación en curso identifica. Además, las autoras recomiendan a estudios posteriores considerar sus reflexiones para diseñar y estudiar la comprensión de este fenómeno a partir de una integración de áreas STEM.

Por otra parte, frente al ABPy y la autorregulación, Cardona y Duarte (2022), en su trabajo investigativo *Aprendizaje Basado en Proyectos como Estrategia de Mediación Didáctica para el fortalecimiento del Aprendizaje Autónomo y la Autorregulación*, refieren que el Aprendizaje Basado en Proyectos, llevado a cabo mediante los procesos de transversalización de las áreas, fortalece habilidades relacionadas con el aprendizaje autónomo y la autorregulación. Las autoras entienden el Aprendizaje Basado en Proyectos como una “estrategia de mediación didáctica, en donde se hace posible comprender el proceso de formación como un espacio dialógico que potencia



al estudiante como un ser con grandes capacidades, orientadas a forjar su rol protagónico al incrementar su participación activa y aprendizaje autónomo en todas sus dimensiones” (Cardona y Duarte, 2022, p. 242).

Este estudio fue desarrollado con estudiantes de 3°, 4° y 5° de primaria de dos Instituciones Educativas rurales colombianas; allí, pudieron identificar no sólo enfoques tradicionalistas en la enseñanza que, reflejan al estudiante como un ser pasivo ante su proceso de aprendizaje, sino también desconocimiento de los docentes acerca de metodologías activas, y que en el currículo institucional existían vacíos frente a las intencionalidades formativas relacionadas con la autonomía del estudiante.

A partir de las problemáticas identificadas, las autoras desarrollaron una propuesta ABPy llevada a cabo en tres meses, y titulada: *promovamos actitudes de cuidado y conservación de los ecosistemas que nos rodean: Nuestro gran aporte al planeta*, mediante la transversalización de las áreas de ciencias naturales y educación ambiental, artística e inglés.

Como hallazgos de su investigación, Cardona y Duarte (2022), consideraron que el Aprendizaje Basado en Proyectos propende por el fortalecimiento de la autonomía al igual que de la autorregulación del educando, y que se convierte en una herramienta pertinente para los docentes en función de transformar el actuar del estudiante en relación con la construcción de su propio conocimiento, partiendo del autocontrol de su proceso tanto cognitivo como motivacional.

De esta manera, este trabajo investigativo es significativo para esta investigación, ya que relaciona diferentes constructos teóricos en torno a la promoción del aprendizaje autorregulado mediante la metodología del Aprendizaje Basado en Proyectos, y potenciando su enfoque interdisciplinario.

Los antecedentes enunciados en los párrafos anteriores ponen en evidencia la necesidad de un aporte al campo de la enseñanza de la Física para la comprensión de la Gravedad. Como se pudo apreciar, los autores mencionados encontraron relaciones entre el fenómeno gravitacional y las matemáticas, el Aprendizaje Basado en Proyectos y la Autorregulación, pero en la revisión de literatura realizada no se encontraron referentes que relacionaran el fenómeno de la Gravedad con ABPy con enfoque STEAM, por lo que constituye un área de vacancia a la cual esta investigación pretendió hacer un aporte.

#### **4. Marco conceptual**

A continuación, se desarrolla la conceptualización de los núcleos temáticos que constituyen este trabajo investigativo: primero, la enseñanza del fenómeno de la Gravedad, posteriormente, el Aprendizaje Basado en Proyectos y el enfoque STEAM, y finalmente, la autorregulación del aprendizaje.

##### **4.1 Enseñanza del fenómeno de la Gravedad**

A lo largo del progreso en la formación humana se van creando concepciones sobre las cosas y fenómenos que rodean la vida misma, muchas de ellas fundamentadas en la subjetividad o en transmisiones erróneas. Frente a los fenómenos físicos surgen explicaciones alternativas que proceden del sentido común y que difieren de la explicación científicamente aceptada; ante esto, en el ámbito educativo, los estudiantes se convencen de la verosimilitud de sus hipótesis, aunque estas estén erradas, por lo que es necesaria una educación para conseguir que los estudiantes sean conscientes de la necesidad de descartar concepciones (Sanmartí y Casadella, 1987).

Las ideas y creencias existentes de los estudiantes sobre algún fenómeno de la naturaleza pueden ser significativamente diferentes de los puntos de vista científicos aceptados; a estas ideas y creencias se les denomina como concepciones alternativas (Palmer, 2001), entendidas como una construcción del alumno a partir de su contexto, quienes asisten a clases de Física bajo la impresión de sus conocimientos previos, actitudes, creencias y valores. Esto los lleva a tener opiniones y prejuicios que involucran pensamientos incompletos o científicamente inexactos, suposiciones falsas o incompletas que pueden continuar en ellos a lo largo de su vida educativa. Por otro lado, los estudiantes también pueden generar opiniones científicamente inexactas dentro del proceso de enseñanza (Aykutlu et al, 2015). Estos factores hacen que el aprendizaje conceptual y la enseñanza de la Física sean aún más desafiantes.

Un concepto para el cual los estudiantes parecen tener una variedad de ideas diferentes es el de la Gravedad. Alrededor de este fenómeno se han formado diversas concepciones alternativas. Parnoku y Feb (2021), Lelliott (2014), Desstya et al (2021), Machado et al. (2011) y Syuhendri (2019), refieren que investigaciones en torno a este tema muestran que los estudiantes desarrollan una variedad de conocimientos ingenuos sobre la Gravedad. Estos autores describen que es común encontrar que los estudiantes consideren que la Gravedad es una fuerza invisible que actúa solo

sobre objetos pesados, que depende únicamente de la masa, que su causa no está relacionada con la masa de un objeto sino que se debe a otra cosa, como el aire o la rotación de la Tierra; que la Gravedad ocurre sólo en la Tierra, que no hay Gravedad en el espacio ni en la Luna ni en otros cuerpos como Júpiter y el Sol, y que la Gravedad aumenta cuando los objetos caen: los objetos más pesados caen más rápido. Particularmente, Syuhendri (2019), expresa que estas ideas erróneas no sólo se perciben en los estudiantes sino también en maestros en formación y en ejercicio, lo que no favorece la creación de métodos o estrategias de enseñanza apropiadas para superar esas concepciones inconsistentes con el pensamiento científico.

Desde una perspectiva de la pedagogía de las ciencias, se concibe como recurso didáctico y punto de partida las concepciones alternativas. Según Palmer (2001), la investigación educativa ha demostrado que los estudiantes desarrollan ideas y creencias intuitivas sobre los fenómenos naturales, sus comprensiones pueden reconstruirse progresivamente, por lo que es importante problematizarlas a partir del contexto en el que se instauran, lo que debe conllevar a una enseñanza que posibilite un aprendizaje a partir de la relación (vínculo) entre las concepciones científicamente aceptables y las concepciones alternativas de los estudiantes. Según el mismo autor,

es ciertamente importante identificar las concepciones alternativas de los estudiantes, debe recordarse que estas pueden representar sólo una parte de la comprensión de un concepto por parte de los estudiantes. Por lo tanto, concentrar nuestra atención únicamente en concepciones alternativas no proporcionaría una representación precisa de la comprensión de los conceptos científicos por parte de los estudiantes. Una mejora sería describir sus concepciones alternativas y sus concepciones científicamente aceptables y sus creencias acerca de los contextos particulares a los que se aplica cada una de estas concepciones. (p. 702)

En esta misma línea, se hace explícita en la literatura la preocupación ante la diversidad de concepciones alternativas en torno a la Gravedad. La comprensión de este fenómeno por parte de los estudiantes es un indicador de su comprensión de otros conceptos y fenómenos de la Física como la cinemática y el impulso. Varios conceptos tales como fuerza, peso, movimiento de caída libre, movimiento de proyectil, movimiento circular, conservación de la energía y cantidad de movimiento, también están influenciados por la comprensión del concepto de Gravedad (Syuhendri, 2019, p. 1). De esta manera, una falta de comprensión o comprensiones erróneas del

fenómeno de Gravedad tiene un efecto a largo plazo en el aprendizaje de los estudiantes y en su capacidad para utilizar sus conocimientos en nuevos contextos.

Una de las concepciones erróneas más comunes en el momento de enseñanza-aprendizaje de la Gravedad es la no distinción entre aceleración de la Gravedad y fuerza gravitacional, si bien se relacionan, su no diferenciación conlleva a errores conceptuales. En gran medida, en la educación científica, en términos lingüísticos y epistemológicos, estos dos conceptos se han trabajado en las aulas de clase de manera indistinta, generando confusión a la hora de ser abordados (Echavarría et al., 2016). En este sentido, el término *Gravedad* ha permitido referirse a los conceptos de fuerza gravitacional y aceleración de la Gravedad como sinónimos sin tener en cuenta que deben tratarse de manera distinta, ya que debe entenderse uno como fuerza y otro como aceleración. Se ha mostrado cómo la falta de claridad conlleva a la puesta en escena de ambigüedades que crean dificultades al momento de tratar estos conceptos; en el caso de la caída libre se parte de la expresión  $F = ma$  y, se concluye que  $F = mg$ , esto es  $\frac{F}{m} = g$ ; así, la Gravedad se asume como una variable que depende de la masa, que es cierto en el marco de la fuerza gravitacional, pero es incorrecto cuando se habla de aceleración de la Gravedad.

Los grandes físicos que la historia de la ciencia da reconocimiento a su legado por aunar comprensiones frente a la Gravedad, desde el punto de vista clásico, han sido el filósofo griego Aristóteles, Galileo Galilei e Isaac Newton.

Aristóteles (siglo IV a. C), afirmaba que los cuerpos debían caer a rapidezces proporcionales a sus pesos, por tanto, entre más pesado sea un objeto, más rápido deberá caer, y lo único que obstaculizará al cuerpo en su tendencia a llegar a su lugar natural es el medio en el cual se moviera. Para este filósofo griego, la caída de los cuerpos se debe a que estos tienen la *tendencia* a ocupar el centro del universo, o sea el centro de la Tierra, ya que, en la cosmología aristotélica esta ocupa ese lugar de privilegio: Tierra inmóvil y en el centro del mundo (Menéndez, 2018).

Para el siglo XVI llega Galileo Galilei (1564 - 1642) a examinar las posibilidades de la naturaleza en su libro *Dos nuevas ciencias*. Él analiza los problemas sobre el carácter de las matemáticas y la naturaleza exponiendo lo siguiente acerca de la caída de los graves:

No obstante, y desde el momento en que la naturaleza sirve de una determinada forma de aceleración para poder descender a los graves, hemos decidió estudiar sus propiedades, para poder estar seguros de que la definición de movimiento acelerado que vamos a proponer

sea conforme a la esencia del movimiento naturalmente acelerado (Galilei, Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias, 1638, pág. 275).

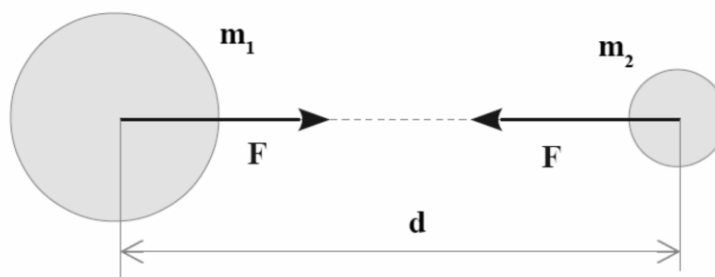
El movimiento naturalmente acelerado Galileo lo define como “que en cualquier plano inclinado la velocidad o la cantidad de ímpetus de un móvil que parte del reposo crece con el tiempo” (Galilei, Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias, 1638, pág. 288). Para el caso de la caída de los graves él trata de mostrar el carácter de la verdad de la siguiente experiencia: un cuerpo en caída libre acelera a medida que desciende, de modo que la distancia con respecto al punto de partida aumenta de forma directamente proporcional al tiempo transcurrido.

En su estudio del movimiento en la caída de los cuerpos, usando planos inclinados, de entrada plantea que la aceleración sí es constante, y se presenta como efecto de la interacción entre la Tierra y el cuerpo, aunque lo argumenta implícitamente desde la correspondencia existente entre los intervalos de tiempo iguales y los incrementos iguales de velocidad; en este sentido, si la intensidad de la velocidad crece según el incremento del tiempo, es decir, si la velocidad es proporcional a éste, la constante que relaciona ambos conceptos es la Gravedad, la cual da cuenta de dichos incrementos (Echavarría et al., 2016, p. 20).

Isaac Newton (1643 - 1727), enuncia que *dos cuerpos cualesquiera se atraen a razón directa del producto de sus masas, y en razón inversa del cuadrado de la distancia que los separa* (figura 4). De este modo la fuerza es entendida como una interacción, y se requiere de dos cuerpos para que sea producida en tanto que un objeto no puede ser acelerado de la nada, o cambiar su estado de movimiento mientras no exista otro que lo afecte (Echavarría et al, 2016, p. 25).

#### Figura 4

*Representaciones de variables en la Fuerza de Gravedad*



*Nota:* representación de las variables que intervienen en la fuerza gravitacional. Imagen tomada de López (2019).

Este físico inglés enuncia así la denominada Ley de Gravitación Universal en el año 1687, que establece que el cálculo de la fuerza gravitacional viene dado por  $F = G \frac{m_o m_t}{r^2}$ , que además permite hacer comprensiones cualitativas de este fenómeno como que cuanto más masivos sean los cuerpos y más cercanos se encuentren, se atraerán con mayor fuerza. En esta fórmula,  $G$  es la constante de gravitación encontrada por el físico británico Henry Cavendish en 1798, y que tiene un valor de  $6,67 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$ ,  $m_o$  es la masa de un objeto,  $m_t$  la masa de la Tierra (puede ser cualquier otro cuerpo) y  $r$  distancia que los separa. Así, para el caso que se hable de la fuerza que se hace sobre un objeto terrestre se tiene que:

$$F = G \frac{m_o m_t}{r^2}$$

$$m_o g = G \frac{m_o m_t}{r^2}$$

$$g = G \frac{m_t}{r^2}$$

Se puede ver que  $g$  (la aceleración de la gravedad) depende de la masa de la Tierra y la distancia del centro a un lugar de la superficie terrestre, y no de la masa o geometría de los cuerpos, esto es la confirmación de la postura de Galileo quien refería que, en caída libre, la aceleración de la Gravedad es independiente de la masa del cuerpo.

Se evidencia una relación de constitución entre la Física y la matemática, en el sentido de que las dos coexisten de manera tributaria en la formalización de los fenómenos, por lo que para favorecer en los estudiantes contenidos conectados, significativos y relevantes para construir sus concepciones científicas superiores, es necesaria una comprensión profunda de las matemáticas integradas en los temas de ciencia (Parnoku y Feb, 2021).

La relación de la Física con las matemáticas para la enseñanza de la Gravedad se posibilita cuando se establece la covariación de las variables que se implican tanto en la aceleración de la Gravedad (López, 2019) como la fuerza gravitacional (Parnoku y Feb, 2021). Para López (2019), en los textos académicos usados a nivel de educación secundaria, se trata la Gravedad como un valor constante en la Tierra, sólo se discute su variabilidad en contextos gravitacionales distintos (otros astros). Este autor refiere que el uso de la Gravedad como una constante igual a  $9,8 \frac{m}{s^2}$  está justificado en tanto las variaciones en campo son muy pequeñas, pero no implica que el manejo conceptual deba ser el de una constante, de manera que para la enseñanza de este concepto es

indispensable que se presente desde el principio como variable y posteriormente hacer las aclaraciones que facilitan el uso de la cantidad estándar para la resolución de ejercicios de aplicación (López, 2019).

En la misma línea educativa, Parnoku y Feb (2021), señalan que la fuerza gravitatoria debe introducirse temprano en la escolarización como una fuerza entre dos objetos que depende de las masas de estos y la distancia entre ellos, ya que a los estudiantes a menudo se les presenta la Gravedad sólo como aceleración en el estudio de la caída libre. El fenómeno de la Gravedad implica concebir tres cantidades que son medibles: la masa del objeto 1, la masa de un objeto 2 y la distancia entre los dos objetos, todas estas cantidades son variables, es decir que cambian simultáneamente, y que en estudio se denomina razonamiento covariacional. Según estas autoras, hay un número limitado de estudios que examinan el razonamiento covariacional de los estudiantes dentro del contexto de la ciencia, ilustrando la relación recíproca entre las dos disciplinas:

en el estado actual de la Gravedad, en su enseñanza y aprendizaje, rara vez hay discusiones sobre cómo las cantidades cambian simultáneamente. Para decirlo de otra manera, hay una diferencia entre razonar sobre la relación de causa y efecto, por ejemplo, la masa de los objetos afecta la Gravedad, y razonar covariacionalmente sobre la relación, por ejemplo, la Gravedad cambia a medida que las masas o la distancia entre los objetos están cambiando. (Parnoku y Feb, 2021, p. 320)

En esta idea de articulación entre las Matemáticas y la Física para la comprensión de la Gravedad, se han realizado investigaciones relacionadas con la práctica experimental para calcular la aceleración de la Gravedad, y favorecer el asunto de la variación; según López (2019), “el tratamiento matemático de los datos experimentales le da al estudiante un papel activo en el proceso de obtención de información directamente del entorno, sin tener que apearse a normalizaciones o ajustes teóricos de las variables (p. 82). En la enseñanza de la Gravedad, especialmente la aceleración de la Gravedad, las prácticas experimentales han fortalecido la comprensión y formalización de este fenómeno dotándolo de sentido y significado a partir del diseño e implementación de experimentos con artefactos como el péndulo simple (López, 2019; Martínez, 2015) y aparatos tecnológicos accesibles (Vidak et al., 2021; García, 2016; Khairurrijal et al., 2012) que se han presentado como propuestas didácticas para fomentar el interés por la ciencia y el acercamiento significativo a la comprensión de los fenómenos.

#### 4.2 Aprendizaje Basado en Proyectos y enfoque STEAM

La praxis educativa busca resignificar los métodos habituales e incursionar en nuevas estrategias didácticas activas que estimulen el desarrollo de competencias en pro del mejoramiento del proceso educativo (Zambrano et al., 2022). En el campo educativo se hacen necesarias metodologías que favorezcan el desarrollo de habilidades que les posibilite a los estudiantes interpretar fenómenos con que a diario interactúan; estrategias didácticas novedosas que despierten el interés y motivación de los estudiantes por aprender. En una reflexión sobre metodologías en la enseñanza de las ciencias, Benítez y García (2013), enuncian dos razones que consideran la causa por la que el estudio de la ciencia no es atractivo para muchos alumnos: primero una reproducción de una imagen de ciencia centrada en sí misma, académica y formalista, y segundo, la falta de conexión de lo que se enseña con la ciencia que está presente en el mundo cotidiano o con la ciencia no formal.

En este orden de ideas, la literatura en didáctica de las ciencias refiere la necesidad de adoptar metodologías activas en la enseñanza científica, que faciliten la participación e implicación del alumnado y la adquisición y uso de conocimientos en situaciones reales que motiven a generar aprendizajes significativos, transferibles, funcionales y duraderos (Benjumeda y Romero, 2017). En este sentido, se presenta el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPy) como una metodología activa que, junto con la adquisición de conocimientos, facilita la adquisición de varias competencias transversales como el trabajo en equipo, la búsqueda y selección de información y las habilidades de síntesis y análisis (Arce et al, 2013).

Esta *metodología de enseñanza-aprendizaje*, como se entiende en esta investigación, irrumpe como una propuesta contraria a la educación tradicional, ya que, en esta última, centrada en tópicos, a menudo no se puede encontrar la relación entre los intereses de los alumnos y los contenidos curriculares (Maso y Ezquerro, 2013). En cambio, desde el ABPy se brinda una “innovación curricular para la enseñanza de las ciencias centrada en los alumnos [...] que permite contextualizar el estudio de las ciencias naturales y favorecer en los alumnos el desarrollo y apropiación de conceptos, procedimientos y actitudes científicas” (Blancas y Guerra, 2016, p. 145).

El ABPy es considerado como una de las metodologías didácticas más valiosas para la renovación de la educación (Markham et al., 2003), por lo que para algunos investigadores el Aprendizaje Basado en Proyectos implica un cambio de paradigma pedagógico frente a los modelos tradicionales de enseñanza-aprendizaje (Cascales y Carrillo, 2018). En esta metodología,



tanto el docente como el estudiante adquieren nuevos roles: el docente como un facilitador, y el estudiante adquiere protagonismo en su proceso de aprendizaje. En palabras de Causil y Rodríguez (2021):

El método de ABP, es realmente una herramienta útil, debido a este, los estudiantes son susceptibles de ser altamente motivados, sentirse activamente involucrados en su propio aprendizaje, estimular su inteligencia emocional, lo que conlleva a producir un trabajo complejo y de alta calidad, favorece el trabajo en equipo e induce al trabajo colaborativo y definitivamente cambia la rutina del aula, impulsa la creatividad, genera que el estudiante construya su propio conocimiento y favorece las relaciones interpersonales. (p. 123)

En línea con esta postura pedagógica contraria a la tradicional, para autoras como Zambrano et al. (2022), el ABPy “constituye unas de las metodologías didácticas que le brinda mayores potencialidades al profesor y al estudiante de intervenir de manera activa en el proceso de enseñanza aprendizaje” (p. 174). Estas mismas autoras destacan en el ABPy el fomento del protagonismo del estudiante, el trabajo en equipo, la comunicación, el aprendizaje autónomo, el pensamiento crítico, la habilidad para solucionar problemas, habilidad para investigar, el uso de las tecnologías, búsqueda de información, coordinación, planificación y la organización. Estas bondades del Aprendizaje Basado en Proyectos se condensan en una serie de elementos constitutivos de esta metodología (Sanmartí y Márquez, 2017; Zambrano et al., 2022): (*ver figura 5*).

- *Problema contextualizado y significativo*: escenario de la vida real en donde se presente un problema oportuno para la enseñanza y que conlleve implicación del alumnado en su entorno próximo o global.
- *Pregunta orientadora*: interrogante que estimule la necesidad de aprender, indagar, argumentar, planificar y modelizar en búsqueda de soluciones.
- *Voz y voto para los alumnos*: el estudiante como protagonista de su propio aprendizaje.
- *Competencias y habilidades del del siglo XXI*: orientación al desarrollo de competencias, destrezas y actitudes necesarias para enfrentar los desafíos de esta época, tales como el trabajo colaborativo, la comunicación asertiva, la creatividad, el pensamiento crítico y la resolución de problemas.

- *Investigación continua*: constante acercamientos a la búsqueda de información de manera sistemática sobre el fenómeno en estudio.
- *Revisión y feedback*: propuestas de trabajo puestas a valoración crítica de otras personas.
- *Entrega de un producto*: acción en el entorno o muestra que consolida los conocimientos y reflexiones a lo largo del proyecto.

### Figura 5

#### *Elementos constitutivos del Aprendizaje Basado en Proyectos*



*Nota:* Elementos constitutivos del Aprendizaje Basado en Proyectos, adaptados a partir de los planteamientos de Sanmartí y Márquez (2017) y Zambrano et al. (2022)

Estos elementos constitutivos del ABPy que le apuestan a trascender posturas tradicionales en la enseñanza y promover destrezas y disposiciones para el aprendizaje, concuerdan con lo planteado por Flores-Fuentes y Juárez-Ruiz (2017), que ven en el ABPy una oportunidad para lograr aprendizajes significativos y de orden superior, mejorar actitudes hacia el aprendizaje, y desarrollar competencias que incluyen el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y creativo. Estos proyectos se caracterizan por poner al estudiante en el centro de la actividad que se

realiza; su participación se focaliza en la elección del problema a resolver, en el diseño y ejecución de las trayectorias de solución, en la construcción, argumentación y comunicación de las soluciones encontradas (Carmona et al., 2019).

Dado que el ABPy se viene presentando principalmente en la literatura y en la práctica educativa como una metodología de enseñanza-aprendizaje (Benjumea y Romero, 2017; Flores-Fuentes y Juárez-Ruiz, 2017; Sanmartí y Márquez 2017), como una estrategia o metodología didáctica (Giraldo et al., 2020; Zambrano et al., 2022 ), y como una estrategia de enseñanza-aprendizaje (Arce et al, 2013; Causil y Rodríguez, 2021; Pérez-Torres et al, 2021) que irrumpe contra el modelo convencional, es conveniente presentar un paralelo (Tabla 2) entre esta metodología y el modelo tradicional, con la finalidad de observar las principales divergencias en las maneras de entender el proceso de enseñanza-aprendizaje.

**Tabla 2**

*Paralelo entre la enseñanza tradicional y el Aprendizaje Basado en Proyectos*

<b>Elementos de la enseñanza - aprendizaje</b>	<b>Enseñanza tradicional</b>	<b>Aprendizaje Basado en Proyectos</b>
<b>Responsabilidad del aprendizaje</b>	Asumida por el maestro	Papel protagónico de los estudiantes en la construcción de su aprendizaje
<b>Rol de estudiante</b>	El estudiante como un receptor pasivo	El estudiante es el centro del proceso educativo. Participa activamente del proceso de aprendizaje
<b>Rol del maestro</b>	Transferir conocimientos y evaluar lo aprendido	Acompañante, guía, orientador y facilitador de los procesos de aprendizaje
<b>Temáticas de la clase</b>	Son definidas por el maestro	Centrada en los intereses de los estudiantes
<b>Secuencia de las acciones a desarrollar</b>	Determinadas por el maestro	Los alumnos tienen voz y voto en la determinación de la secuencia
<b>Abordaje de problemas</b>	Después de presentar y desarrollar los conceptos	Antes de desarrollar los procesos. Los problemas son el punto de partida.
<b>Evaluación</b>	Determinada y ejecutada por el maestro	El alumno tiene un papel activo en la evaluación y en la de su grupo de trabajo

Otra concepción del ABPy que se visibiliza en las investigaciones se refiere a entenderlo como investigación escolar, esto es, una enseñanza por proyectos consistente en el desarrollo de

investigaciones escolares sobre los temas que interesan a los alumnos y orientarles a la búsqueda de soluciones a problemas no triviales. En particular, es necesario hacer un planteamiento operativo de la cuestión a tratar y refinar las preguntas que desarrollan su estudio, debatir las ideas, hacer predicciones, diseñar planes o experimentos, analizar los datos, dibujar las conclusiones y comunicar los hallazgos a otros (Maso y Ezquerro, 2013). El ABPy como una investigación escolar es descrita por López y Lacueva (2007) como

[...] una forma diferente de trabajar en la escuela, que privilegia la auténtica investigación estudiantil, a partir de interrogantes que los educandos consideren valiosos y que en buena parte hayan surgido de ellos mismos. Durante el desarrollo óptimo de un proyecto, los estudiantes exploran intereses, generan preguntas, organizan su trabajo, buscan información en diversas fuentes, indagan directamente en la realidad, ponen en movimiento sus concepciones y metaconcepciones, las confrontan con información nueva y las enriquecen o transforman, comunican resultados, hacen propuestas, eventualmente desarrollan acciones de cambio (p. 581).

El ABPy es una nueva opción de enseñanza innovadora, en donde los estudiantes además de aprender significativamente desarrollan habilidades esenciales puesto que incursionan en el ámbito investigativo (Zambrano et al., 2012; Causil y Rodríguez, 2021). Los estudiantes se involucran en un proceso sistemático de investigación, que implica toma de decisiones en cuanto a las metas de aprendizaje, indagación en el tema y re-significación de conocimientos. Desde esta visión, un proyecto debe incorporar el componente de autonomía del alumnado en las elecciones y toma de decisiones, y debe contar con tiempos de trabajo sin supervisión (Zambrano et al., 2012).

Una postura que recientemente ha tomado fuerza es la articulación del Aprendizaje Basado en Proyectos con el enfoque STEAM, que es la mirada que concierne a esta investigación. Para Doménech-Casal (2018), el ABPy es un enfoque metodológico que promueve el aprendizaje de los conceptos científicos mediante la resolución de problemas que involucran contextos y contenidos, esto hace que sea “valorado como una metodología privilegiada para el despliegue de los objetivos STEM” (p. 33). De esta manera, se vienen desarrollando proyectos STEM como unas propuestas curriculares que incluyen características de la metodología ABPy para la enseñanza y aprendizaje en el área científico- tecnológica (Pérez-Torres et al, 2021).

En relación con lo anterior, se asocia al ABPy un carácter interdisciplinario que lo hace especialmente apropiado para la enseñanza-aprendizaje integrado de materias que demanda actualmente la educación STEAM. Según Benjumeda y Romero (2017),

Combinar ABPy y STEM supone la creación de proyectos realistas que desarrollen, de manera simultánea e integrada, los currículos de las materias científico-tecnológicas. Así, el diseño de un producto final ambicioso genera un proceso de tareas abiertas complejas que implican la investigación, la resolución de problemas auténticos, el diseño de estrategias y/o experimentos, la recogida de datos, la reflexión, la comunicación, el debate de ideas, y el uso de las TIC. (p. 622)

De esta manera, un proyecto interdisciplinar, basado en el ABPy, en el que se trabajan materias del ámbito científico-tecnológico de forma integrada, implica que los alumnos decidan cómo abordar un problema y qué actividades perseguir, recopilen información de un variedad de fuentes y sinteticen, analicen, y deriven conocimiento de ella, su aprendizaje es inherentemente valioso porque está conectado a algo real, e involucra habilidades como la colaboración y la reflexión (Causil y Rodríguez, 2021). Asimismo, “el ABPy centra la atención en unificar el aprendizaje teórico y práctico en el desarrollo de algunas de las habilidades para el Siglo XXI como el pensamiento crítico, la colaboración o la autorregulación, así como favorecer la competencia comunicativa y la creatividad” (Carmona et al., 2019).

El ABPy desde un enfoque STEAM, posibilita, según Sanmartí y Márquez (2017), una conexión directa entre temáticas transversales que favorece un aprendizaje de las ciencias en contexto, que implican no sólo un cambio de metodología sino cambios sustanciales en los propósitos de cómo entender y para qué aprender ciencias, orientando la construcción de conocimiento a través de la resolución de problemas, la investigación, el trabajo en equipo y la búsqueda de información (Benítez y García 2013). Pensar en la ejecución de proyectos interdisciplinarios en la escuela, desde la visión de Benjumeda y Romero (2017), requiere para la creación y desarrollo de éstos una planificación docente reflexiva, integradora y coherente que satisfaga las exigencias curriculares de las asignaturas implicadas.

Atendiendo que el desarrollo de proyectos es una de las principales estrategias para implementar la educación STEAM en la cotidianidad escolar (Carmona et al., 2019), elaborar proyectos que integren materias científico-tecnológicas desde un enfoque STEAM revierte

positivamente en la motivación e implicación del alumnado, así como en su percepción de la calidad de su aprendizaje (Benjumeda y Romero, 2017).

El ABPy se considera como una estrategia que puede potenciar el interés de los estudiantes hacia la ciencia debido a su papel protagónico en su proceso de aprendizaje (Giraldo et al., 2020). Esta metodología conduce al alumnado a rescatar, comprender y aplicar lo que aprenden como una herramienta para resolver problemas y realizar tareas, fortaleciendo las habilidades de pensamiento crítico, resolución de problemas e impactando positivamente en su aprendizaje permanente (Flores-Fuentes y Juárez-Ruiz, 2017); es aquí donde el docente tiene un rol fundamental en el desarrollo de esta metodología, su papel será de guía u orientador de las actividades que ejecute el estudiante, interactuando con él cada vez que lo requiera y estableciendo una comunicación educativa más horizontal y dinámica (Zambrano et al., 2022).

### **4.3 Autorregulación del aprendizaje**

Educar a los estudiantes para que se conviertan en aprendices autorregulados que puedan pensar críticamente, hacer conexiones entre la información existente y la nueva, y procesar la información en profundidad se ha convertido en una prioridad para la educación moderna (León et al., 2015). Este desafío ha puesto la educación en un nuevo escenario donde el maestro que tradicionalmente ha sido considerado un mero *transmisor de conocimientos* debe pasar a actuar como un *mediador* que ayude al alumnado a alcanzar la independencia y autonomía suficientes para que se convierta en el protagonista de su aprendizaje y lo prolongue durante el transcurso de su vida personal, académica y social (Zamora y Ardura, 2014). Aunque tradicionalmente la regulación del aprendizaje ha corrido a cargo del profesor, la necesidad de que los estudiantes dejen de ser simples receptores de la información y asuman un papel más activo y consciente en su aprendizaje, ha llevado al desarrollo de una línea de investigación en el campo de la educación conocida como *autorregulación del aprendizaje*.

Zimmerman (2005), refiere que la autorregulación es una cualidad intrínseca de los seres humanos, no se concibe hablar de personas no autorreguladas o de ausencia de autorregulación, ya que toda persona intenta autorregular su funcionamiento de algún modo para conseguir objetivos en la vida. Según este autor, autoridad en el tema, la autorregulación se refiere a “los pensamientos, sentimientos y acciones autogenerados que se planifican y adaptan cíclicamente a la consecución de objetivos personales” (p.14); en palabras de Panadero y Alonso-Tapia (2014), la autorregulación

consiste en “el control que el sujeto realiza sobre sus pensamientos, acciones, emociones y motivación a través de estrategias personales para alcanzar los objetivos que ha establecido”. (p. 450). Estas concepciones implican procesos de regulación interactivos y proactivos que incluyen el establecimiento de objetivos, el seguimiento del progreso hacia el objetivo, la interpretación de la retroalimentación que se origina en el seguimiento, y la confirmación o ajuste de la acción dirigida al objetivo, con una posible redefinición del objetivo mismo (Semana y Santos, 2018).

En el campo educativo, el aprendizaje autorregulado sirve como un marco integral para comprender cómo los estudiantes se convierten en agentes activos de su propio proceso de aprendizaje (Kayan et al, 2015). En este sentido, se gesta un ánimo de independencia que conlleva a que los estudiantes que tienen un aprendizaje autorregulado se sientan metacognitivamente motivados y comportados por sí mismos, proporcionando iniciativa y dirección para sus propios esfuerzos en favor de adquirir conocimientos y habilidades independientemente de sus modelos sociales: maestros, padres u otros (Zimmerman, 2005). De esta manera, los estudiantes que tienen independencia de aprendizaje pueden establecer metas, planificar acciones, elegir estrategias apropiadas, realizar sus tareas con autoayuda, ser diligentes y llenos de ideas, conscientes de las habilidades que tienen y de las que no tienen, se monitorean a sí mismos, evalúan sus propias actividades y son proactivos en la búsqueda de la información necesaria para comprender un problema (Fauzi y Widjajanti, 2018; Zimmerman, 2005). En esta línea, López et al. (2012), afirman que:

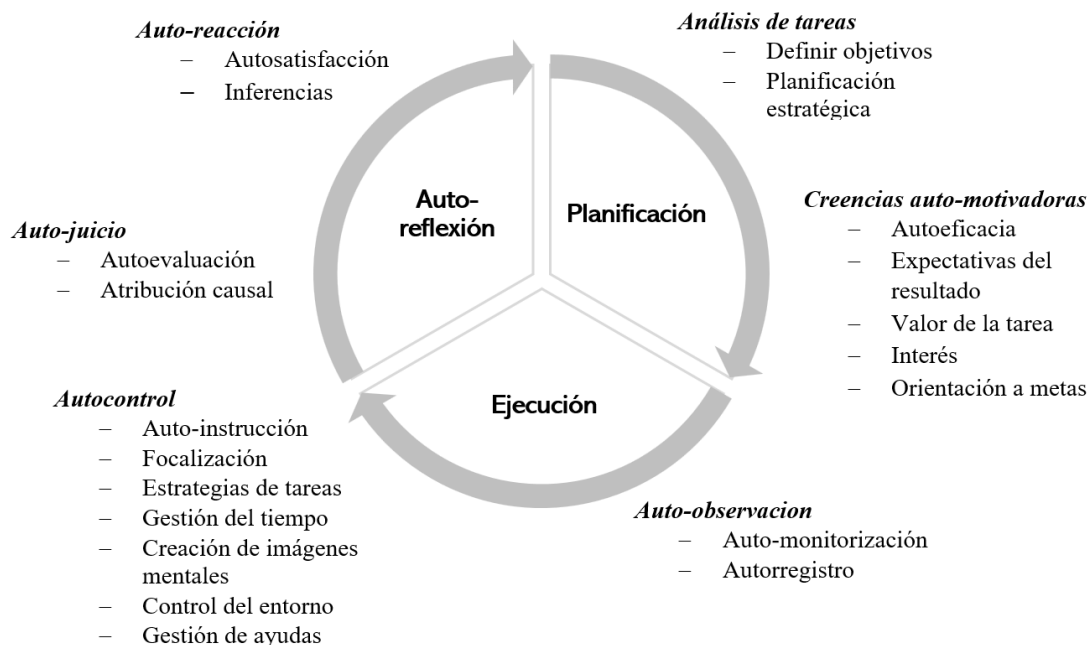
el aprendiz autorregulado puede ser definido como aquel que asume el rol de participante activo, metacognitiva, motivacional y comportamentalmente, frente a su propio proceso de aprendizaje [...] en esencia, un aprendiz autorregulado es capaz de formularse metas, planificar actividades para su logro, monitorear su desempeño durante la ejecución de tales actividades, evaluarse a sí mismo de manera continua de acuerdo con las metas y criterios fijados y, finalmente, valorar el resultado de su aprendizaje. (p. 40)

Para entender la autorregulación desde una perspectiva cognitiva y social, Zimmerman (2005), presenta un modelo que consiste en tres fases cíclicas: planificación, ejecución y autorreflexión, cada una con un conjunto de elementos propios (*figura 6*). En la fase de planificación, el estudiante analiza la tarea, piensa en una estrategia y establece objetivos. En la fase de ejecución o de control volitivo se lleva a cabo la actividad, y finalmente en la fase de

autorreflexión se valoran los procesos que ocurren después de los esfuerzos de la ejecución y se determina el éxito de la tarea (Henao et al., 2021).

### Figura 6

#### *Fases y procesos de la autorregulación*



*Nota:* Análisis triádico de la autorregulación según Zimmerman: fases y procesos. Adaptado según los planteamientos de Zimmerman (2005), Panadero y Alonso-Tapias (2014) y Henao et al. (2021).

En la fase de planificación, se fijan los objetivos, definidos a partir de dos variables: los criterios de evaluación y el nivel de perfección que se quiere alcanzar en la ejecución de la tarea (Panadero y Alonso-Tapia, 2014). Para alcanzarlos se requiere de una planificación estratégica que consiste en elaborar un plan de acción y elegir las estrategias adecuadas para tener éxito en la tarea (Henao et al, 2021). Estas estrategias debidamente seleccionadas mejoran el rendimiento ayudando a la cognición, y dirigiendo la ejecución motora (Zimmerman, 2005), además, están sujetas a ajustes cíclicos debido a los cambios en los componentes personales, conductuales y ambientales que giran en torno a cada tarea; así como también están sujetos al cambio los objetivos y la elección de estrategias.

En esta fase de planificación están presentes las creencias automotivadoras, estas tienen un efecto directo en los elementos que constituyen esta fase porque mantienen la motivación para



realizar la actividad. Las creencias automotivadoras se constituyen de variables personales como creencias, valores, intereses y metas. Dentro de las creencias se encuentran las expectativas de *autoeficacia* entendidas como la capacidad percibida por el estudiante para llevar a cabo la tarea (Henaó et al, 2021). Existen pruebas de que las creencias de eficacia autorreguladora influyen causalmente en el uso de procesos reguladores, por ejemplo, las creencias de autoeficacia influyen en la fijación de objetivos ya que cuanto más capaces se creen las personas, más altas son las metas que se fijan y más firmemente se comprometen con ellas; cuando las personas no alcanzan sus objetivos de resultados, las que son auto eficaces aumentan sus esfuerzos, mientras que las que dudan de sí mismas se retraen.

En la fase de ejecución o de control volitivo se llevan a cabo dos procesos que favorecen la fijación en la meta: la auto-observación y el autocontrol. La auto-observación se refiere al seguimiento por parte de una persona de aspectos específicos de su propio rendimiento, las condiciones que lo rodean y los efectos que produce (Zimmerman, 2005). Por su parte, los procesos de autocontrol ayudan a los alumnos a focalizar su atención en la tarea y optimizar su esfuerzo. Frente a este último, un ejemplo son las auto-instrucciones y las estrategias de tareas. Las auto-instrucciones se basan en describir (verbalizar) de forma abierta cómo se debe ejecutar una tarea, y las estrategias de tareas consiste en reducirlas a sus partes esenciales y reorganizarlas de forma significativa.

Es en la fase de autorreflexión donde se da la valoración del proceso, y se consolida a partir del auto juicio y la auto reacción (Henaó et al, 2021). El auto juicio implica la autoevaluación de la propia actuación y la atribución de significados causales a los resultados (Zimmerman, 2005). Para este mismo autor, evaluarse está regido por cuatro tipos de criterios: de dominio, de rendimiento previo, normativos y de colaboración. El criterio de dominio implica una escala de valoración que va desde el rendimiento principiante hasta el del experto; el rendimiento previo o auto criterio implica comparaciones del rendimiento actual con niveles anterior de la propia conducta; los criterios normativos están dados por las comparaciones sociales con el rendimiento de otros; y por último, el criterio de colaboración condensa los esfuerzos del equipo de trabajo como medida del éxito.

La auto reacción, se relaciona con la autosatisfacción y las interferencias adaptativas, y es “la respuesta emocional y cognitiva del estudiante a sus propias atribuciones que a la vez condicionan sus expectativas de autoeficacia y la realización de tareas a futuro” (Henaó et al, 2021,

p. 108). El nivel de *autosatisfacción* de una persona también depende del valor intrínseco o la importancia de la tarea, cuando la autosatisfacción se condiciona al logro de los objetivos adoptados, las personas dan dirección a sus acciones y crean auto incentivos para persistir en sus esfuerzos. *Las inferencias adaptativas o defensivas* son conclusiones acerca de cómo se necesita alterar su enfoque autorregulador durante los esfuerzos subsiguientes para aprender o rendir. Las inferencias adaptativas son importantes porque dirigen a las personas hacia formas nuevas y potencialmente mejores de autorregulación del rendimiento (Zimmerman, 2005), a aprender a valorar sus éxitos y fracasos en las tareas académicas, como oportunidades para mejorar, hacer seguimiento a sus reacciones y controlar sus emociones.

Bell y Pape (2014), describen las fases de la autorregulación desde un espacio educativo: Antes de comenzar una tarea de aprendizaje (previsión), los aprendices autorregulados analizan la tarea para determinar los pasos que necesitan para realizarla. Establecen metas para su aprendizaje, como cuánto lograrán cada día para prepararse para un próximo prueba o proyecto de clase, y buscan en su repertorio de estrategias o habilidades una forma adecuada de realizar la tarea. Los aprendices autorregulados evalúan su progreso en el logro de sus objetivos (autorreflexión) y pueden alterar sus comportamientos posteriores, dependiendo de los sentimientos de éxito [...] los aprendices autorregulados tienen el conocimiento, las habilidades y las disposiciones para lograr las metas académicas que se propusieron. (p. 24)

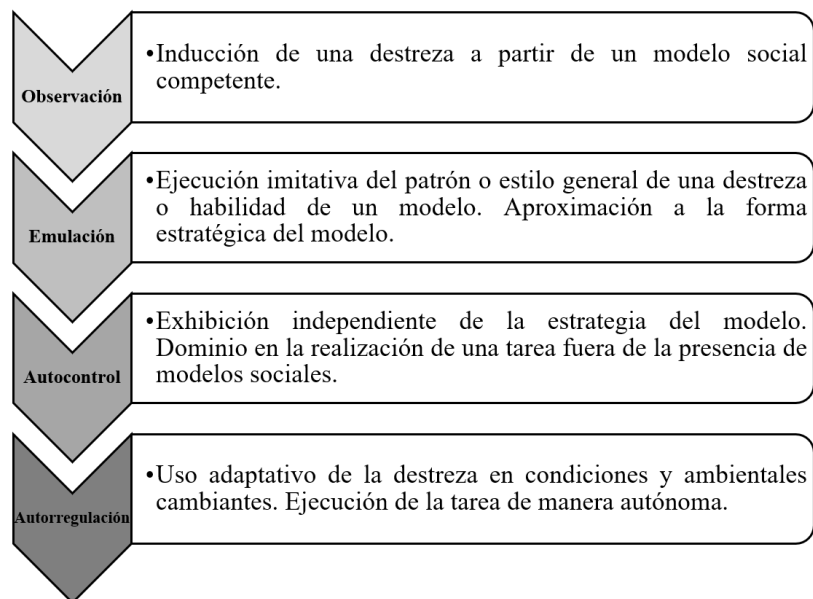
Las auto-reacciones adversas, la presencia de apatía o desinterés, los trastornos del estado de ánimo o las dificultades de aprendizaje provocan limitaciones para la autorregulación de los resultados de sus tareas (Zimmerman, 2005), los autorreguladores reactivos experimentan no sólo una pérdida de autoeficacia sobre los esfuerzos de rendimiento posteriores, sino también una disminución del interés intrínseco en la tarea académica. Afortunadamente, los procesos de autorregulación pueden adquirirse y mantenerse a partir de fuentes de influencia tanto sociales como propias.

Para que el estudiante lleva a cabo la realización de tareas, sea consciente del proceso de las mismas, y al final logre el objetivo e introyecte el proceso de manera estratégica, es necesario que cuente inicialmente con modelos sociales expertos que le guíen y le enseñen la manera de hacerlo (Henao et al., 2021). La mayoría de las destrezas importantes, ya sean principalmente motoras o cognitivas, se adquieren inicialmente observando, leyendo o escuchando la actuación de

modelos expertos, como padres, profesores, entrenadores o compañeros con experiencia para que posteriormente logren interiorizar dicho proceso y lo pongan en escena en cualquier espacio de aprendizaje. Este proceso de autorregular las destrezas transmitidas socialmente las describe Zimmerman (2005) en su modelo multiniveles.

En este modelo se trazan cuatro niveles para la autorregulación (figura 7): observacional, emulación (estos dos referidos a aspectos sociales), autocontrol y autorregulación (referidos al individuo) (Zimmerman, 2005). Se produce un nivel de destreza *observacional* cuando los alumnos pueden inducir las principales características de la destreza o estrategia observando cómo aprende o actúa un modelo; el nivel de *emulación* de la habilidad de autorregulación se alcanza cuando el comportamiento del alumno se aproxima a la forma estratégica general del modelo; la consecución de un tercer nivel *autocontrolado* de destreza autorregulada se produce cuando los alumnos dominan el uso de una destreza en entornos estructurados fuera de la presencia de modelos; y finalmente, se alcanza un nivel *autorregulado* cuando el estudiante autónomamente desarrolla la actividad, esto es cuando los alumnos pueden adaptar sistemáticamente su rendimiento a las cambiantes condiciones personales y contextuales. Este proceso es descrito en el ámbito educativo por Bell y Pape (2014):

Los estudiantes primero deben ver un modelo que realiza una estrategia (nivel de observación). Los maestros del aula pueden proporcionar estos modelos al hacer que su pensamiento sea explícito para sus alumnos, guiándolos sobre cómo aprender y qué aprender, y pidiéndoles que compartan las formas en que aprenden. Más tarde, los estudiantes necesitan emular estas estrategias y habilidades (nivel imitativo), tal vez durante las sesiones de práctica después de las discusiones sobre cómo estudiar para un examen. Dentro de circunstancias estructuradas en las que la retroalimentación relacionada a sus esfuerzos, los estudiantes comienzan a realizar las habilidades de forma independiente (nivel de autocontrol) y, en última instancia, adquieren la capacidad de adaptar estas habilidades a condiciones variables (nivel de autorregulación) (p. 24).

**Figura 7***Modelo multiniveles de la autorregulación*

*Nota:* proceso de la autorregulación según el modelo multinivel. Adaptado según los planteamientos de Zimmerman (2005) y Panadero y Alonso-Tapias (2014).

Por otra parte, “la regulación del aprendizaje es un elemento básico en la adquisición de la competencia para *aprender a aprender*, ya que una persona competente en este aspecto es capaz de controlar y regular el modo en que aprende para adecuarlo a los objetivos de la tarea que se propone llevar a cabo” (Zamora y Ardura, 2014, p. 254). Esta idea claramente identifica a las personas como autorreguladores de su aprendizaje no tanto en la utilización aislada de estrategias de aprendizaje, sino en su iniciativa personal, su perseverancia en la tarea y las competencias exhibidas, independientemente del contexto de aprendizaje (Cueli et al., 2013).

Los resultados de investigaciones en cuanto a la autorregulación (y relacionada con la Educación Matemática) confirman que las estrategias de autorregulación impactan positivamente en el rendimiento académico (López et al., 2012; Cueli et al., 2013; Bell y Pape, 2014; Semana y Santos, 2018; Fauzi y Widjajanti, 2018; Trías et al., 2021). La Educación ha reconocido esta relación y ha propuesto programas de formación que toman en cuenta el desarrollo de la autorregulación del aprendizaje como condición para un desempeño académico exitoso. El aprendizaje autorregulado ayuda a los estudiantes a planear, guiar y monitorear sus procesos de pensamiento cuando se encuentran ante una situación problemática, de manera tal que puedan

persistir y resolverla de forma efectiva (López, et al, 2012); este es un especial llamado a que los maestros presten atención a la regulación de los comportamientos académicos de los estudiantes, ya que en la enseñanza-aprendizaje las nuevas metas se enfatizan en la comprensión conceptual, la competencia estratégica, el razonamiento adaptativo, las disposiciones productivas y la fluidez de los procedimientos (Bell y Pape, 2014, p. 25).

Los estudiantes autorregulados adquieren motivación y compromiso y son cognitivamente activos en su propio aprendizaje, además, el desarrollo de habilidades de autorregulación permite a los estudiantes aumentar su autonomía y responsabilidad para hacer un seguimiento de su progreso y generar retroalimentación interna (Semana y Santos, 2018), que conlleva a mejoras en su desempeño académico, que desde la perspectiva de Fauzi y Widjajanti (2018), el aprendizaje autorregulado conserva una proporcionalidad directa con el rendimiento académico. Desde la mirada de estos autores, una persona que tiene un aprendizaje autorregulado asumirá la responsabilidad de sus actividades de aprendizaje, se organiza, formula metas y se anticipa a los problemas que pueden enfrentar en el logro de los objetivos que se ha preparado, evaluándose de mejor manera para lograr sus metas.

En consecuencia, para Cueli et al. (2013), quienes presentan mayor rendimiento académico presentan un mayor nivel de conocimiento de las estrategias de aprendizaje; esto visibiliza una conexión directa de la autorregulación con las estrategias de aprendizaje, y considerarse la autorregulación como las estrategias de aprendizaje que los alumnos activan o ponen en marcha cuando están trabajando para alcanzar las metas que se han fijado para sí mismos (Henao et al., 2021), que según Panadero y Alonso-Tapias (2014), “la activación de las estrategias de aprendizaje adecuadas depende de la autorregulación siendo ésta una capacidad fundamental para que los alumnos tengan éxito académico” (p. 450). En esta misma línea, Gasco (2017), refiere que las estrategias de aprendizaje fomentan la autonomía y la autorregulación en los procesos de enseñanza-aprendizaje, las cuales adquieren sentido dentro de una concepción del aprendizaje como proceso constructivo autorregulado. Esta última idea se complementa a partir de la mirada de Kayan et al (2015), quienes describen a los estudiantes como autorregulados en la medida en que conocen y usan una variedad de estrategias de aprendizaje, así como también deciden cuándo, por qué y cómo usar estas estrategias en contextos apropiados.

Las estrategias de aprendizaje se valoran como herramientas clave en los procesos de enseñanza-aprendizaje en todas las áreas de conocimiento que conlleva la puesta en marcha de un

aprendizaje estratégico y autónomo (Gasco, 2017); estas estrategias difieren de las técnicas de estudio por su carácter intencional y su implicación en un plan de acción. Los estudiantes usan una variedad de estrategias para aprender y procesar la información presentada en la escuela; estas estrategias de aprendizaje van desde la memorización hasta el procesamiento profundo con el fin de analizar o pensar críticamente, reflexionar, crear significado y conexiones, y aplicar lo aprendido en la formación (León et al. 2015).

## 5. Metodología

A continuación, se presentan los aspectos metodológicos que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de esta investigación. Este apartado está dividido en dos secciones, en primer lugar, se describe la metodología de investigación empleada, dentro de la cual se detalla el método utilizado, los instrumentos de recolección de la información, el contexto del centro de práctica donde se desarrolló la investigación, el contexto curricular en el que estuvieron inmersos los participantes, las consideraciones éticas y la ruta para el análisis de la información. En segundo lugar, se presenta la metodología de enseñanza en la cual se describen las fases de implementación del Proyecto atendiendo a su carácter interdisciplinario desde las áreas STEAM, y una especial transversalización del desarrollo de las fases del diseño ingenieril.

Los anexos a este trabajo investigativo tendrán enlace web, y además se encuentran alojados de manera secuencial en el [portafolio personal](#) del autor, una página web en donde encontrará una sección de inicio que contiene diferentes trabajos y reflexiones a lo largo de mi formación inicial como maestro, y una segunda sección exclusiva para esta investigación, denominada *Proyecto STEAM*. En esta última sección encontrará los diferentes anexos, formatos de implementación del Proyecto y una galería de evidencias del producto de los estudiantes participantes.

### 5.1 Metodología de investigación

El presente trabajo investigativo está enmarcado en el enfoque de investigación cualitativa, el cual, según Hernández et al. (2014) “se enfoca en comprender los fenómenos, explorándolos desde la perspectiva de los participantes en un ambiente natural y en relación con su contexto” (p. 358). De esta manera, los estudios cualitativos ponen especial énfasis en la valoración de lo subjetivo y lo vivencial y en la interacción entre sujetos de la investigación; privilegian lo local, lo cotidiano y lo cultural para comprender la lógica y el significado que tienen los procesos sociales para los propios actores, que son quienes viven y producen la realidad sociocultural (Galeano, 2018).

Para autores como Bonilla-Castro y Rodríguez (2005), la principal característica de la investigación cualitativa reside en su interés por captar la realidad social a partir de la percepción que tiene el sujeto de su propio contexto, por lo que esta metodología no parte de supuestos derivados teóricamente sino que busca conceptualizar sobre la realidad con base en los

conocimientos, las actitudes y los valores que guían el comportamiento de los individuos en un determinado contexto espacial y temporal.

Otras características esenciales de esta metodología investigativa las refiere Pérez-Serrano (1994), quien describe que en la investigación cualitativa la teoría constituye una reflexión en y desde la praxis, se intenta comprender la realidad desde la interacción con el contexto social y cultural, se describe el hecho en el que se desarrolla el acontecimiento y se profundiza en sus causas; además, dentro del marco cualitativo de la investigación, el individuo es un sujeto que es interactivo, comunicativo y que comparte significados.

## **5.2 Método**

En línea con las intencionalidades del Proyecto, se optó por el método del estudio de casos, el cual desde la perspectiva de Galeano (2018), es una estrategia de investigación que implica marcos de análisis más específicos y formas particulares de la presentación de los resultados, centrados en objetos más específicos en tiempo y espacio.

Por su parte, Stake (2007), refiere que en “un estudio de casos se espera que abarque la complejidad de un caso particular [...] buscamos el detalle de la interacción con sus contextos. El estudio de casos es el estudio de la particularidad y de la complejidad de un caso singular, para llegar a comprender su actividad en circunstancias importantes” (p. 11). Este método permite al investigador alcanzar mayor comprensión y claridad sobre un tema o aspecto teórico concreto, o indagar un fenómeno, una población o una condición en particular permitiendo registrar e interpretar hechos o situaciones con una relativa cercanía a la manera como suceden, para representarlos y describirlos (Galeano, 2018).

En este sentido, Pérez-Serrano (1994), clasifica los estudios de caso en descriptivos y en interpretativos. Los descriptivos presentan un informe detallado de la situación que es objeto de estudio, sin fundamentación ni hipótesis previas; y los estudios de caso interpretativos contienen descripciones rigurosas y densas, las cuales se usan con el propósito de interpretar y teorizar sobre el caso. De esta manera, la presente investigación se enmarca en el método de estudio de caso descriptivo-interpretativo, debido a que no sólo se presenta un informe detallado del objeto de estudio, sino que además se dan descripciones profundas con rigor interpretativo que permiten atender a los objetivos de investigación definidos en este trabajo.



### **5.3 Contexto y selección de participantes**

La investigación se llevó a cabo en el colegio Calasanz Medellín, institución de carácter privado ubicada en la comuna 12 de la ciudad de Medellín, fundada y administrada por el carisma educativo de la Orden Religiosa de las Escuelas Pías. Su educación se fundamenta en una propuesta pedagógica cristocéntrica siguiendo un modelo desde la Piedad y las Letras, que se entiende como fe y cultura. La caracterización de la población se ubica en los estratos socioeconómicos 3, 4 y 5, principalmente.

En este orden de ideas, el modelo pedagógico del colegio busca la articulación de los objetivos de cada área con los pilares de la educación propuestos por la UNESCO para hacer frente a los desafíos del siglo XXI: aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a ser y aprender a convivir. En su plan de estudios para el séptimo grado, el área de Matemáticas cuenta con una intensidad horaria semanal de cinco horas, en las cuales se articulan los cinco pensamientos matemáticos. Por su parte, desde las Ciencias Naturales, se cuenta con una intensidad horaria semanal de seis horas, de las cuales cuatro son clases magistrales, una hora corresponde a la asignatura Física-Química, y una hora de laboratorio para el desarrollo de las prácticas experimentales.

En el proyecto participaron 92 estudiantes con edades comprendidas entre los 12 y 13 años, de los cuales, con la intención de desarrollar un minicaso, fue seleccionado un estudiante bajo la estrategia de muestreo por conveniencia, el cual se entiende desde la perspectiva de Galeano (2004), como la elección de una situación o evento que más facilita el registro de la información debido a que las condiciones de los participantes se ajustan a los intereses investigativos. De esta manera, esta estrategia fue considerada la más pertinente para lograr los objetivos de esta investigación, debido a que se tenían antecedentes de que el participante seleccionado contaba con ciertas particularidades alrededor de su autorregulación cognitiva y conductual, lo que lo convertía en el foco propicio para poner en marcha uno de los propósitos de la investigación.

### **5.4 Instrumentos**

Desde el punto de vista de Hernández et al (2014), al tratarse de una investigación cualitativa, “los datos que interesan son conceptos, percepciones, imágenes mentales, creencias, emociones, interacciones, pensamientos, experiencias y vivencias manifestadas en el lenguaje de los participantes, ya sea de manera individual, grupal o colectiva” (p. 394). Los datos se recolectan

con la finalidad de analizarlos y comprenderlos a la luz de la pregunta de investigación. De esta manera, los instrumentos considerados en este trabajo investigativo fueron:

- a) La observación participante: desde la perspectiva de Galeano (2018), es una estrategia que se refiere a la recolección de información que realizan observadores implicados como investigadores durante un periodo de tiempo extenso en el campo, suficiente para observar un grupo: sus interacciones, comportamientos, ritmos, cotidianidad. Asimismo, “el investigador participa en la situación que quiere observar, es decir, penetra en la experiencia de los otros, dentro de un grupo o institución, y pretende convertirse en uno más, analizando sus propias reacciones, intenciones y motivos con los demás” (Galeano, 2018, p. 48). Para la recolección de la información, resultado de las observaciones, se hizo uso del diario pedagógico ([ver anexo: Formato de Diario Pedagógico](#)) en donde se consignaron las descripciones y análisis de los asuntos más relevantes que ocurrían en el aula alrededor del objeto de estudio.
- b) Cuestionarios: para Bernal (2010), el cuestionario es un conjunto de preguntas diseñadas para generar los datos necesarios, con el propósito de alcanzar los objetivos del proyecto de investigación. En el marco de este trabajo investigativo se realizó un cuestionario inicial con la finalidad de conocer las ideas previas de los estudiantes en torno al fenómeno gravitacional, identificar en ellos elementos de la autorregulación y sus percepciones iniciales frente la metodología ABPy-STEAM ([ver anexo: Instrumento Diagnóstico inicial](#)), y un cuestionario final en el que se evidenció los aprendizajes obtenidos al participar del Proyecto ([ver anexo: Instrumento Diagnóstico Final](#)).
- c) La entrevista: la entrevista es descrita como una de las herramientas más útiles en la investigación cualitativa. Según Fernández (2001), la entrevista permite acercarse de manera directa a las experiencias, vivencias y aprendizajes de las personas que han vivido los acontecimientos alrededor de los cuales se pretende investigar, brindando riqueza y profundidad a la visión de quien investiga. Según Hernández et al. (2014), las entrevistas se dividen en estructuradas, semiestructuradas y no estructuradas o abiertas. En las entrevistas estructuradas, el entrevistador realiza su labor siguiendo una guía de preguntas específicas y se sujeta exclusivamente a ésta; las entrevistas semiestructuradas se basan en una guía de asuntos o preguntas y el entrevistador tiene la libertad de introducir preguntas adicionales para precisar conceptos u obtener mayor información; y en las entrevistas

abiertas se fundamentan en una guía general de contenido y el entrevistador posee toda la flexibilidad para manejarla. Las entrevistas realizadas en este trabajo investigativo siguieron el modelo de la entrevista semiestructurada ([Ver anexo: Preguntas orientadoras - Entrevista semiestructurada](#)).

### **5.5 Consideraciones éticas**

La relación que se establece entre el investigador y los participantes conlleva una responsabilidad ética, con especial sensibilidad frente a los efectos que la investigación llegue a causar en ellos, por lo que es indispensable asumir una postura ética y tomar decisiones que conlleven a salvaguardar la integridad física y moral de cada uno de los participantes, incluyendo el investigador, y lograr condiciones adecuadas para el logro de objetivos académicos (Galeano, 2018). De esta manera, para el desarrollo de este trabajo investigativo se siguieron los criterios éticos propuestos por Galeano (2004), para mantener una integridad del proceso, responsabilidad hacia los informantes, pertinencia de las técnicas de recolección y registro de la información, manejo del riesgo y reciprocidad. A continuación, se detallan.

- Integridad del proceso: considera asuntos decisorios libres y autónomos para participar en la investigación, esto implica la responsabilidad de explicar a los participantes las intencionalidades y alcances de la investigación.
- Responsabilidad hacia los informantes: implica considerar el consentimiento informado, la confidencialidad, el anonimato y los derechos de autor. La realización de esta investigación contó con un asentamiento del menor seleccionado para el minicaso ([ver anexo: asentimiento del menor](#)) y del consentimiento informado de sus padres ([ver anexo: consentimiento informado-menores de edad](#)).
- Recolección y registro de la información: consideración del otro como sujeto social portador de derechos y deberes con posibilidad de aportar en la construcción y aplicación de conocimientos, y no como un simple depositario de información. Implica relaciones de horizontalidad.
- Manejo del riesgo y reciprocidad: informar a los participantes sobre el curso de la investigación, y que conozcan los beneficios de participación en la misma.

### 5.6 Ruta de análisis

Dado que el ejercicio de análisis de la información debe dar cuenta de un orden secuencial, coherente e integrador de todo el proceso investigativo, este trabajo se basó en la propuesta de Cisterna (2005), quien propone criterios para la elaboración de tipologías que permitan recopilar organizadamente la información de campo para la construcción de una ruta de análisis en el marco de una investigación a partir de categorías y subcategorías de los tópicos rectores de la misma. Para este autor, las categorías denotan un tópico en sí mismo, y las subcategorías, detallan dicho tópico en micro aspectos. Tanto las categorías como las subcategorías pueden ser apriorísticas, es decir, construidas antes del proceso recopilatorio de la información, o emergentes, que surgen durante el proceso de indagación.

En la Tabla 3 se describe la ruta de análisis, que se basa en tres categorías apriorísticas y que están en correspondencia con los objetivos específicos de esta investigación. Estas categorías se describen en detalle a partir de unas subcategorías asociadas a la comprensión del fenómeno gravitacional, al proceso de autorregulación del aprendizaje y a las percepciones de los estudiantes frente al desarrollo del proyecto.

**Tabla 3**

*Categorías y subcategorías de análisis*

<b>Categoría</b>	<b>Subcategorías</b>	<b>Descripción</b>
<b>Comprensión del fenómeno gravitacional</b>	En relación con la fuerza	Ideas y comprensiones que tienen los estudiantes alrededor de los conceptos de fuerza, masa, peso y aceleración para comprender el fenómeno de la Gravedad y su enfoque variacional
	En relación con la masa y el peso	
	En relación con la aceleración	
<b>Autorregulación del aprendizaje</b>	Planificación	Identificación de los procesos de autorregulación del aprendizaje en estudiantes al participar del proyecto con enfoque STEAM
	Ejecución	
	Autorreflexión	
<b>Percepciones</b>	Ámbito específico	Sentipensares y percepciones que tienen los estudiantes frente al ámbito específico de la Gravedad y frente a la metodología de Proyecto con enfoque STEAM
	Proyecto STEAM	

### 5.7 Diseño del proyecto con enfoque STEAM

Para el diseño del proyecto se siguieron los planteamientos de Pérez-Torres et al., (2021), quienes presentan unas tensiones/indicadores que constituyen la rúbrica para la construcción de proyectos STEM: *¿para qué?* reto del proyecto y finalidades de aprendizaje; *¿qué?* la integración de contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales) entre disciplinas, y acciones alrededor del producto final; y *¿cómo?* la relevancia y significatividad científica, trabajo colaborativo y la evaluación de los procesos y de resultados. Mediante el desarrollo de este proyecto (Tabla 4) se buscaba un acercamiento de los estudiantes a la comprensión del fenómeno gravitacional; además, con las actividades que lo orientaron se pretendió analizar de manera general los procesos de autorregulación del aprendizaje de los estudiantes participantes, y de manera más particular y detallada el proceso autorregulatorio del estudiante seleccionado al participar del proyecto.

**Tabla 4**

*Generalidades del Proyecto con enfoque STEAM*

GENERALIDADES					
<b>Título del proyecto</b>	Proyecto con enfoque STEAM: ¿por qué caen las cosas?				
<b>Pregunta orientadora</b>	¿Por qué caen las cosas?				
<b>Grado escolar</b>	Séptimo				
<b>Áreas participantes</b>	<b>Ciencia [S]</b>	<b>Tecnología [T]</b>	<b>Ingeniería [E]</b>	<b>Arte [A]</b>	<b>Matemáticas [M]</b>
	Desarrollo conceptual y experimental en torno a la Gravedad	Uso de simuladores para ampliación de la comprensión de la Gravedad	Desarrollo de las fases del diseño ingenieril para la construcción de un carro de Gravedad	Diseño y creatividad en el desarrollo de materiales y productos para favorecer múltiples formas de expresión y exploración de los contenidos científicos (Okwara y Pretorius, 2023) principalmente desde la construcción del producto final	Comprensión de las relaciones matemáticas entre las variables que intervienen en la comprensión del fenómeno gravitacional

<b>Tiempo de ejecución</b>	10 semanas
<b>Producto final</b>	Competencia (carrera) de carros propulsados por la Gravedad construidos por los estudiantes

En la tabla 5 con los muestran los objetivos de aprendizaje, que se buscaron alcanzar con la implementación del proyecto a partir de los Estándares Básicos de Competencias y articulados con los indicadores de aprendizaje para cada área STEAM desde los planes de áreas del colegio; además, las habilidades que se procuraron fortalecer y la rúbrica de evaluación que orientó las actividades del Proyecto.

**Tabla 5**

*Objetivos de aprendizaje y articulación de áreas STEAM*

ELEMENTOS PEDAGÓGICOS			
<b>Estándares Básicos de Competencias</b>	<b>Ciencias naturales (entorno físico)</b>	Relaciono masa y peso con la aceleración de la gravedad en distintos puntos del sistema solar	
	<b>Matemáticas</b>	Describo y represento situaciones de covariación relacionando diferentes representaciones (diagramas, expresiones verbales generalizadas y tablas)	
<b>Relaciones STEAM</b>	<b>Indicadores de aprendizaje</b>	<b>Ciencias</b>	Comprende la relación entre fuerza, masa, peso y aceleración en la explicación del fenómeno de la gravedad
		<b>Matemáticas</b>	Identifica la covariación presente en las variables que constituyen el fenómeno de fuerza gravitacional
		<b>Arte</b>	Aplica elementos, técnicas y términos del lenguaje plástico mediante la realización de proyectos de expresión creativa
		<b>Tecnología</b>	Utiliza las tecnologías de la información y la comunicación, para apoyar sus procesos de aprendizaje y actividades personales (recolectar, seleccionar, organizar y procesar información)
		<b>Ingeniería</b>	Diseña y construye un prototipo de coche de gravedad siguiendo las fases del diseño ingenieril
<b>Habilidades</b>		Resolución de problemas Comunicación Trabajo colaborativo	
<b>Rubrica de evaluación</b>		Fichas metacognitivas	

Dado que en el proyecto se presentan de manera simultánea los elementos constitutivos del Aprendizaje Basado en Proyectos, las fases del diseño ingenieril y las fases de la autorregulación,

se presenta la correspondencia entre ellos (Tabla 6) que favoreció un diálogo recíproco a lo largo del desarrollo de mismo.

**Tabla 6**

*Correspondencia entre los elementos del ABPy-STEAM, las fases del diseño ingenieril y las fases de la autorregulación*

Elementos constitutivos ABPy-STEAM	Fases del diseño ingenieril	Fases de la autorregulación
Problema contextualizado y significativo	Definición del problema	
Pregunta orientadora		Planificación
Voz y voto de los estudiantes	Alternativas de solución: imaginar el producto	
Producto	Planificación y diseño	
Habilidades del siglo XXI	Construcción y prueba del prototipo	Ejecución
Investigación continua		
Reflexión	Mejoras al producto	Autorreflexión
Evaluación, crítica y revisión		

A continuación, se detallan cada una de las fases del Proyecto, partiendo de una visión general (Tabla 7) y seguido de una descripción del proceso de implementación semana a semana.

**Tabla 7**

*Visión general del proyecto a partir de sus tres fases de implementación*

Fases del Proyecto	Predominancia áreas STEAM					Semanas de implementación	Actividad central
Lanzamiento	S	T	E	A	M	<b>Semana 1</b> <i>Presentación del Proyecto y diagnóstico</i>	Presentación del proyecto: <i>¿Por qué caen las cosas?</i> , aplicación del instrumento diagnóstico y organización de grupos de trabajo
	S	T	E	A	M	<b>Semana 2</b> <i>¿Qué han dicho los grandes físicos clásicos sobre la Gravedad?</i>	Concepciones históricas sobre la Gravedad
Desarrollo	S	T	E	A	M	<b>Semana 3</b> <i>¿Masa y Peso es lo mismo?</i>	Conceptualización de masa y peso, y desarrollo de la Primera fase del ingenieril: definición del problema
	S	T	E	A	M	<b>Semana 4</b> <i>¿Qué tiene que ver masa y peso con la Gravedad?</i>	Diseño de un comic y segunda fase del diseño ingenieril: imaginar el producto
	S	T	E	A	M	<b>Semana 5</b> <i>¿Y si viajamos en el tiempo para conversar sobre la gravedad?</i>	Diseño digital de un comic sobre la Gravedad, y tercera fase del diseño ingenieril: planificación y diseño

	S	T	E	A	M	<b>Semana 6</b> <i>¿Los cuerpos se atraen?</i>	Interacción con simuladores web para la comprensión de la fuerza gravitacional, y cuarta fase del diseño ingenieril: construcción y prueba del producto
	S	T	E	A	M	<b>Semana 7</b> <i>¿Cómo funciona el carro de gravedad?</i>	Conceptualización de la Fuerza de Gravedad, continuación del desarrollo de la cuarta fase del diseño ingenieril (crítica y revisión) y desarrollo de la quinta fase: mejoras al producto
	S	T	E	A	M	<b>Semana 8</b> <i>¿Hay Gravedad en el espacio?</i>	Conversatorio alrededor de la Gravedad en el espacio y el sistema solar
	S	T	E	A	M	<b>Semana 9</b> <i>¿Por qué caen las cosas?</i>	Práctica experimental con la caída de los cuerpos y consideraciones cualitativas sobre la aceleración de la Gravedad en la Tierra
<b>Cierre</b>	S	T	E	A	M	<b>Semana 10</b> <i>Producto final y evaluación del Proyecto</i>	Presentación final, carrera de carros de Gravedad, instrumento diagnóstico final y autoevaluación del Proyecto

*Nota:* los colores que resaltan las áreas del acrónimo STEAM indican la predominancia de éstas en cada semana de implementación

**Lanzamiento:** en la *semana 1* tuvo lugar la presentación del Proyecto *¿por qué caen las cosas?*, en la cual se les explicó a los estudiantes las generalidades del mismo ([ver anexo: Ficha Gráfica del Proyecto](#)) y se les motivó a su participación en él. El proyecto fue desarrollado a la par en los tres grupos de séptimo grado que tiene el colegio. El punto de partida fue el desarrollo del instrumento diagnóstico inicial subdividido en tres momentos: dos individual (al inicio y al final) y uno grupal. En la sección individual inicial se les indagó sobre las ideas previas alrededor de los conceptos de Gravedad, masa, peso, fuerza y aceleración. El momento grupal comenzaba con la selección de los grupos, con roles definidos para el trabajo grupal, el cual consistió en el desarrollo de una práctica experimental sobre la caída de los cuerpos, y finalmente al retornar al trabajo individual se les presentó un breve cuestionario para identificar elementos de la autorregulación.

En esta sesión también se definieron los grupos de trabajo para el desarrollo del proyecto, se conformaron cinco equipos de a seis integrantes en cada grupo de clase y a criterio de los estudiantes, los cuales se reunieron para definir unos roles dentro del equipo y firmar el acta simbólica de compromiso para participar del proyecto ([ver anexo: Acta simbólica](#)). Además, cada estudiante diseñó una carpeta personalizada con la temática de la Gravedad (figura 8), en la que se consignarían todas las actividades individuales a lo largo del proyecto.



**Figura 8**

Algunas portadas de las carpetas personalizadas realizadas por los estudiantes



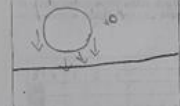
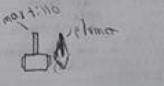
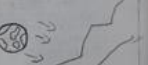
**Desarrollo:** en la *semana 2* se inició la conceptualización en torno a la Gravedad partiendo de la construcción histórica de la comprensión de este fenómeno, motivada por la pregunta *¿Qué han dicho los grandes físicos clásicos sobre la Gravedad?* Con una previa consulta de los estudiantes sobre la vida y obra de los físicos Aristóteles, Galileo Galilei e Isaac Newton, se socializó en torno a su pensamiento y las diferencias y semejanzas que encontraron en sus posturas científicas. Posteriormente se les presentó apartados literales de textos fuentes de estos personajes en donde se referían a la Gravedad y se comentaron sus posturas. Esta socialización fue enriquecida con dos videos: en el primero trataba sobre la demostración experimental que realizó el astronauta David Scott en su viaje a la Luna en el año 1971 al lanzar una pluma y un martillo y observar que caían al mismo tiempo a la superficie, esto es que en ausencia de aire los cuerpos caen a la misma velocidad, como lo había hipotetizado Galileo Galilei siglos antes; y el segundo video, fue grabado por un grupo de estudiantes la semana anterior en el desarrollo del diagnóstico inicial, en donde comprobaban que dos objetos del mismo material pero diferente masa difieren muy poco en su velocidad de caída.

En la segunda parte de la sesión, se les presentó una ficha de trabajo en la que pondrían por escrito lo aprendido. En un primer momento, indagarles por el interés que pusieron en la realización de la consulta; posteriormente, debían realizar un cuadro paralelo entre las posturas de Aristóteles,

Galileo Galilei e Isaac Newton sobre la Gravedad teniendo en cuenta lo consultado sobre estos personajes y lo aprendido en la clase (figura 9). Todas las fichas que se trabajaron en el proyecto tuvieron preguntas para identificar elementos en la autorregulación del aprendizaje, por lo que conservaban cuestiones sobre la identificación del objetivo [Planificación], estrategias para la solución de las actividades [ejecución] y reflexiones en torno al desarrollo y consecución del objetivo [autorreflexión].

### Figura 9

*Cuadros paralelos realizados por los estudiantes sobre las posturas de Aristóteles, Galileo y Newton alrededor del fenómeno de la Gravedad*

¿Cómo entendía la Gravedad?		
Aristóteles	Galileo Galilei	Isaac Newton
<p>el entendía que los cuerpos con mayor masa caían más rápido que uno con menor masa.</p> 	<p>que los objetos con mayor masa caían más rápido que uno con menor masa. Yo que caían con el mismo tiempo, pero que si se eliminaba la resistencia al aire, los objetos caerían al mismo tiempo.</p> 	<p>que los objetos con mayor masa caían más rápido que uno con menor masa. Y el cuerpo se cae más rápido.</p> 
Aristóteles	Galileo Galilei	Isaac Newton
<p>El entendía que los cuerpos de mayor masa caían más rápido que uno de menor masa. Y que todos los objetos están en su lugar que le corresponde.</p>	<p>Que si se elimina la resistencia del aire los objetos caen a la vez. También que los objetos caen con una aceleración constante. Y que no es mucha la diferencia en la caída de un objeto de masa menor a uno de masa mayor.</p>	<p>Newton corrigió la teoría de Galileo sobre la resistencia del aire. Todos los objetos se caen, pero el objeto de mayor masa cae al de menor.</p>

En la *semana 3* se trabajó en la conceptualización de los conceptos de Masa y Peso, con el objetivo de afinar las concepciones alternativas que se tienen sobre estos dos conceptos fundamentales para la comprensión de la Gravedad. La pregunta que movilizó pensamiento en la sesión fue: *¿masa y peso es lo mismo?* La sesión dio inicio con una breve socialización de la sesión anterior y escuchando las concepciones de los estudiantes sobre masa y peso, y seguidamente una definición y diferenciación de estos. Luego, tuvo lugar la presentación de la fórmula de peso e identificación de las variables que la componen:  $W = mg$ . Este momento acompañado de una explicación breve del concepto de variable, constante y equivalencia, y de un reto para que identificaran las variables que definen el peso. El reto consistía en un astronauta de una masa de 70 kilogramos se dio cuenta que en la Tierra pesaba 686 N, y cuando fue a la Luna pesaba 113,4 N, luego fue a Marte y pesaba 260,4 N. A partir de este enunciado se les preguntó: *¿Cómo crees que calculó su peso? Piensa en una fórmula, ¿Qué permanece constante y qué varía? ¿Qué entiendes por variable y por constante? ¿Cuánto pesaría el astronauta si fuera a Júpiter?* Los estudiantes contaban con una tabla, producto de una consulta, en donde tenían consignado el valor de la aceleración de la Gravedad en la Luna y en los planetas del sistema solar.

Con la identificación de la fórmula, se les propuso calcular su peso en la Luna, en Júpiter, en Mercurio, en Marte y en la Tierra. Esta actividad acompañada de preguntas como las siguientes: ¿Cuál es la diferencia entre masa y peso?, ¿Cuáles son las unidades de masa y peso?, ¿Peso es lo mismo que fuerza de Gravedad? e imagina que eres un/a astronauta y vas a la luna, qué crees: ¿tu masa sería la misma o cambiaría? ¿tu peso sería el mismo o cambiaría? Posteriormente debían evaluar su trabajo parcial de la sesión mediante una rúbrica y consignarla en su carpeta personalizada.

En el tiempo restante de la sesión se les presentó a los estudiantes las generalidades del producto final: el carro de Gravedad. Se les explicó que realizarán su construcción de un carro de gravedad como alternativa a un problema y de manera progresiva mediante unas fases que implican un previo diseño. Se reunieron en grupos y trabajaron en torno a la primera fase del diseño ingenieril: la identificación del problema (figura 10) ([ver anexo: Fase 1- Definición del problema](#)).

### Figura 10

*Estudiantes trabajando en equipo en torno al producto final*



En la *semana 4* se fortalecieron las concepciones sobre masa y peso en la realización de un comic en el que se estableciera un diálogo entre personajes de la ciencia que permitiera evidenciar preguntas y respuestas alrededor de la comprensión sobre masa y peso y su relación con la Gravedad, según fueran sus posturas científicas, y todo a partir de la pregunta *¿Qué tiene que ver masa y peso con la Gravedad?* Los estudiantes debían escoger unas de las siguientes parejas de personajes: un estudiante calasancio y Galileo Galilei, un estudiante calasancio y Newton, un estudiante calasancio y un astronauta, o San José de Calasanz y Galileo Galilei. Posteriormente se les presentó un ejemplo realizado por el orientador del proyecto con condiciones parecidas, con la finalidad de que los estudiantes observaran el ejemplo y estuvieran en capacidad de adecuarlo a las

nuevas instrucciones ([ver anexo: comic realizado por el orientador del Proyecto](#)). También se les presentó la rúbrica de evaluación de esta actividad.

En la segunda parte de la clase, se reunieron en equipos para desarrollar la ficha de trabajo correspondiente a la segunda fase del diseño ingenieril: imaginar el producto ([ver anexo: Fase 2-imaginar el producto](#)), en donde dibujarían un boceto de lo que querían construir como equipo; para ello se les presentó algunos ejemplos de prototipos de carro de Gravedad que hay en el mercado, con la intención de que empezaran a identificar su estructura y funcionamiento. A partir de lo que observaron empezaron a imaginar y plasmar en un boceto la idea que se les ocurría atendiendo a las condiciones presentadas inicialmente: materiales accesibles, idea propia, diseño creativo y de fácil elaboración.

En la *semana 5*, se tuvieron dos sesiones. La primera sesión tuvo como propósito interactuar con la plataforma *story jumper* en la que los estudiantes diseñaban de manera digital el comic que venían construyendo (figura 11) y que respondía a la pregunta *¿y si viajamos en el tiempo para conversar sobre la Gravedad?* Los criterios de valoración de la actividad incluían el despliegue de la creatividad, secuencia lógica en el diálogo y en relación entre los conceptos de masa, peso y Gravedad, y no presentar errores científicos en la conceptualización.

### Figura 11

*Estudiantes diseñando el comic digital*



En la segunda sesión, se desarrolló la tercera fase del diseño ingenieril: planificación y diseño. Los estudiantes completaron la ficha dispuesta para el desarrollo de esta fase ([ver anexo: Fase 3-planificación y diseño](#)), en las cuales diseñaron un boceto más elaborado (figura 12) siguiendo las indicaciones para su diseño, las cuales presentaban unas características matemáticas que se debían tener en cuenta en el diseño del carro de Gravedad: perpendicularidad del soporte, base rectangular, paralelismo entre los ejes de las llantas, y otras; además, por escrito se desarrollaron mejoras al producto pensado e identificación de características para mejorar su eficiencia en una carrera.

### Figura 12

*Comparaciones entre las primeras ideas de bocetos del producto final, los bocetos más elaborados a partir de criterios de construcción, y la construcción de los prototipos realizados por algunos equipos*



En la *semana 6* se tuvieron varias sesiones con los grupos de clase, en las cuales se inició la construcción del prototipo de carro de gravedad con los materiales que trajeron, atendiendo a la cuarta fase del diseño ingenieril. En esta semana quedaron construidas las primeras versiones de los carros de Gravedad (figura 13).

**Figura 13**

*Algunos prototipos construidos por los equipos de trabajo*



Durante esta misma semana, en una de las sesiones se inició la conceptualización en torno a la fuerza gravitacional a partir de la pregunta: *¿los cuerpos se atraen?* Para ello se empezó con la interacción con un simulador en Geogebra que permitía adquirir comprensiones cualitativas alrededor de este fenómeno (figura 14). En primer lugar, observaban al orientador del Proyecto interactuar con la plataforma y a partir de ello respondían algunas preguntas, posteriormente se dirigieron a la sala de cómputo y de manera individual respondían las demás preguntas intencionadas para la identificación del componente variacional de la fuerza gravitacional a partir de comprensiones cualitativas.

## Figura 14

### Trabajo con simuladores alrededor de la fuerza gravitacional



Nota: los simuladores pertenecen a la plataforma GeoGebra, y fueron utilizados para comprender cualitativamente la fuerza de la Gravedad. Se puede acceder a ellos mediante los enlaces <https://www.geogebra.org/m/Yx6t8HJf> y <https://www.geogebra.org/m/K5ueTxVV> respectivamente.

En la *semana 7* tuvo lugar la continuación de la cuarta fase del diseño ingenieril: construcción y prueba del producto, en la cual los estudiantes analizaron las características de su carro y lo sometieron a un ejercicio de crítica y revisión ([ver anexo: Fase 4 – Construcción y Prueba del producto](#)) por parte de sus demás compañeros (figura 15). El encuentro se desarrolló de la siguiente manera: en un primer momento, cada equipo identificaba las características físicas de su carro: masa, distancia recorrida, altura, diámetro de las llantas y masa del objeto suspendido, y las completaban en una ficha dispuesta para ello como carta de presentación del carro. En un segundo momento, se dispusieron los carros en lugares diferentes y los grupos empezaban a rotar cada 5 minutos por cada uno de ellos, dejando observaciones y recomendaciones, y además completando los datos que allí encontraban como insumo para el análisis comparativo posterior sobre la eficacia de los carros y las variables sujetas a mejoras. Con los conocimientos y reflexiones que adquirieron hasta esta etapa del Proyecto se les motivó a responder la pregunta: *¿cómo funciona el carro de gravedad?*

## Figura 15

### Estudiantes desarrollando el ejercicio de crítica y revisión



En una segunda sesión de esta semana, los estudiantes interactuaron con diversas masas suspendidas con el fin de identificar que variaciones tenía su prototipo cuando se cambiaba la masa del objeto suspendido y qué relaciones encontraban con la fuerza gravitacional, completando la quinta fase del diseño ingenieril: mejoras al producto ([ver anexo: Fase 5 – Mejoras al Producto](#)).

En la *semana 8* se realizó un conversatorio a partir de sus consideraciones sobre la Gravedad en el espacio. Se dispuso en el piso una representación lineal del sistema solar: los ocho planetas, Plutón, la Luna y el sol. Cada equipo debía ubicar su carro de Gravedad en un lugar arbitrario de manera que parara sobre alguno de los planetas, luego entre todos establecer un diálogo sobre la Gravedad en ese planeta y la fuerza gravitacional que ejerce sobre otros cuerpos, para posteriormente establecer conexiones con la ley de gravitación universal y dar respuesta a la pregunta: *¿hay Gravedad en el espacio?*

En la segunda parte de la sesión, los estudiantes se reunieron en equipos para pensar y dar inicio al diseño de la presentación final del proyecto (figura 16), que consistió en la creación y socialización de un poster en el que presentaran el proceso vivido en el desarrollo de las cinco fases del diseño ingenieril y en donde pudieran comunicar sus resultados. Además, se les dio las indicaciones generales para la carrera de los carros de Gravedad.

### Figura 16

*Estudiantes diseñando el poster para la presentación final*



En la *semana 9* se desarrolló una práctica experimental en torno a la aceleración de la Gravedad en la Tierra. Se dispuso de materiales que los estudiantes deberían lanzar en caída libre, estimar la altura a la que eran lanzados y su tiempo de caída (figura 17). Con la observación se pretendió que los estudiantes reflexionaran en torno a las variables y constantes en la caída de los objetos, la influencia de la masa en la caída libre y las diferenciaciones entre aceleración y fuerza



de Gravedad. Con las reflexiones y aprendizajes generados hasta esta fase de desarrollo dieron respuesta a la pregunta orientadora del proyecto: *¿por qué caen las cosas?*

### Figura 17

*Estudiantes experimentando con la caída de los cuerpos*



**Cierre:** En la *semana 10* cada equipo socializó su proceso durante la construcción del carro de Gravedad a través de la exposición del poster, y se dispusieron para llevar a cabo la carrera de los carros de Gravedad (figura 18) en donde en cada grupo de clase se definió a un equipo ganador. Terminada la carrera, se realizó el instrumento diagnóstico final y evaluación del proyecto, en donde se pudo identificar no sólo los conocimientos que favoreció la participación en el proyecto STEAM, sino también sus percepciones y emociones al participar del mismo.

### Figura 18

*Presentación del producto final: carrera de los carros de gravedad*



## 6. Resultados y análisis

A continuación, se presenta el análisis de la información recolectada utilizando los instrumentos definidos en el marco metodológico. En este sentido, se establece una relación dialógica entre las categorías apriorísticas y los referentes teóricos. Atendiendo a las consideraciones éticas, cuando se refiera de manera literal a las expresiones de los participantes, se utilizará el término *estudiante* o *estudiantes*.

### 6.1 Comprensión del fenómeno gravitacional

La categoría de la comprensión del fenómeno gravitacional (ver tabla 8) estuvo vinculada al primer y segundo objetivo específico, que se centraron tanto la indagación acerca de las concepciones previas que tenían los estudiantes sobre el fenómeno gravitacional como en las concepciones que desarrollaron y ampliaron a través de su participación en el proyecto. Esta información se obtuvo a partir de los instrumentos diagnósticos y en el desarrollo de las actividades, en las cuales se evidenció el panorama que tenían y el que fueron desarrollando los estudiantes alrededor de sus comprensiones sobre la Gravedad.

**Tabla 8**

*Categoría comprensión del fenómeno gravitacional y sus respectivas subcategorías*

Categoría	Subcategoría	Descripción
<b>Comprensión del fenómeno gravitacional</b>	En relación con la fuerza	Ideas y percepciones que tienen los estudiantes alrededor de los conceptos de fuerza, masa, peso y aceleración para comprender el fenómeno de la Gravedad antes y durante el desarrollo del proyecto
	En relación con la masa y el peso	
	En relación con la aceleración	

En el ejercicio de indagación por las ideas previas que tuvo lugar en la implementación del instrumento diagnóstico inicial participaron 92 estudiantes, los mismos que desarrollaron el proyecto. A continuación, se desarrolla el análisis de las subcategorías que corresponden a los conceptos fundamentales para la comprensión del fenómeno gravitacional, además de conocer las concepciones que tenían y que adquirieron los estudiantes sobre la Gravedad.

#### 6.1.1 En relación con la fuerza

En el diagnóstico inicial, en sus respuestas sobre la comprensión del concepto de fuerza se pudo estimar que cerca del 74% de los estudiantes relacionaron este concepto con el movimiento

de los cuerpos, lo que es posible según Driver et al (1999), quien considera que es tendencia que los alumnos en estas edades tengan la visión de fuerza como algo que actúa para producir un cambio de movimiento. Solamente un 15% de los estudiantes lo particularizan a la caída de los cuerpos y a la Gravedad, lo cual se podía esperar dado que según Palmer (2001), en esta etapa escolar están en capacidad de relacionar la Gravedad como una fuerza.

Por su parte, en el desarrollo del proyecto, el uso de la tecnología favoreció ampliar comprensiones alrededor del enfoque covariacional intrínseco en la conceptualización de la fuerza gravitacional. Se pretendió que los estudiantes razonaran covariacionalmente y de manera cualitativa en torno a la fuerza gravitacional, y esto fue posible atendiendo a la postura de Panorkou y Feb (2021), quienes postulan que el razonamiento covariacional puede ser numérico o no numérico.

De esta manera, en lo que respecta a fuerza gravitacional, las evidencias, luego del trabajo con el simulador Geogebra, dan cuenta de que los estudiantes pudieron acercarse notablemente a la comprensión cualitativa de la fuerza gravitacional. Al aumentar y disminuir la masa de los cuerpos, los estudiantes observaron cómo las flechas de Gravedad se hacían más grandes y más pequeñas, respectivamente. Sus generalizaciones ilustraron que el cambio de masa puede ser un aumento o una disminución en la fuerza de Gravedad. Por ejemplo, uno de los estudiantes declaró que *“cuanto más grande sea la masa, más Gravedad ejercerá sobre el otro objeto. Cuanta menos masa, menos fuerza de gravedad”*. De manera similar, otro estudiante explicó que *“si [los planetas] se hacen más pequeños, la fuerza de Gravedad se vuelve más pequeña: cuando mayor es la masa, más fuerza de gravedad hay”*.

Luego, los estudiantes manipularon la distancia entre los dos objetos y observaron el cambio en las flechas de Gravedad. Mientras arrastraban los objetos para hacerlos más cerca o más lejos uno del otro, la mayoría de los estudiantes razonaron covariacionalmente sobre la relación entre la distancia y la fuerza gravitacional. Por ejemplo, un estudiante argumentó que *“cuanto más lejos están [los objetos], menor es la fuerza de la Gravedad”*. De esta manera, la mayoría de los estudiantes lograron asociar las flechas con la fuerza entre los dos cuerpos y así pudieron establecer conclusiones en cuanto a la proporcionalidad directa de la fuerza gravitacional con la masa, y la proporcionalidad inversa entre la fuerza gravitacional y la distancia (figura 19).

**Figura 19**

*Respuestas de algunos estudiantes frente a la relación de la fuerza gravitacional con la masa y la distancia*



- *Cuando alejo los planetas las flechas se ponen más cortas. Creo que pasa porque entre más se alejen la fuerza se hace menor.*
- *Cuando alejo los planetas las flechas se hacen más largas. No sé por qué pasa esto, pero siempre señalan al otro cuerpo.*
- *Las flechas se hacen más largas porque hay mayor fuerza de atracción.*
- *Si aumento las masas de los planetas, la fuerza de atracción entre ellos es mayor.*
- *Las flechas se vuelven más largas cuando aumento las masas, y más pequeñas cuando las disminuyo.*
- *Las flechas significan que entre más larga más fuerza y entre más corta menos fuerza, y eso funciona con el cambio en la masa y cuando se acercan o se alejan.*
- *Distancia menor, gravedad mayor.*

Otro insumo que permitió evidenciar las comprensiones cualitativas sobre la fuerza gravitacional estuvo en el desarrollo de la quinta fase del diseño ingenieril, cuando los estudiantes interactuando con su prototipo analizaron la influencia que tenía en la efectividad del carro cambiar las masas suspendidas para observar variaciones en la distancia recorrida (figura 20). Los estudiantes identificaron las implicaciones en la variación de las masas suspendidas de sus prototipos, y alrededor de ello concluían que “entre más liviano el objeto suspendido, con menos fuerza arranca el carro”, “con mayor masa, corre más rápido; con menor masa, más lento”; “si la masa es muy pequeña, no avanza, no habría fuerza suficiente”. Algunos equipos lograron establecer la relación que tenía la variación de la masa suspendida con la fuerza gravitacional: “cuando aumentamos la masa, cae con más fuerza porque tiene mayor masa”, “si colgamos un objeto con bastante masa, la fuerza de Gravedad hace que caiga más rápido, porque hay mayor atracción en él”.

**Figura 20**

*Respuestas de un equipo de trabajo frente a preguntas relacionadas con la variación de las masas suspendidas en el carro de gravedad*

**Ahora, interactúen con diferentes masas suspendidas en el carro de gravedad y respondan las siguientes preguntas. Llamemos masa inicial a la que tiene actualmente su carro de Gravedad.**

a) ¿Qué pasa con el carro cuando se suspende un objeto de mayor masa que la masa inicial ?

Es más rápido pero recorre menos distancia.

b) ¿Qué pasa con el carro cuando se suspende un objeto de menor masa que la masa inicial?

Va más lento pero recorre mayor distancia.

c) ¿A mayor masa del objeto suspendido mayor distancia recorrida por el carro? Si, No, por qué.

No, porque entre más pesado más rápido pero recorre poca distancia.

d) ¿A qué se debe que entre mayor masa del objeto suspendido éste caiga más rápido? Explica tu respuesta.

por que la masa suspendida se le ejerce más gravedad.

Los estudiantes también analizaron de manera numérica la fuerza gravitacional, se les explicó la fórmula para calcular la fuerza gravitacional con la intención de que identificaran las variables que la constituyen, y bajo una situación problema se les presentó tablas con valores de la fuerza de Gravedad para diferentes valores de la masa de dos cuerpos y distancia entre ellos, allí lograron identificar las variaciones y llegaron a conclusiones semejantes a las anteriormente mencionadas, evidenciando un razonamiento covariacional sobre la relación fuerza de gravedad-masa-distancia. Por ejemplo, un estudiante señaló que “*la fuerza de gravedad cambia a medida que las masas o la distancia de los objetos están cambiando*”.

Estas ideas cualitativas sobre la fuerza gravitacional fueron contextualizadas cuando se reflexionó sobre la fuerza de atracción gravitacional que se ejerce entre los astros del sistema solar. Una de las afirmaciones que se unieron a la conversación fue: -el planeta Júpiter ejerce mayor fuerza de atracción gravitacional que el planeta Tierra-, a lo que la mayoría de los estudiantes comentaron que: “*es verdadero ya que Júpiter tiene mayor masa y eso hace que tenga más fuerza de atracción*”; “*es cierto ya que entre mayor masa, mayor fuerza*”; “*verdadero, ya que es un planeta grande que tiene mayor masa o sea más fuerza gravitacional*”. De la misma manera cuando se les preguntó sobre quien ejerce más fuerza de atracción el sol, si sobre Urano o sobre Mercurio, entre las respuestas se rescatan: “*entre más distancia, menos fuerza*”, “*atrae con mayor fuerza a Mercurio porque está más cerca*”, “*no lo sabemos porque aunque Mercurio está más cerca, Urano es mucho más grande, y entre más masa mayor fuerza*”. De esta manera, en correspondencia con lo planteado por Panorkou y Feb (2021), se encontró que el razonamiento covariacional puede

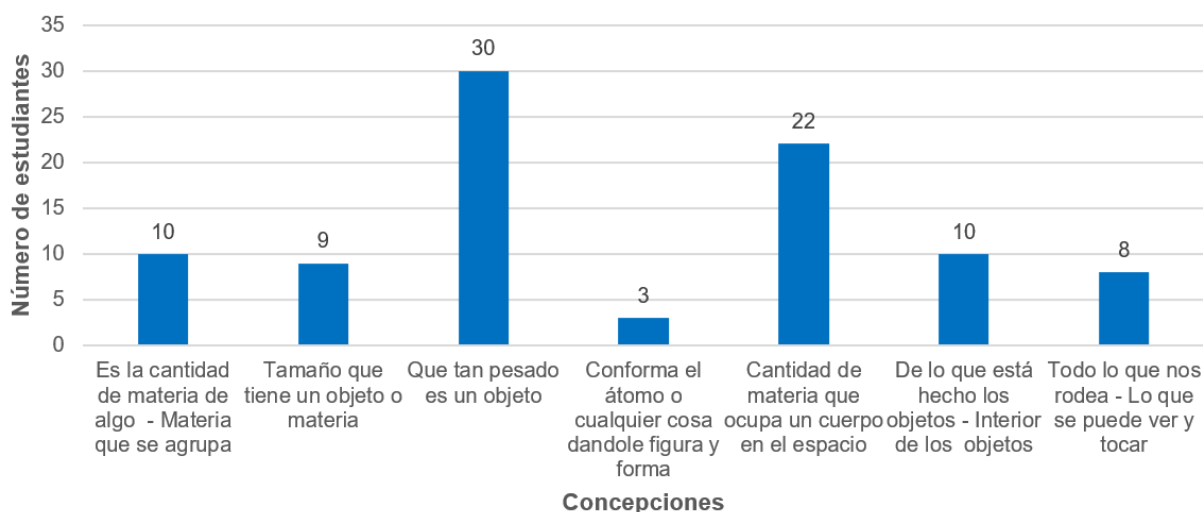
influir y contribuir a la comprensión de ideas científicas, y así visibilizar una integración de las matemáticas y la ciencia para una construcción unificada del conocimiento científico.

### 6.1.2 En relación con la masa y el peso

En la indagación por las concepciones previas con relación a los conceptos de masa y peso se encontró que los estudiantes tienen diversas posturas, y aunque tienen idea de masa como cantidad de materia, no logran precisar su posición. En la *figura 21* se muestra las principales concepciones previas alrededor del concepto de masa.

**Figura 21**

*Concepciones previas que tienen los estudiantes sobre la masa*

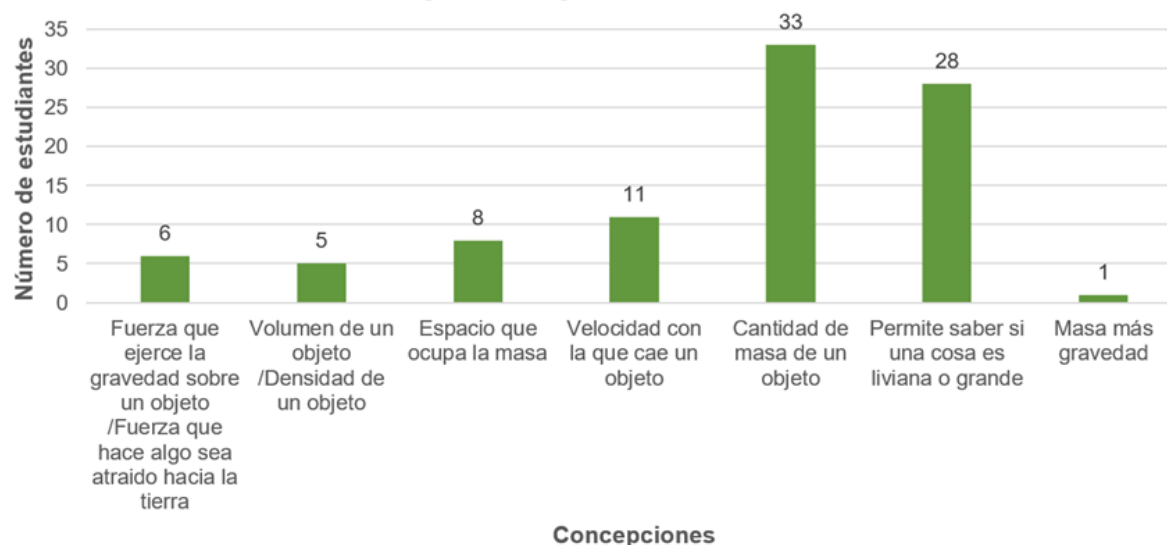


Es importante resaltar que las respuestas se corresponden con los planteamientos de Bar et al., (2016), quienes refieren que en los estudiantes persiste una postura que considera que masa es lo mismo que peso. En sus afirmaciones también es posible evidenciar que existe una tendencia en los estudiantes a definir el peso como cantidad de masa y relacionarlo con el tamaño de los objetos (Bar et al., 2016), en palabras de algunos estudiantes participantes “*entre más grande, más pesado*”.

En la *figura 22* se muestra una clasificación de las concepciones previas que presentaron los estudiantes alrededor del concepto de peso.

## Figura 22

*Concepciones previas que tienen los estudiantes sobre el peso*



A partir de la *figura 22*, se resalta, además, que aproximadamente el 7% de los estudiantes relacionan el peso con la fuerza de Gravedad, lo que concuerda con las afirmaciones de Driver et al. (1999), quienes refieren que entender el peso de un objeto como la fuerza de Gravedad ejercida sobre ese objeto, no parece ser una idea sostenida con firmeza en estudiantes de secundaria, debido a que generalmente ellos no consideran equivalente el peso a la fuerza de Gravedad.

Durante el proyecto, el primer acercamiento a reflexiones sobre estos dos conceptos tuvo lugar en el desarrollo del reto sobre el astronauta que medía su peso en diferentes planetas, y donde ellos debían descifrar la fórmula con la cual lo calculaba. A partir de las preguntas para el análisis de esta situación gran parte de los estudiantes descifraron la fórmula  $W = mg$ , al respecto un estudiante manifestó que “su peso (el del astronauta) lo calculó multiplicando su masa por la aceleración de la Gravedad de cada planeta y la luna”. Seguidamente la actividad condujo a que se generaran reflexiones sobre la distinción de masa y peso a partir de variaciones numéricas. Los estudiantes en sus apreciaciones afirmaban que: “la masa no cambia, el peso si es diferente según la aceleración de la Gravedad”, “en esa fórmula hay algo que cambia y algo que siempre es igual. El peso cambia, la aceleración cambia, pero la masa siempre es la misma en el lugar que esté”, “los astronautas se ven más livianos en la luna no porque su masa sea diferente sino porque como hay muy poquita Gravedad, va a pesar menos”. Uno de los estudiantes haciendo comparaciones entre la aceleración de la Gravedad en la Luna y en la Tierra, afirmaba que “un astronauta se ve más liviano en la Luna porque no es lo mismo multiplicar la masa de él por 1 que por 9”.

En la construcción del comic, algunos estudiantes establecieron diálogo sobre masa, peso y Gravedad mediante el uso de la fórmula, en la que numéricamente calculaban pesos en la Tierra y en la Luna; la mayoría establecieron diálogos con los científicos en busca de la explicación conceptual de la masa, peso y Gravedad acorde a sus posturas.

Estas actividades favorecieron que los estudiantes asumieran nuevas posturas frente a sus concepciones sobre masa y peso, ya que al finalizar el proyecto casi la totalidad de los participantes afirmaban la distinción entre estos dos conceptos, aunque solamente cerca del 78% de los mismos pudieron argumentar tal diferenciación. Sus argumentos obedecieron a la definición de ambos conceptos: *“masa es cantidad de materia y peso es fuerza de atracción”*, *“masa cantidad de materia y se mide en kg y peso es la fuerza con la que es atraído y se mide en Newtons”*, *“son diferentes porque el peso se refiere a la fuerza de Gravedad y la masa a cantidad de materia que tiene un objeto”*. Otros estudiantes ampliaron el concepto aludiendo a la fórmula: *“no es lo mismo, masa es cantidad de materia y el peso es multiplicar esa masa por la Gravedad”*, *“no son lo mismo, porque masa es la cantidad de materia que tiene algo y peso es la fuerza con la Tierra atrae multiplicada por esa masa”*. Y otro significativo número de estudiantes lo hicieron mediante ejemplificaciones relacionadas con la socialización del reto del astronauta: *“masa y peso no es lo mismo, porque un astronauta vaya donde vaya tiene la misma masa pero el peso cambia, por eso se ve tan liviano”*, *“son diferentes porque la masa nunca cambia, pero el peso si puede cambiar dependiendo donde esté”*.

En este sentido, se puede evidenciar que la participación en el Proyecto aportó significativamente a la superación de la concepción alternativa de la no diferenciación entre los conceptos de masa y peso. Ya fuese desde la conceptualización de los mismos, de la equivalencia entre peso y fuerza o desde ejemplificaciones a partir de la fórmula, la gran mayoría de los estudiantes pudieron afinar sus comprensiones en torno a estos dos conceptos.

### **6.1.3 En relación con la aceleración**

Al preguntárseles a los estudiantes, en el diagnóstico inicial, sobre el concepto de aceleración se encontró que cerca del 65% lo entendieron como cambio en la velocidad, un estudiante refiere que es *“pasar de una velocidad baja a una velocidad alta”*, lo cual es científicamente aceptable. Se resalta que el 26% de los estudiantes relacionaron la aceleración con la Gravedad y la caída de los cuerpos.



Además de la pregunta por la comprensión previa del concepto de aceleración, la obtención de concepciones previas alrededor de este concepto se obtuvo implícitamente durante el trabajo en equipos desarrollado en el instrumento diagnóstico inicial, en total 15 equipos. El trabajo consistió en el desarrollo de una práctica experimental sobre la caída de objetos, en donde los estudiantes tenían a su disposición diversos materiales de diferente masa (algunos de diferente masa, pero mismo material). El objetivo de la actividad fue interactuar con los materiales siguiendo una ficha de trabajo y en la que establecían hipótesis o conclusiones acerca de la caída de los cuerpos. En la *Tabla 9* se pueden apreciar algunas de las afirmaciones a las que llegaron los equipos.

### **Tabla 9**

*Principales conclusiones de actividad experimental diagnóstica sobre caída libre*

<b>Afirmaciones / conclusiones</b>	<b>Número de Equipos</b>
Cuando se compara la caída libre de dos objetos de diferente forma y material, cae primero el de mayor masa	15
Objetos del mismo material y forma, cae primero el de mayor masa	14
Cuando los objetos caen, los de mayor masa caen primero porque <i>aumentan más su velocidad</i>	13
Cuando los objetos caen, la Gravedad hace que <i>aumenten su velocidad</i>	7
El aire opone menor resistencia a los objetos de mayor masa	8

A partir de estas afirmaciones se encontró que el 93% de los estudiantes consideran que los objetos de mayor masa caen primero que los objetos de menor masa, y dado que manifiestan entender la aceleración como aumento de velocidad, se puede inferir que para ellos los objetos con mayor masa sufren una mayor aceleración que los de menor masa, lo cual es una concepción errónea. Esta idea de que los estudiantes entiendan que en la caída de los cuerpos siempre ocurre que cae primero quien tenga mayor masa, es confirmado por la investigación de Bar et al. (2016), para quienes esta concepción a lo largo de la formación escolar conserva un paralelismo con la misma historia de la ciencia, cuando en la antigüedad se pensaba lo mismo.

En esta misma línea, Dessty et al (2021), refieren que en la escuela es común que los estudiantes establezcan que los objetos más pesados caigan más rápido, postura coherente con los planteamientos de Syuhendri (2018) quien considera que este es uno de los conceptos erróneos más comunes en el aprendizaje de las ciencias, aludiendo a que el sentido común de los estudiantes los lleva a pensar y asumir que la velocidad de caída de los cuerpos es directamente proporcional a su masa.

Ya en el desarrollo del proyecto, al llevar a cabo la actividad experimental de caída libre, se presentaron conclusiones divididas acerca de quien cae primero cuando se comparan dos objetos de diferente masa pero de igual forma y material. La mayoría de los estudiantes afirmaban que siempre caía primero el de mayor masa argumentando a partir de la resistencia del aire, en sus palabras afirmaban que: *“los objetos grandes cortan más fácil el aire, por lo que parece que los objetos grandes caen primero con una diferencia mínima a objetos pequeños”, “el objeto grande puede vencer más fácilmente el aire, por eso cae primero”, “caen primero los de mayor masa pero los objetos caen con la misma aceleración, pero diferente fricción por el tamaño”, “caen los de mayor masa porque el aire los frena menos, osea que el aire opone menor resistencia”*

Otro significativo número de estudiantes afirmaban que caía primero el objeto de mayor masa, debido a que no se lograba apreciar bien cuál de los dos tocaba primero el suelo, por lo que justificaban su postura relacionando lo aprendido en la conceptualización de la fuerza gravitacional: *“mayor masa, mayor peso, osea mayor fuerza de atracción, y si hay mayor fuerza va a caer más rápido”, “el de mayor masa es más pesado por lo que cae primero porque se ejerce mayor fuerza sobre él”, “cae primero el más grande, ya que tiene mayor peso, es decir que tendría más atracción hacia el suelo y por tanto cae más rápido”*.

Otro número que representaba aproximadamente el 42% de los estudiantes, reflexionaron relacionando posturas científicas anteriormente socializadas. Ante la caída de los cuerpos pusieron por escrito que: *“aunque tengamos dos objetos que tengan diferente masa y del mismo material y forma parecen que caen al mismo tiempo pero en verdad hay una leve diferencia de tiempo, como decía Galileo, porque mientras haya aire en la Tierra no es posible que caigan al tiempo, esto pasa es en la luna”; “el ojo humano ve que caen al mismo tiempo, pero no podrían hacerlo porque en la Tierra hay aire”; “todas las cosas en la Tierra caen con la misma aceleración que es 9,8, pero no caen al tiempo con la misma velocidad porque hay unos muy livianos y el aire los frena”, “como decía Galileo, los objetos caen con una leve diferencia”*.

Las consideraciones de los estudiantes alrededor de la experimentación sobre la caída de los cuerpos y su relación con la Gravedad, evidencia que fue un espacio en donde se pudo cuestionar, reflexionar y generar sus propias hipótesis (Ferreirós y Ordoñez, 2002; García y Estany, 2010; Romero y Aguilar, 2013). Aunque algunas de sus respuestas no estuvieron en línea con lo aceptado científicamente, su manera de conectar la problematización con los saberes previos da muestra de que el espacio favoreció una actividad experimental cualitativa exploratoria, que tal

como lo exponen López y Tamayo (2012) y Acosta et al. (2021), este tipo de experimentación propicia las condiciones para la creación de conocimiento, generando espacios para la reflexión, exploración y argumentación.

#### 6.1.4 Concepciones sobre la Gravedad

Sobre las concepciones alrededor de la Gravedad se encontró, en el diagnóstico inicial, que los estudiantes presentan comprensiones científicamente aceptables. Cerca del 65% de los estudiantes identificaron la Gravedad como una fuerza, de los cuales 44% la consideraron fuerza de atracción, y el 21% como fuerza que empuja hacia abajo; otro gran número de estudiantes acompañaron su definición con características sustanciales de este fenómeno como la causa de la no flotación, razón de la caída de los cuerpos: “*todo lo que sube tiene que bajar*”, causa de detención de los objetos lanzados hacia arriba, y establecieron diferencias entre la Gravedad de diferentes cuerpos celestes (figura 23).

#### Figura 23

*Representación gráfica de las concepciones previas sobre la Gravedad de algunos estudiantes*



Desde la perspectiva de Palmer (2001), una comprensión de la Gravedad como la fuerza que hace que las cosas caigan hacia el centro de la Tierra puede esperarse razonablemente de los estudiantes en los niveles de educación primaria y secundaria entre los 9 y los 13 años, y en muchos casos, los estudiantes invocan la idea de la Gravedad para explicar el fenómeno de la caída. Para Bar et al. (2016), para este rango de edad, los niños ya empiezan a comprender que los cuerpos caen porque son atraídos por la fuerza de atracción de la Tierra (o la Gravedad).

Al finalizar el proyecto, en el diagnóstico final, todos los participantes definieron la Gravedad sin cometer errores científicos, algunos la concibieron como fuerza de atracción que

ejerce la Tierra, otros ampliaron su concepto a la gravitación universal y añadiendo como consecuencia de esta la caída de los cuerpos. Algunas de sus respuestas se concentraron en: *“fuerza de atracción que hace que caigan las cosas”*, *“fuerza que ejerce un objeto sobre otro para atraerlo”*, *“es una fuerza invisible que atrae un objeto a un centro gravitacional”*, *“una fuerza que es una especie de imán que hace que todos los objetos caigan al suelo”*; *“fuerza con la que se atraen las cosas dependiendo su masa y su distancia”*.

Ahora, regresando al diagnóstico inicial, cuando se les preguntó a los estudiantes sobre la causa de flotación de los astronautas en el espacio, el 71% de ellos respondió que se debía a que en el espacio no había Gravedad, un 10% sostenían que flotaban porque allí no había aire, los demás afirmaban la existencia de la Gravedad en todo lugar con consideraciones como mayor o menor magnitud que en la Tierra o porque en el espacio las cosas tienen un peso mínimo; solamente un estudiante afirmó que la Gravedad en el espacio es casi nula. De esta manera, para la gran mayoría de los estudiantes se conservaba la concepción alternativa de que en el espacio no había Gravedad, aunque si tenían claro (el 60%) de que en otros planetas sí existía la Gravedad en mayor o menor medida que en la Tierra.

Esta concepción alternativa sobre la ausencia de Gravedad en el espacio, desde la perspectiva de Lelliott (2014), se debe a que los estudiantes relacionan el espacio con la ausencia de cuerpos que se puedan atraer, de manera que si no hay masas no hay Gravedad. Esta afirmación se corresponde con un diálogo que se tuvo en la semana 9 con un grupo de estudiantes mientras se socializaba alrededor de la Gravedad en los planetas:

*Profesor: Levanten la mano quienes creen que en el espacio no hay Gravedad. (levantaron la mano casi todos los estudiantes)*

*Profesor: ¿Cuál creen que es la razón?*

*Estudiante 1: en el espacio no hay nada, las cosas que van allá flotan y entonces no hay Gravedad. Si hubiera, las cosas no flotarían.*

*Estudiante 2: en el espacio no hay planetas, en ellos si hay Gravedad, pero como no hay planetas en el espacio, entonces no hay Gravedad.*

*Profesor: los astronautas también parecen flotar en la luna, entonces ¿en la luna no hay Gravedad?*

*Estudiante 3: sí hay gravedad, pero no tanta como acá [se refiere a la Tierra]*

*Profesor: ¿Qué entienden por espacio?*

*Estudiante 1: es el vacío*

*Estudiante 4: algo que no está ocupado, que no hay cosas en él.*

*Estudiante 5: la Gravedad está en todas partes, yo creo que también en el espacio, pero muy poquita.*

*Profesor: ¿Por qué dices que muy poquita?*

*Estudiante 5: dijimos que entre más grande sean las cosas más Gravedad tienen, en el espacio no hay nada entonces debe ser muy poquita o nada.*

Al continuar la reflexión sobre la Gravedad en el espacio, gran parte de los estudiantes pudieron reconsiderar sus posturas al relacionar esta pregunta con lo reflexionado alrededor de la fuerza gravitacional. La organización de una representación del sistema solar y las preguntas sobre la atracción entre los astros fueron consolidando respuestas más afines con la postura de la ciencia (figura 24). Se resalta la reflexión de un estudiante, que mediante una analogía se acercó al concepto de campo gravitatorio: “*el espacio es como una telaraña y todo está conectado, en todas partes hay gravedad, cerca de los planetas hay mucha, pero en el espacio hay poquita porque los planetas siempre se van a atraer y entre más distancia menor fuerza*”.

### Figura 24

*Respuesta de los estudiantes sobre la Gravedad en el espacio después de participar de la actividad con la representación del sistema solar*



- *No hay casi Gravedad, es casi nula.*
- *Hay menos Gravedad, por tanto no hay tanta atracción.*
- *Hay poca porque la distancia entre las masas es mucha.*
- *En el espacio si hay Gravedad pero muy poca, porque al estar tan alejado de un cuerpo la Gravedad es casi nula, pero nunca cero.*
- *Hay muy poca fuerza de Gravedad, y como es tan poquita los astronautas pueden flotar ya que nada los atrae.*
- *En el espacio no hay casi Gravedad, es decir no hay un cuerpo que haga fuerza de atracción cerca de él.*
- *Por ejemplo, entre el sol y el mercurio hay un espacio. Siempre debe haber Gravedad ahí porque siempre va a existir la atracción entre ellos dos*

## 6.2 La Autorregulación

En esta sección se analiza la segunda categoría (ver tabla 10), correspondiente a la autorregulación, a partir de las subcategorías, que desde la perspectiva de Zimmerman (2005) configuran las fases de la autorregulación, y que se corresponde con el tercer objetivo específico de esta investigación que buscaba identificar los procesos de autorregulación de los estudiantes al participar de un proyecto con enfoque STEAM. En primer lugar se analiza el panorama general de los procesos autorregulatorios que se favorecieron en todos los participantes del Proyecto; y

posteriormente se hará un análisis particular del proceso vivido por uno de los estudiantes, y que corresponde al minicaso dentro del análisis del Proyecto.

**Tabla 10**

*Categoría autorregulación y sus respectivas subcategorías*

<b>Categoría</b>	<b>Subcategoría</b>	<b>Descripción</b>
<b>Autorregulación</b>	Planificación	Identificación de los procesos de autorregulación del aprendizaje en los estudiantes al participar del proyecto con enfoque STEAM
	Ejecución	
	Autorreflexión	

### **6.2.1 Generalidades del proceso de autorregulación del aprendizaje en estudiantes participantes**

La planeación del Proyecto con enfoque STEAM *¿por qué caen las cosas?*, contempló desde el inicio hasta el cierre actividades adaptadas e intencionadas para la promoción de procesos autorregulatorios, con preguntas y orientaciones que permitían evidenciar progresos en el ejercicio de planificación, ejecución y autorreflexión.

#### **6.2.1.1 Planificación**

En la actividad de diagnóstico inicial se pudo evidenciar que a la mayoría de los estudiantes les costó definir el objetivo de la actividad, como también describir una estrategia para el logro del mismo y dar razón de sus creencias automotivadoras. Entre sus respuestas más comunes sobre el objetivo de la actividad experimental inicial estaban: *“aprender sobre Gravedad”*, *“seguir las instrucciones de la hoja”*, *“mirar que objeto cae primero”*, *“responder las preguntas”*, *“realizar correctamente el experimento”*; objetivos poco conectados con los criterios de evaluación que se les presentaba para el desarrollo de la actividad.

En cuanto a la motivación, que permitió describir el nivel de perfección que querían alcanzar los estudiantes, en la mayoría de ellos estaba en la curiosidad y la novedad de la actividad: *“quiero saber cómo funciona eso de la Gravedad”*, *“salir del salón y hacer algo que nunca hemos hecho”*, *“aprender más sobre la Gravedad”*, *“quiero saber que objetos caen primero”*. De la misma manera, las expectativas de autoeficacia y de resultado estaban en que *“se puede lograr porque es en equipo”*, *“me interesa el tema”*, *“porque es algo fácil”*.

Describir la estrategia para lograr el objetivo fue un segundo punto débil en esta actividad, los estudiantes no lograron definir un plan de trabajo preciso, y la descripción estratégica se convirtió en meros objetivos: *“diseñar un plan”*, *“trabajar en equipo”*, *“observar que pasa con los materiales que nos dieron”*, *“aprender sobre Gravedad”*. Lo encontrado conecta con los

planteamientos de Vélez et al. (2022), quien expresa que en la fase de planificación es común encontrar niveles bajos porque los estudiantes les cuestan fijarse metas y expectativas de logro al iniciar una tarea, afirmación que enlaza con lo referido por Semana y Santos (2018), quienes indican que es común encontrar en los educandos dificultades para establecer objetivos, hacer seguimiento y monitoreo o redefinirlos en caso necesario.

En cuanto al desarrollo del proyecto, todas las actividades estuvieron precedidas de preguntas por el objetivo de la actividad, las creencias automotivadoras de los estudiantes y la estrategia que pensaban utilizar para lograr con éxito el objetivo. Se evidenció un progreso en la identificación de los objetivos de las actividades que fueron vinculando poco a poco con los criterios de evaluación de las mismas. A continuación, se presenta una tabla (Tabla 11) en donde se exponen las respuestas literales de cuatro estudiantes seleccionados (E1, E2, E3, E4) ante preguntas alrededor de la planificación en tres actividades del proyecto: una en la semana 2, otra en la semana 5 y una en la semana 9, con la finalidad de observar progresos en esta fase.

**Tabla 11**

*Respuestas de algunos estudiantes ante el proceso de planificación*

Actividad	Elemento de la fase de planificación	Respuestas
<b>Semana 2: Paralelo sobre historia de la Gravedad</b>	Objetivo de la actividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ E1: “Mejorar nuestros conocimientos sobre la Gravedad”</li> <li>▪ E2: “Realizar un cuadro paralelo sobre Aristóteles, Galileo y Newton”</li> <li>▪ E3: “Aprender sobre la historia de la Gravedad y las teorías de cada científico”</li> <li>▪ E4: “Realizar un cuadro paralelo entre las posturas de Aristóteles, Galileo y Newton sobre la Gravedad”</li> </ul>
	Descripción de la estrategia	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ E1: “Voy a recordar lo estudiado en la clase y lo que consulté”</li> <li>▪ E2: “Disponer mi mente, recordar lo que me explicaron y completar con lo que consulté, y hacer el cuadro en el tiempo que nos dieron”</li> <li>▪ E3: “Leer bien la rúbrica, revisar lo que escribimos sobre la historia de la Gravedad, organizar el tiempo, pensar las respuestas y escribir”</li> <li>▪ E4: “primero concentrarme para leer las preguntas y pensar las respuestas adecuadas, escribirlas en la hoja y revisar que si tengan coherencia con lo que explicaron”</li> </ul>

	<p>Creencias automotivadoras (autoeficacia, expectativas de resultado, valor de la tarea, interés, orientación a metas)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ E1: “el tema es interesante”</li> <li>▪ E2: “saber más de la historia de estos tres físicos”</li> <li>▪ E3: “aprender sobre la Gravedad”</li> <li>▪ E4: “aparte de aprender quiero tener buena nota en el proyecto STEAM”</li> </ul>
	<p>Objetivo de la actividad</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ E1: “construir nuestro carro de Gravedad siguiendo las instrucciones para su base, la altura y otras partes”</li> <li>▪ E2: “Hacer el carro de Gravedad haciendo primero el boceto, escribiendo materiales, respondiendo las preguntas y que sea muy creativo”</li> <li>▪ E3: “Diseñar el carro de Gravedad siguiendo los pasos para construirlo, las medidas, y en equipo”</li> <li>▪ E4: “Vamos a diseñar el carro en equipo, escribir los materiales que usaremos, hacer el boceto con los tips que hay en la hoja y pintarlo a nuestro gusto”</li> </ul>
<p><b>Semana 5: Planificación y diseño del carro de Gravedad (Tercera fase del diseño ingenieril)</b></p>	<p>Descripción de la estrategia</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ E1: “En equipo vamos a crearlo, Samuel va a dibujarlo porque es bueno dibujando, vamos a escribir los materiales y nos los vamos a repartir”.</li> <li>▪ E2: “Todo lo haremos en equipo, dibujaremos el boceto, escribiremos los materiales que queremos usar, respondemos las preguntas y lo construimos entre todos”</li> <li>▪ E3: “En equipo analizamos lo que queremos, y después de leer las características que debe tener empezamos a dibujarlo y a mirar la manera más fácil de hacerlo”.</li> <li>▪ E4: “como ya tenemos una idea de cómo hacerlo solamente vamos a tener en cuenta los tips y le haremos modificaciones. Va a tener más peso para que ande más rápido y las ruedas van a tener muy buena fuerza para que el carro se desplace rápido”.</li> </ul>
	<p>Creencias automotivadoras (autoeficacia, expectativas de resultado, valor de la tarea, interés, orientación a metas)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ E1: “ganar la carrera [...] somos capaces de lograrlo porque somos un buen equipo”</li> <li>▪ E2: “aprender sobre cómo funciona el carro [...] lo vamos a lograr (el objetivo) porque somos responsables”</li> <li>▪ E3: “nos gusta crear cosas y ganar la carrera [...] somos capaces porque nos reunimos y todos hacemos lo que nos toca”.</li> <li>▪ E4: “aprender más sobre el carro de Gravedad, queremos saber por qué funciona [...] ya lo hicimos y fuimos capaces porque nos organizamos bien”.</li> </ul>



**Semana 9:  
Actividad  
experimental  
de caída libre**

Objetivo de la actividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ E1: “Experimentar sobre caída libre y teniendo en cuenta los conocimientos previos, siguiendo los pasos y los roles y organizando la información”</li> <li>▪ E2: “con los materiales experimentar y que haya coherencia, trabajo colaborativo y organizar los resultados”</li> <li>▪ E3: “Experimentar con los materiales entregados, observando lo que pasa, anotando las respuestas y que cada uno tenga una función”</li> <li>▪ E4: “Experimentar siguiendo la tabla de rúbrica de evaluación”</li> </ul>
Descripción de la estrategia	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ E1: “Entre todos leemos la hoja, luego vamos respondiendo pregunta por pregunta. Como es parecido a lo que hicimos al inicio (se refieren al inicio del Proyecto) entonces uno experimenta y los otros observamos”</li> <li>▪ E2: “utilizaremos el celular para grabar en cámara lenta y poder observar más fácil. Después de leer la guía, uno que tire los objetos, todos observamos y la secretaria escribe”</li> <li>▪ E3: “Todos vamos a observar lo que pasa, y escribimos lo que vimos respondiendo las preguntas y cuidando los objetos”</li> <li>▪ E4: “leemos la rúbrica, luego uno tira los objetos y entre todos analizamos que pasa, y respondemos las preguntas”</li> </ul>
Creencias automotivadoras (autoeficacia, expectativas de resultado, valor de la tarea, interés, orientación a metas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ E1: “aprender más sobre la Gravedad” [...] somos capaces de hacerlo porque tenemos claro lo que hay que hacer”.</li> <li>▪ E2: “en parte aprender y en parte sacar una buena nota en ciencias [...] lograremos el objetivo porque nos gusta esta actividad porque es diferente y salimos del salón”</li> <li>▪ E3: “aprender sobre la caída de los cuerpos y mirar quien cae primero [...] somos capaces de lograr el objetivo porque haremos el experimento de manera responsable”.</li> <li>▪ E4: “queremos sacarnos 4 (excelente según la rúbrica) en todo y aprender sobre la Gravedad [...] somos capaces porque nos organizamos bien y somos curiosos.</li> </ul>

La anterior tabla evidencia mejoras en los estudiantes para identificar objetivos de las actividades y vincular una estrategia a partir de los criterios de valoración definidos. Al inicio del proyecto los objetivos y las estrategias no eran muy claras, pero estos se fueron mejorando progresivamente. Al finalizar el proyecto, cuando se les preguntó sobre qué tan importante consideraron planear y pensar en una estrategia para las actividades, algunas de sus apreciaciones fueron: “ayudó a que las actividades tuvieran forma”, “nos hacía pensar en estrategia para ganar”, “esas preguntas eran muy repetitivas en todo el proyecto, al principio aburrían”, “sin pensar en estrategias hubiéramos hecho cualquier cosa”. Frente a estas respuestas y las de la *Tabla 11* se puede establecer una concordancia con las características de progresos en el aprendizaje autorregulado que presenta Zimmerman (2005), que entre otras son planificar acciones, elegir estrategias apropiadas, ser diligentes y capaces de evaluar sus actividades.

#### **6.2.1.2 Ejecución**

Para la fase de ejecución, en el diagnóstico inicial se pudieron identificar dificultades para llevar a cabo el objetivo de la actividad que se analizó, que fue la práctica experimental. Al no tener objetivos y estrategias claras a la luz de la rúbrica de evaluación, el producto entregado evidencia que no hubo estrategia de trabajo grupal, las entregas incompletas evidenciaron mala gestión del tiempo, y el poco rigor en el análisis de las preguntas mostraron deficiencias en la gestión de ayudas. Esto se corresponde con el cuestionario con escala de frecuencia en donde se evaluaba aspectos de la ejecución en el ejercicio experimental y que daba cuenta que la mayoría de los estudiantes respondieron que a menudo se distraían del desarrollo de la actividad, a menudo les tocó ajustar o modificar la estrategia que habían pensado al inicio, y raramente tenían en cuenta el tiempo estimado. Las anteriores consideraciones no conectan con las características de los aprendices autorregulados que exponen Bell y Pape (2014), que entre otras es analizar la tarea para determinar los pasos que necesitan para realizarla, establecer metas u objetivos y gestionar estrategias o habilidades que ayuden a lograr con éxito la tarea.

A partir de las primeras actividades del proyecto, cuando los objetivos y las estrategias para lograrlas iban tomando más forma, se fueron acercando a lo que pedían las rúbricas de evaluación. En *tabla 12*, algunas consideraciones sobre los elementos de la fase de ejecución analizados en las entregas de los productos a lo largo del proyecto.

**Tabla 12**

*Apreciaciones sobre el avance de los estudiantes en la fase de ejecución en el desarrollo de actividades del proyecto*

<b>Semanas</b>	<b>Elementos de la fase de Ejecución</b>	<b>Apreciaciones</b>	
<b>1-3</b>	Auto-observación	Auto-monitorización	Las comparaciones entre los productos entregados y las rúbricas de evaluación de los mismos, conservaban diferencias significativas.
		Auto-registro	A los estudiantes les costó escribir en detalle las estrategias a utilizar para el logro de objetivos
	Autocontrol	Auto instrucción	Algunos estudiantes eran capaces de describir en sus palabras el paso a paso de lo que tenían que hacer
		Control del entorno de trabajo	Los estudiantes identificaban en aspectos por mejorar la distracción y disposición para el desarrollo de las tareas
		Gestión del tiempo y de ayudas	Trabajos incompletos o fuera del contexto de la tarea
		Incentivar el interés	Actitudes de fracaso e incapacidad para asumir tareas
		Auto-consecuencias	Sentimientos de incapacidad debido a la indisposición
<b>4-10</b>	Auto-observación	Auto-monitorización	Los trabajos entregados progresivamente cumplían con los criterios dados. Se apreciaba paulatinamente similitud entre los productos, las instrucciones dadas y los criterios de evaluación establecidos
		Auto-registro	Los estudiantes describían por escrito con más naturalidad la estrategia para lograr el objetivo de la tarea
	Autocontrol	Auto instrucción	En los objetivos se distinguía una descripción de lo que tenían que hacer en conexión con los criterios de valoración
		Control de entorno de trabajo	Mejoras en la disposición de los estudiantes
		Gestión del tiempo y de ayudas	Entrega de trabajos completos o acuerdos en tiempos de entrega, y bajo los requerimientos establecidos.

Incentivar el interés	Mayor compromiso con los productos del Proyecto
Auto-consecuencias	Mejoras en autoelogios

Los avances dan muestra de que hubo progresos en la autorregulación de su aprendizaje, en consonancia con los planteamientos de Kayan et al. (2015), quienes consideran autorregulados a estudiantes en la medida que conocen y usan deliberadamente variedad de estrategias de aprendizaje.

### 6.2.1.3 Autorreflexión

En la fase de autorreflexión donde el estudiante atribuye una valoración a su trabajo y explica las razones que lo llevaron a dar término a la tarea de manera exitosa o no (Henao et al, 2020), los participantes, al principio del proyecto les costó evaluar conscientemente y dar razón de sus logros o desaciertos. Durante el desarrollo del Proyecto, se pudo identificar avances en las descripciones reflexivas que los estudiantes hacían del logro o fracaso en la consecución de los objetivos, además de identificar aspectos por mejorar después de la experiencia con una tarea. En la *tabla 13* se presentan algunas de las respuestas de los estudiantes participantes cuando valoraban el logro del objetivo de actividades entre la semana 1 y la 3, y entre la semana 4 a la 10.

**Tabla 13**

*Respuestas de estudiantes participantes ante preguntas para la autorreflexión*

Semanas	Elementos autorreflexión		Respuestas
1-3	Auto juicio	Autoevaluación y atribuciones causales	“Logramos el objetivo y no hubo errores” “aprendimos cosas nuevas” “Lo logramos” “hubo errores” “Logramos el objetivo perfectamente” “Nadie es perfecto, tuvimos errores” “lo logramos por la disciplina” “Lo logramos ya que trabajamos en equipo” “Sí” “Si, me concentré”
	Auto-reacción	Autosatisfacción, inferencias adaptativas y defensivas	“Me gustaron los experimentos. No hay nada por mejorar” “Me gustó el trabajo en grupo” “No me gustó la metodología” “Me gustó por la variedad que tuvo” “Algo distinto a la clase de siempre”

	Auto juicio	Autoevaluación y atribuciones causales	<p>“Logré el objetivo porque me concentré y seguí las instrucciones y la rúbrica”</p> <p>“Lo logré a medias porque al no realizar la consulta no tuve ayuda para realizar la actividad”</p> <p>“Lo logré porque me animé a hacerlo”</p> <p>“No lo logré porque no estuve atenta a la explicación y no realicé la consulta”</p> <p>“Logré el objetivo porque pude aprender sobre fuerza gravitacional de una manera divertida”</p> <p>“No del todo porque algunas cosas no las entendí y entonces la actividad me pareció complicada”</p>
4-10	Auto-reacción	Autosatisfacción, inferencias adaptativas y defensivas	<p>“Debo mejorar la atención”</p> <p>“Para otra ocasión, debo tener más actitud y disposición en la clase”</p> <p>“Debo mejorar el argumento en mis respuestas”</p> <p>“Me falta mucha capacidad para redactar bien y no dar tantas vueltas”</p> <p>“Estoy seguro de que hice todo bien y me voy a tener buen puntaje”</p> <p>“Para una ocasión debo preguntar cuando no entienda para evitar cometer errores”</p> <p>“Me siento satisfecho, me aprendí la formulita que nos enseñó el profe: mayor masa, mayor fuerza; mayor distancia, menor fuerza”</p>

Las apreciaciones de los estudiantes evidencian mejoras en su capacidad de reflexionar sobre el logro o fracaso en sus objetivos académicos establecidos, así como medianamente dar razón del éxito o fracaso para mejorar actuaciones posteriores. Esto es justificable a partir de los planteamientos de Panadero y Alonso-Tapias (2014), quienes refieren que los estudiantes se acercan a la autorreflexión cuando empiezan a justificar las causas de su éxito o fracaso y, dependiendo de su estilo atribucional, experimenta emociones positivas o negativas que pueden influir en su motivación y en su capacidad de autorregulación en el futuro.

Ante respuestas como: *“Estoy seguro de que hice todo bien y me voy a tener buen puntaje”* *“lo logré a medias porque al no realizar la consulta no tuve ayuda para realizar la actividad”*, los avances en el ejercicio de autorreflexión también se pueden apreciar debido a que los estudiantes podrían hacer autoevaluación de su proceso antes de que el orientador diera la retroalimentación a

sus productos, debido a que al establecerse criterios claros de valoración, ellos pueden reflexionar sobre sus aciertos y desaciertos (Panadero y Alonso-Tapia, 2014).


### 6.2.2 Proceso de autorregulación del aprendizaje en un estudiante participante: un minicaso

Paralelamente al estudio sobre la Gravedad con la totalidad de estudiantes participantes, en donde se pretendió promover el aprendizaje autorregulado, se hizo un pequeño análisis en el cual se revisó los procesos de autorregulación de un estudiante al participar del Proyecto, quien por consideraciones de un profesional externo al centro de práctica presentaba dificultades a nivel cognitivo y conductual.

El Departamento de Desarrollo Humano de la Institución lleva con el estudiante una estrategia considerada casa-colegio, en la que diariamente entregan al estudiante una formato con tres objetivos que debe cumplir en cada clase de la jornada, y los cuales debe verificar, valorar y firmar cada maestro en cada hora de clase. El estudiante debe llevar esto a sus padres para que lo revisen y lo firmen, y entregarlo debidamente firmado al siguiente día hábil en el colegio. Atendiendo a esta estrategia, se adaptó un formato parecido con objetivos propios para el desarrollo de actividades en el marco del Proyecto STEAM (figura 25).

#### Figura 25




*Adaptación del formato de la estrategia casa-colegio con objetivos para el desarrollo de actividades del Proyecto STEAM*



Orden Religioso de los Escolapios Pías - Escolapios Nazaret  
**COLEGIO CALASANZ MEDELLÍN**  
"Educación en Piedad y Letras"

**Seguimiento Proyecto STEAM sobre la Gravedad**

Día: \_\_\_\_\_

Actividades	Calificación	Firma del Docente
Atiende las instrucciones de la actividad y permanece en esta durante el desarrollo del Proyecto STEAM		
Permite el trabajo en equipo y aporta en la construcción colectiva de los productos del Proyecto STEAM		
Permanece en el lugar que le corresponde durante el desarrollo de las actividades del Proyecto STEAM		

Firma Familia: \_\_\_\_\_

### 6.2.2.1 Planificación

El desarrollo del instrumento diagnóstico mostró que evidentemente el estudiante presentaba dificultades para autorregular sus procesos de aprendizaje, debido a que desde la fase de planificación no logró fijar un objetivo concreto ni establecer un plan estratégico para el logro del mismo; y aunque la temática de la Gravedad cautivó su atención y conectó con sus aprendizajes previos sobre este tema, no le fue claro identificar y marcar una ruta a seguir luego de conocer la actividad a realizar y sus respectivos criterios de valoración (Tabla 14). Estas consideraciones coinciden con Zambrano et al. (2018), quienes refieren que en la fase de planificación es común encontrar deficiencias porque los estudiantes generalmente no ven las tareas como objetivos o metas ni se trazan expectativas para tener éxito en ellas.

En este sentido, al observarse principalmente el comportamiento del estudiante en el desarrollo de la actividad grupal, estas primeras apreciaciones alrededor de su falta de autorregulación se corresponden con lo plantado por Vélez et al. (2022), quienes explican que el aprendizaje autorregulado considera a los estudiantes como gestores de la metacognición, motivación y comportamiento frente a su rendimiento académico, porque tienen en cuenta las actividades, además, planifican, controlan y regulan su aprendizaje desarrollando una conciencia sobre sus logros y la gestión del entorno físico y social.

**Tabla 14**

*Elementos de la autorregulación del aprendizaje del estudiante seleccionado en el desarrollo del instrumento diagnóstico: planificación*

PLANIFICACIÓN		
<b>Definición de objetivo</b>	<b>Planeación estratégica</b>	<b>Creencias automotivadoras: expectativa de autoeficacia</b>
¿Cuál es el objetivo de la actividad? <i>“Responder las preguntas”</i>	¿Cuál es el plan para lograr el objetivo? <i>“Concentrarnos y prestar atención”</i>	¿Te sientes capaz de lograr el objetivo? <i>“Sí, ya que sé del tema”</i>
<b>Creencias automotivadoras: expectativa de resultado</b>	<b>Motivación, valor de la tarea, interés</b>	
¿Es posible alcanzar el objetivo? <i>“Si, el aprendizaje de la Gravedad”</i>	¿Qué te motiva a realizar la actividad? <i>“Para adquirir conocimientos. Me interesa saber sobre la Gravedad”</i>	

Durante el desarrollo del Proyecto se prestó especial acompañamiento a este estudiante, y constantemente se establecían diálogos espontáneos con él para tratar de entender sus actitudes y

comportamientos frente al desarrollo de las actividades. En la semana 3, cuando se iba a empezar a construir la historieta de manera personal, se tuvo un diálogo con el estudiante inmediatamente después de dar las instrucciones de la actividad a realizar (figura 26).

### Figura 26

*Apartado de una entrevista al estudiante en el marco de la planificación de una actividad al iniciar el Proyecto*

O: orientador del Proyecto  
E: estudiante

O: Cuéntame qué es lo que tienes que hacer  
E: hay que hacer un comic.  
O: pero, ¿qué características debe tener ese comic?  
E: es sobre la Gravedad. Debemos escoger dos personajes, yo voy a escoger a un estudiante calasancio y a Newton.  
O: ¿Cómo piensas hacer eso? ¿Qué estrategia tienes?  
E: primero voy a hacer un borrador.  
O: ¿Recuerdas cuáles son los criterios de evaluación del comic?  
E: Usted nos dijo que debía ser creativo y que nos iba a llevar a la sala de tecnología.  
O: ¿Qué más recuerdas?  
E: No me acuerdo de más.  
O: ¿Qué te motiva a hacer esta actividad?  
E: aprender sobre la Gravedad  
O: ¿Te sientes capaz de realizar esta actividad?  
E: Sí, pero yo soy muy tosco para el arte. Por eso aquí haré un borrador más o menos.

Se puede apreciar que la descripción del objetivo no estuvo acompañada de los criterios de valoración tenía esta actividad, los cuales parecía no tener claro. Tampoco es evidente que haya una planificación estratégica, por lo tanto si no hay claridad en estas dos acciones fundamentales no es posible que haya un proceso autorregulado (Panadero y Alonso-Tapias, 2014).

En la semana 9, cuando se desarrolló la actividad experimental, se volvió a interpelar al estudiante sobre la planificación de esta actividad (figura 27).

### Figura 27

*Apartado de una entrevista al estudiante en el marco de la planificación de una actividad al finalizar el Proyecto.*

O: orientador del Proyecto  
E: estudiante

O: ¿Cuál es el objetivo de esta actividad?



E: vamos a experimentar sobre la caída de los cuerpos, haciendo trabajo en equipo, observando lo que pasa y respondiendo las preguntas que hay en la hoja.  
 O: ¿Cómo va a lograr el objetivo?  
 E: observando qué pasa cuando caen los objetos que dice ahí, uno lo lanza y los demás observamos, luego respondemos las preguntas.  
 O: ¿Qué te motiva a realizar esta actividad?  
 E: que es algo diferente, en un lugar distinto al salón y es algo que me inquieta saber.  
 O: ¿Te sientes capaz de lograr el objetivo?  
 E: si, porque nuestro grupo ha sido organizado.

Desde la perspectiva de Panadero y Alonso-Tapias (2014), se puede apreciar que el estudiante se pudo acercar de mejor manera a la fase de planificación, ya que según estos autores, en esta fase se permite hacerse una idea inicial de lo que debe hacer y, por otra, analizar el valor que la tarea tiene para sí mismo, análisis que condiciona el grado de motivación y esfuerzo que va a emplear y, por tanto, el grado en que va a prestar mayor o menor atención al proceso de realización.

### 6.2.2.2 Ejecución

Durante la fase de ejecución en el desarrollo de la actividad diagnóstica inicial, al estudiante le costó seguir instrucciones y monitorear su trabajo siguiendo los criterios de evaluación, no toma registros, que funcionan como estrategia de aprendizaje, consideró que seguía procesos de autocontrol, pero en realidad esto no se vio reflejado en su trabajo (Tabla 15).

**Tabla 15**

*Elementos de la autorregulación del aprendizaje del estudiante seleccionado en el desarrollo del instrumento diagnóstico: ejecución*

<b>EJECUCIÓN</b>		
<b>Autoobservación: Auto-monitorización</b>	<b>Autoobservación: auto-registro</b>	<b>Autocontrol: auto instrucción</b>
Seguimiento de instrucciones y criterios "A menudo"	Toma de notas de la tarea, elementos importantes, registro del tiempo, organizadores gráficos "Nunca"	¿A medida que ibas respondiendo las preguntas te preguntabas a ti mismo si lo que realizabas si era correcto? "Siempre"
<b>Autocontrol: creación de imágenes mentales</b>	<b>Autocontrol: gestión del tiempo y de ayudas</b>	
¿Creabas en tu mente formas, ideas, maneras para organizar la información que observabas? "Siempre"	¿Durante la solución a las preguntas, tenías en cuenta el tiempo estimado para desarrollar la actividad, y pedías ayudas al profesor?	

“A veces”

<b>Autocontrol: incentivar el interés</b>	<b>Autocontrol: Auto-consecuencias</b>
¿Mientras realizabas la actividad pensabas en que podías terminarla porque eras juicioso/a, disciplinado/a o eras una persona muy capaz? <i>“raramente”</i>	¿Mientras hacías la actividad pensabas en terminarla rápido para hacer otra tarea? <i>“Siempre”</i>

En la semana 3 mientras realizaba el comic también se tuvo un corto diálogo con el estudiante (figura 28), en el que evidentemente se percibió que no había claridades en las estrategias metacognitivas y motivacionales, mostrando así dificultades para la autorregulación de su aprendizaje, en donde es característico, desde la postura de Fauzi y Widjajanti (2018), que estudiantes autorregulados muestren independencia de aprendizaje, establezcan metas, planifiquen acciones, elijan estrategias apropiadas y se monitoreen a sí mismos.

### Figura 28

*Apartado de una entrevista al estudiante en el marco de la ejecución de una actividad al iniciar el Proyecto*

O: orientador del Proyecto

E: estudiante

O: ¿Qué estrategias estás usando para hacer el comic?

E: ya hice un diálogo.

O: ¿Sabes cuánto tiempo tienes para desarrollar esta tarea?

E: creo que nos dijiste que dos clases.

O: Recuérdame las instrucciones para hacer el comic

E: un diálogo hablando sobre Gravedad y que sea entre Newton y un estudiante.

O: y los criterios con los que se va a evaluar la actividad ¿Cuáles son?

E: solo me acuerdo de que tiene que ser creativo.

Una de las últimas actividades individuales del proyecto fue la interacción con el simulador Geogebra para comprender la fuerza gravitacional. Se dialogó con el estudiante en el momento en que estaba desarrollando la actividad, y logró evidenciarse avances con respecto a los inicios del proyecto (figura 29).

### Figura 29

*Apartado de una entrevista al estudiante en el marco de la ejecución de una actividad al finalizar el Proyecto*

O: orientador del Proyecto

E: estudiante

O: ¿Qué estrategia estás implementando para resolver la actividad?  
 E: primero ingresé al enlace que hay aquí, y empecé a jugar con los planetas y voy respondiendo pregunta a pregunta.  
 O: ¿piensas que esa estrategia es la más adecuada para resolver esta tarea?  
 E: Si, porque ya leí todas las preguntas y en cada una hay que hacer algo diferente, en una es alejarlos y en otra es aumentar su tamaño, entonces es mejor ir paso a paso.  
 O: ¿Cuánto tiempo tienes para esta actividad?  
 E: sólo es esta clase, pero yo creo que me queda faltando un poquito.  
 O: recuérdame qué es lo que yo voy a evaluar de esta actividad  
 E: lo que hay aquí en la rúbrica [el estudiante lee los ítems de la rúbrica]  
 O: ¿y si la tienes en cuenta cuando responde las preguntas?  
 E: sí, porque ahí dice que escribe claramente lo que observas, y eso estoy haciendo.

Se resalta que para esta actividad el estudiante ya interiorizaba de alguna manera la gestión del tiempo que para Panadero y Alonso-Tapias (2014), es una de las estrategias metacognitivas que acompañan el autocontrol en la ejecución de las tareas.

### 6.2.2.3 Autorreflexión

En cuanto a la fase de autorreflexión, en la actividad de diagnóstico inicial, el estudiante consideró que logró el objetivo, pero no justificaba claramente la razón del éxito de este. El estudiante completó la tarea, pero no logró establecer autorreflexiones de su proceso y de cosas por mejorar; a pesar de ello, manifestó satisfacción porque se sintió atrapado por la temática y la actividad que lo ayudaron a aprender algo más (Tabla 16). Esto último es coherente con lo referido por Vélez et al. (2022), quienes plantean que comúnmente los estudiantes no reflexionan sobre el proceso de aprender a aprender, es decir, se limitan a realizar y ejecutar las actividades, sin considerar los propósitos de aprendizaje.

**Tabla 16**

*Elementos de la autorregulación del aprendizaje del estudiante seleccionado en el desarrollo del instrumento diagnóstico: autorreflexión*

AUTORREFLEXIÓN		
Auto juicio: logro del objetivo/atribuciones causales	Auto-reacción: inferencias adaptativas y defensivas	Auto-reacción: Autosatisfacción
¿Qué explicación da el estudiante de su éxito o fracaso frente al objetivo de la tarea? “Si lo logramos”	¿El logro o fracaso en la consecución del del objetivo tuvo lugar por el esfuerzo del estudiante o parte de un autorreconocimiento de inaptitud? “Fuimos inteligentes”	¿Qué fue lo que más te gustó de la actividad? ¿Qué aprendiste? “Una cosa diferente. Aprendí más sobre la Gravedad”

En la semana 4, cuando se entregó el comic diseñado de manera digital para su revisión, se tuvo un corto diálogo con el estudiante sobre las reflexiones que le quedaron después de su realización (figura 30).

### **Figura 30**

*Apartado de una entrevista al estudiante en el marco de la autorreflexión de una actividad al iniciar el Proyecto*

O: orientador del Proyecto  
E: estudiante

O: ¿crees que lograste el objetivo?  
E: sí, porque lo entregué e hice lo que había que hacer.

O: ¿Cuánto crees que se merece tu trabajo? [se le preguntó en tono de nota cuantitativa]  
E: una buena nota porque lo hice, y me quedó bien.

O: ¿Qué fue lo que más de gustó de la actividad?  
E: que fuimos a la sala de tecnología y aprendí a usar un nuevo programa

En la semana 9, después de entregar el breve informe de la práctica experimental se le hizo al estudiantes preguntas sobre la actividad (figura 31).

### **Figura 31**

*Apartado de una entrevista al estudiante en el marco de la autorreflexión de una actividad al finalizar el Proyecto*

O: orientador del Proyecto  
E: estudiante

O: ¿lograste el objetivo?  
E: Sí, logramos responder todo y hacer lo que había en la hoja. Siempre revisábamos el 4 [excelente según la rúbrica] y grabamos y todo para verlo en cámara lenta.

O: ¿Te sientes satisfecho?  
E: sí, porque hicimos todo, nos rindió el tiempo y todos hicimos algo.

O: ¿Qué fue lo que más le gustó de la actividad?  
E: que nos puso a pensar, porque yo decía que caía primero el de mayor masa, y otros que el de menor masa, pero yo me acordaba cuando hablábamos de fuerza.

O: ¿algo que mejorar para una próxima ocasión?  
E: yo siempre debo prestar más atención cuando dan las instrucciones.

O: ¿te gustó el proyecto STEAM?  
E: me gustó porque nos dejaron trabajar en grupos numerosos, algo diferente y un tema novedoso que es la Gravedad, y ese tema me llama la atención.

O: ¿Qué fue lo que más le gustó?  
E: la construcción del carro de Gravedad.

O: ¿Hay algo que haya tenido el Proyecto que te haya ayudado a aprender mejor?

E: casi todo fue diferente, y siempre hubo acompañamiento con eso de las caritas, que usted me lo ponía cada semana [se refiere a la estrategia casa-colegio]
---

Con todo lo anterior se puede evidenciar mejoras en el estudiante para autorregular su aprendizaje, ya que desde la perspectiva de López et al. (2012), es característico de un aprendizaje autorregulado que sea capaz de formularse metas, planificar actividades para su logro, monitorear su desempeño durante la ejecución de tales actividades, evaluarse a sí mismo de manera continua de acuerdo con las metas y criterios fijados y, finalmente, valorar el resultado de su aprendizaje.

En este sentido, al presentar una serie de actividades secuenciadas en el marco de un proyecto, se pudo identificar mejoras en los procesos autorregulatorios no sólo del conjunto de participantes sino también el estudiante en particular, por lo que se puede establecer coherencia con los planteamientos de Cardona y Duarte (2022), quienes afirman que el Aprendizaje Basado en Proyectos contribuye al fortalecimiento de los procesos autónomos, dado que se potencia el papel activo del estudiante en su aprendizaje, se establecen otras dinámicas de participación y se propician espacios para la autorreflexión de los procesos.

De la misma manera, se puede apreciar, en consonancia con Vélez et al. (2022), que esta metodología de enseñanza-aprendizaje (ABPy) convierte a los estudiantes en los protagonistas activos del proceso de enseñanza y aprendizaje; por ende, este tipo de estrategia resulta ser óptima para trabajar el aprendizaje autorregulado, ya que se plantea una problemática real y se busca una solución de manera colaborativa, crítica, analítica y participativa desarrollando la autonomía del educando en su proceso de enseñanza-aprendizaje.

### **6.3 Percepciones**

Finalmente, en esta categoría (ver tabla 17) se presentan las apreciaciones y sentipensares que tuvieron la población de estudiantes participantes, frente al ámbito específico de la Gravedad y en cuanto a la metodología de proyecto con enfoque STEAM. Este análisis se corresponde con el cuarto objetivo específico de esta investigación que alude a la identificación de las percepciones de los estudiantes al participar de un proyecto STEAM para la comprensión del fenómeno gravitacional. La información se obtuvo de los instrumentos diagnósticos y de las reflexiones a lo largo de las actividades del proyecto.

**Tabla 17**

*Categoría sobre percepciones de los estudiantes y sus respectivas subcategorías*

<b>Categoría</b>	<b>Subcategoría</b>	<b>Descripción</b>
<b>Percepciones</b>	Ámbito específico	Sentipensares y percepciones que tienen los estudiantes frente a la temática de la Gravedad y a la metodología de Proyecto con enfoque STEAM
	Proyecto - STEAM	

### 6.3.1 Frente al ámbito específico de la Gravedad

A partir del instrumento diagnóstico final se logró evidenciar avances significativos en las comprensiones sobre la Gravedad y los principales conceptos asociados a su conceptualización. En el mismo, lograron poner lo que ya habían afianzado en las semanas anteriores frente a la Gravedad, masa, peso, y caída de los cuerpos, y que pueden verse condensadas en sus apreciaciones a la pregunta orientadora del Proyecto *¿por qué caen las cosas?* En sus respuestas, la totalidad de los participantes describieron a la Gravedad como causa de la caída de las cosas añadiendo otras consideraciones reflexionadas a lo largo del proyecto (figura 32).

**Figura 32**

*Respuestas de algunos de los estudiantes participantes a la pregunta ¿por qué caen las cosas?*

Figura 32 muestra un collage de respuestas de estudiantes a la pregunta "¿POR QUÉ CAEN LAS COSAS?". En el centro hay una imagen con el título "¿POR QUÉ CAEN LAS COSAS?" que incluye un dibujo de una manzana roja y un pequeño personaje que cae. Alrededor de esta imagen central se encuentran nueve recuadros con respuestas de estudiantes:

- Porque un cuerpo como la Tierra hace atracción hacia otro cuerpo haciendo que caiga hacia su centro
- Porque el núcleo del planeta genera fuerza de atracción hacia los objetos lo que hace que los objetos siempre toquen el suelo
- Porque la gravedad le aplica una fuerza de atracción a las cosas hacia el suelo
- Porque el planeta ejerce mucha fuerza de atracción sobre nosotros y hace que las cosas no floten sino que caigan
- Las cosas caen por la fuerza de atracción que hace que dos cuerpos se atraigan dependiendo de su masa y distancia
- Porque la Tierra aplica una fuerza de atracción a todo lo que la habita y la rodea
- Todo lo que sube baja, por acción de la gravedad. Cuando nosotros tiramos o dejamos caer un objeto, el objeto por la masa de la Tierra lo va a atraer para que caiga
- Por la gravedad que ejerce una fuerza de atracción sobre las cosas y las empuja hacia abajo

De la misma manera, la gran mayoría de los estudiantes destacaron la construcción e interacción con el carro de gravedad como un elemento plus en el proyecto que les permitió fortalecer intereses. En las presentaciones finales de su proceso vivido con las fases del diseño ingenieril en la construcción del carro de Gravedad, resaltaron la pertinencia del mismo y lo

calificaron como una de las principales fuentes de motivación para llevar a cabo el Proyecto (figura 33).

### Figura 33

Algunos pósteres diseñados por los equipos de trabajo sobre el proceso vivido en el desarrollo de las fases del diseño ingenieril



En este sentido, gran parte de los estudiantes calificaron el proceso vivido en torno al carro de Gravedad como un elemento que potenció aprendizajes sobre la Gravedad. Al respecto señalaron los estudiantes en el diagnóstico final: *“el construir el carro de Gravedad hizo que me interesara más, esa fue una de las razones por la que me gustó el proyecto”, “me interesé mucho, siempre hacíamos cosas diferentes pero todas relacionadas con la Gravedad. La que más me gustó fue el carro”; “con el carro de Gravedad pusimos a prueba casi todo lo que aprendíamos sobre la Gravedad”, “yo no entendía lo de que a mayor masa, mayor atracción, pero cuando variábamos las masas colgantes del carro empecé a comprender”, “haciendo el carro pusimos en práctica lo que se nos enseñaba sobre la Gravedad, cambiamos la altura y las masas”.*

En la descripción del funcionamiento del carro de Gravedad se pudieron apreciar síntesis y conexiones con lo reflexionado acerca de la Gravedad, y que evidencia avances en sus comprensiones sobre este fenómeno. A continuación, la descripción literal y detallada de cómo funciona el carro de Gravedad, elaborada por cuatro de los equipos de trabajo:

Equipo 1: *“porque la masa que tiene el carro en la parte superior cae gracias a la Gravedad, y mientras cae arrastra mediante una cuerda las llantas traseras causando el movimiento del carro. Debe tener buena masa para poder que la Tierra la atraiga más, porque a mayor masa mayor es la fuerza”.*

Equipo 2: *"el carro tiene una especie de polea que tiene un objeto que cuelga, y que debido a su masa adquiere un peso que hace que sea atraído hacia el centro de la Tierra, haciendo que el carro avance debido a esta atracción"*

Equipo 3: *"la causa es la Gravedad, ya que la masa suspendida por medio de la polea atada a las llantas hace que la masa caiga por la fuerza de atracción de la Tierra y arrastre las llantas traseras permitiendo que el carro avance"*

Equipo 4: *"el mecanismo conectado a las llantas tiene un objeto en la parte alta del soporte, que cuando cae arrastra las llantas con la fuerza con la que la Tierra lo atrae hacia su centro, y permite el movimiento hasta que el objeto cae por completo"*

En este enfoque disciplinar del Proyecto por propiciar cambios en las concepciones alternativas presentadas por los estudiantes frente al fenómeno gravitacional, se resalta el aporte del ABPy-STEAM para el logro de tal fin, ya que el empleo de esta metodología genera cambios en el proceso de enseñanza-aprendizaje debido a que el diseño de las actividades o los elementos de aprendizaje que se proporcionan en el aula no son mediados únicamente por el docente, sino que se favorecen espacios para que el mismo estudiante se vincule al proceso de investigar, analizar y construir sus propias conclusiones bajo la orientación del docente (Zambrano et al., 2022). En este sentido, esta metodología activa e innovadora fue pertinente al momento de atender las concepciones erróneas de los estudiantes sobre la Gravedad, ya que estas son altamente resistentes al cambio cuando se emplean estrategias de enseñanza-aprendizaje tradicionales (Syuhendri, 2019).

### **6.3.2 Frente al Proyecto con enfoque STEAM**

Al inicio del Proyecto, en el instrumento diagnóstico, se les presentó un cuestionario con escala de frecuencia en el que se condensaban implícitamente los principales elementos constitutivos de la metodología del Aprendizaje Basado en Proyectos: interdisciplinariedad, contexto real, trabajo colaborativo, diversidad espacial, planificación e investigación continua (Tabla 18). Se encontró que en sus respuestas la mayoría de los estudiantes relacionaban avances en su aprendizaje con la integración de estos elementos en las prácticas de aula, lo que se corresponde con la postura de Zambrano et al. (2022), quienes señalan que en muchos espacios educativos falta promover la interdisciplinariedad, el trabajo colaborativo y mejorar el uso de



recursos creativos, que no sólo atraen la atención del estudiante sino que provocan una implicación afectiva de este en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

### Tabla 18

*Respuestas de los estudiantes a cuestionario sobre integración en las prácticas de aula de los elementos constitutivos de la metodología ABPy*

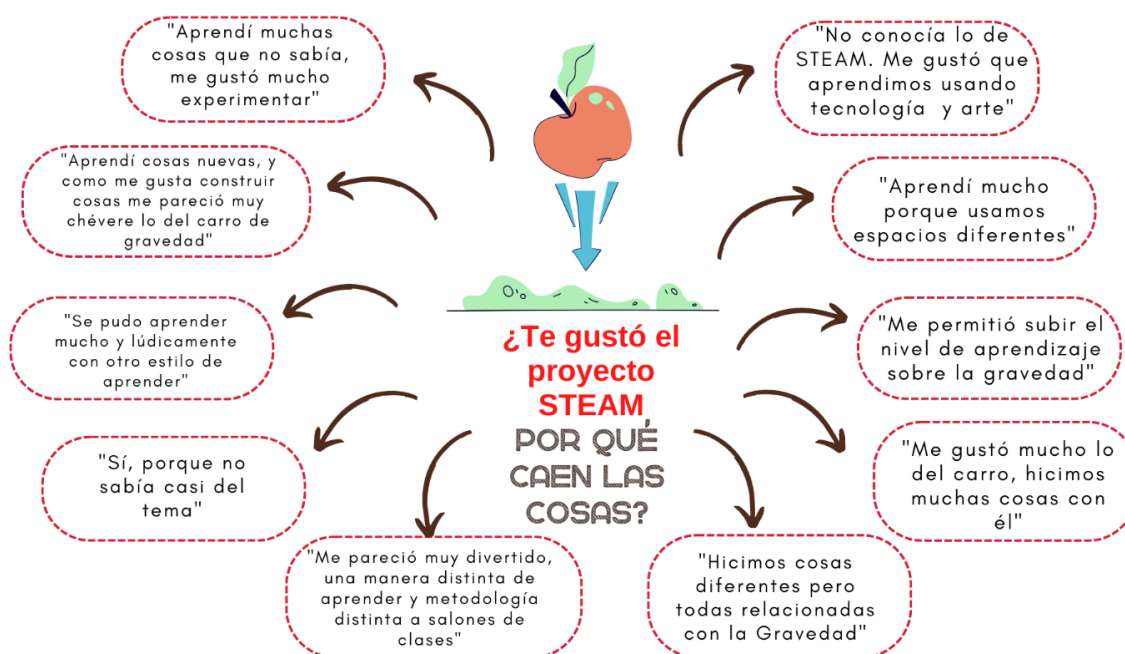
1. Nunca 2. Raramente 3. A veces 4. A menudo 5. Siempre

Afirmaciones	1	2	3	4	5
Aprendería mejor las materias si las relacionaran con otras áreas como las ciencias, la tecnología y el arte			9	34	49
Aprendo mejor cuando los temas que me enseñan se relacionan con la vida cotidiana			10	40	42
El aprendizaje es más enriquecedor cuando se realizan las actividades de manera grupal	2	3	9	26	52
Aprendería mejor si en las clases se usaran más espacios diferentes al salón de clases			6	28	58
Aprendería mejor si en las clases me pusieran a planificar, investigar y crear cosas sobre un tema que me interese	2	6	27	57	

De manera general, el proyecto logró vincular los principales elementos de la metodología del Aprendizaje Basado en Proyectos, y se evidenció en el instrumento diagnóstico final cuando los estudiantes expresaban sus sentipensares acerca de lo vivido durante el desarrollo del mismo. Respecto a la pregunta por el interés por el proyecto, cerca del 75% de los estudiantes señalaron que éste les permitió aprender cosas nuevas, cambiar de ambiente y hacer algo divertido y diferente (figura 34). El 25% restante, aunque no manifestaron disgusto si cuestionaron la temática, la pertinencia del mismo, el tiempo de implementación, el reemplazo de sus clases y el número de actividades.

**Figura 34**

*Algunas percepciones de los estudiantes sobre el Proyecto STEAM ¿Por qué caen las cosas?*



Algunos estudiantes manifestaron como enriquecedor la integración de diferentes áreas en favor de la comprensión de la Gravedad. Ellos refirieron que: *“la fusión de asignaturas fue interesante”*, *“no conocía lo de STEAM. Me gustó que aprendiéramos usando tecnología y arte”*, *“no hubiera entendido lo de la fuerza si no fuera por el simulador de Geogebra”*, *“la Gravedad no solo se aprende en la clase de Física sino que también se puede enseñar con tecnología y arte”*, *“me gustó que el profe nos dijo que fuimos ingenieros por diez semanas haciendo el carro de Gravedad”*. Sus afirmaciones se corresponden con las apreciaciones de Benjumeda y Romero (2017), quienes refieren que desarrollar proyectos bajo la integración de materias científicas-tecnológicas revierte positivamente en la percepción de los estudiantes sobre la calidad de su aprendizaje.

De igual manera, la mayoría de los participantes reconocieron el trabajo colaborativo como una estrategia que ayudó a compartir experiencias: *“trabajar en equipos nos ayudó a relacionarnos más, además porque nosotros mismos nos elegimos y pudimos trabajar con nuestros amigos”*, *“seis cabezas piensan mejor que una”*, *“cada uno tenía un rol definido y eso ayudó a que fuéramos más organizados”*. También señalaron las dificultades que tuvieron para el logro de objetivos grupales: *“no fue fácil que cada uno desempeñara los roles que repartimos cuando inició el*

*proyecto STEAM*”, “*hubo mucha desconcentración y no todos se comprometieron de verdad*”. Estos sentipensares conectan con los planteamientos de Carmona et al. (2019), para quienes el ABPy favorece y potencia el trabajo colaborativo como habilidad del siglo XXI, y además se corresponde con la postura de Causil y Rodríguez (2021) quienes describen las virtudes del ABPy como una metodología potente para favorecer en trabajo en equipo, inducir al trabajo colaborativo y fortalecer relaciones interpersonales.

## 7. Conclusiones y recomendaciones

Usualmente las clases de Física y Matemáticas se constituyen un escenario de enseñanza tradicional donde el estudiante es un agente pasivo en la interacción con el conocimiento; en este sentido, es un desafío la incursión de metodologías activas que trasciendan el magistrocentrismo, propendan el papel activo del estudiante y contribuyan al fortalecimiento de procesos de aprendizaje autónomos. Desde esta perspectiva, la presente investigación tuvo como objetivo analizar la incidencia de la implementación de un Proyecto con enfoque STEAM para la comprensión del fenómeno gravitacional y su influencia en la promoción de procesos de autorregulación del aprendizaje en estudiantes de básica secundaria, y acorde a los hallazgos de este proceso investigativo se presentan las siguientes conclusiones:

Con relación al primer objetivo específico que hacía referencia a la indagación acerca de las concepciones previas sobre el fenómeno gravitacional, se destaca que hubo una correspondencia con lo reflejado en la literatura sobre la tendencia de los estudiantes en esta etapa escolar a presentar concepciones alternativas sobre la Gravedad o sus conceptos asociados. Se encontró que la mayoría de los estudiantes consideraban que la masa es lo mismo que el peso, que los cuerpos con mayor masa caen más rápido, y que en el espacio no hay Gravedad; concepciones inconsistentes con el pensamiento científico construidas a partir de la influencia del contexto y del sentido común.

Ahora, respecto al segundo objetivo específico, asociado a la descripción de comprensiones de los estudiantes acerca del fenómeno gravitacional a lo largo del Proyecto, se enfatiza el aporte de la metodología de enseñanza-aprendizaje ABPy-STEAM en el acercamiento hacia miradas científicamente válidas, dado que al favorecer interdisciplinariedad, la investigación continua, el trabajo colaborativo, la indagación y exploración alrededor de un problema, y la construcción y reflexión en torno a un producto final, se lograron comprensiones conceptuales más acordes a las concepciones científicas alrededor del fenómeno de la Gravedad, tales como la diferenciación conceptual entre masa y peso, reflexiones más coherentes sobre la caída de los cuerpos y la aceleración de la Gravedad como la dependencia de la caída de los cuerpos a la resistencia del medio y no a su masa o forma geométrica, y la aceleración constante que sufren todos los cuerpos al caer y su variabilidad en diferentes cuerpos celestes. Además, mediante razonamientos

cualitativos sobre la correlación directa e inversa entre Fuerza-masa-distancia se logró conllevar a la afirmación de la existencia de la Gravedad en el Espacio.

En este orden de ideas, es conveniente resaltar las bondades que tuvo la integración de áreas STEAM, en este caso las Matemáticas, la Ciencia y la Tecnología (uso de simuladores), para favorecer procesos de razonamiento covariacional al identificar los cambios en las variables fuerza gravitacional, masa y distancia cuando interactúan en simultaneo para describir la fuerza gravitacional entre dos cuerpos. Allí los estudiantes pudieron apreciar la correlación directa existente entre la masa y la fuerza de Gravedad, y la correlación inversa entre la distancia de los cuerpos y la fuerza gravitacional entre ellos. De esta manera, se evidenció la riqueza de la interdisciplinariedad que otorga el ABPy bajo la integración de áreas STEAM en el fortalecimiento del asunto disciplinar de la variabilidad presente en la Gravedad y que recientemente reclama la literatura asociada a la enseñanza de este fenómeno natural, cuando reconoce la importancia de discutir las variaciones que tiene la aceleración de la Gravedad no sólo en cuerpos celestes, dadas las propiedades físicas de estos cuerpos, sino también las mínimas variaciones de este fenómeno en la Tierra, dadas las características geológicas de los entornos; y las bondades que tiene el razonamiento covariacional para ampliar las comprensiones acerca del comportamiento de la fuerza gravitacional como ley universal. Se suma, de igual manera, el paso por cada una de las fases de diseño ingenieril aplicadas en la construcción de un carro de Gravedad, que no sólo permitió contextualizar las comprensiones cualitativas sobre la fuerza de Gravedad, sino que fue el insumo y la motivación que transversalizó las reflexiones y la construcción de conocimiento alrededor de este fenómeno de la naturaleza.

En cuanto al alcance del tercer objetivo específico, el cual pretendió identificar los procesos de autorregulación del aprendizaje de los estudiantes en el desarrollo del Proyecto, se resalta que en la fase diagnóstica se evidenciaron dificultades para llevar a cabo elementos constitutivos de las fases de la autorregulación de manera consciente y en favor de sus aprendizajes, tales como la definición de objetivos, la creación y justificación de estrategias a partir de las rúbricas de valoración, dar razón de la motivación para la realización de la tarea, mantenerse en la actividad, gestionar el tiempo, constante gestión de ayuda del maestro que opacaba el nivel de autocontrol, y el dar razón del logro o fracaso en la consecución del objetivo de la tarea. Sin embargo, al poner

en marcha los elementos constitutivos de la metodología ABPy-STEAM, se fueron identificando progresivas mejoras en el desarrollo del ejercicio de planificación, ejecución y autorreflexión: vincularon los objetivos de las actividades más acordes a las rúbricas de valoración e intenciones principales de las actividades, mejoras en la capacidad de definir y describir estrategias claras y concisas en atención a la gestión del tiempo y siguiendo las instrucciones, así como reflexionar sobre el proceso vivido en el desarrollo de la tarea elogiando sus logros o exponiendo las razones cuando hubo fracaso en la consecución de la misma, a la vez que marcaban una ruta de mejora para posteriores ocasiones.

Con relación a lo anterior, las dinámicas que favoreció la ruta del Aprendizaje Basado en Proyectos, que promueve la construcción de conocimiento vinculando activamente al estudiante en la reflexión alrededor de una pregunta orientadora y potenciando procesos autónomos, favoreció una constante interacción con la definición de objetivos y fijación de metas, la planificación estratégica, la gestión del tiempo y del espacio, la automonitorización, y la autoevaluación de sus logros o fracasos, elementos que tuvieron mejoras significativas que se vieron reflejadas en un balance general de los procesos cognitivos al final del Proyecto.

Particularmente en el estudiante seleccionado, caracterizado por presentar dificultades en su autorregulación cognitiva y conductual, la metodología del Proyecto permitió observar mejoras en los procesos de planificación, ejecución y autorreflexión. Al inicio del Proyecto se tuvo un estudiante que presentaba dificultades para identificar objetivos de las tareas y mantenerse en ellas, marcar una ruta a seguir para el desarrollo de tareas a la vez que reflexionar sobre el proceso vivido en la consecución de las mismas, esto aunado a la desvinculación constante de las actividades por las dificultades para mantener control de su conducta y de sus focos atencionales. Durante el desarrollo del Proyecto se conectaron las orientaciones socioafectivas, pedagógicas y curriculares que indica su PIAR (Plan Individual de Ajustes Razonables) con los elementos de la metodología ABPy-STEAM, favoreciendo el trabajo colaborativo, la toma de decisiones, la planificación y construcción de un producto final, la diversificación de actividades para el abordaje temático y la conexión con otras áreas del conocimiento, a la vez que se hacía efectiva la dosificación de tareas y la monitorización, el constante ejercicio de autoinstrucción, y la planificación de clases que permitieran interacciones multisensoriales para mantener su atención. De esta manera, el empleo

de la metodología por Proyectos promovió efectividad en la aplicación de las estrategias pedagógicas para atender dificultades en la autorregulación cognitiva y conductual, ya que al finalizar el Proyecto el estudiante fue más consciente en la identificación de objetivos, la creación de estrategias y en la reflexión alrededor de sus aciertos y desaciertos en la consecución de los objetivos propuestos.

Por esta razón, los resultados sugieren que el ABPy-STEAM actuó como una metodología propicia que ofrece mejoras en cuanto a la adquisición de herramientas, conocimientos, desarrollo de habilidades y cambios positivos en la autonomía y autoeficacia de los estudiantes, que los convierte en los protagonistas activos del proceso de enseñanza y aprendizaje. Por ende, este tipo de metodología resulta ser óptima para trabajar el aprendizaje autorregulado, medio y meta de la educación, ya que se plantea una problemática real y se busca una solución de manera colaborativa, crítica, analítica y participativa fortaleciendo la autonomía del educando en su proceso de enseñanza-aprendizaje (Zambrano et al., 2022).

Al finalizar la implementación del Proyecto se pudo apreciar, en cuanto al cuarto objetivo de la investigación que pretendía reconocer las percepciones de los estudiantes acerca del mismo, que esta metodología de enseñanza-aprendizaje fue calificada por los estudiantes como interesante y adecuada para aprender sobre la Gravedad, dado que permitió articular otras áreas para fortalecer los aprendizajes, hacer usos de otros espacios diferentes al aula, fomentar el trabajo en equipo y ofrecerles un papel activo en la toma de decisiones para llevar a cabo el desarrollo de un producto final. De esta manera, la metodología ABPy-STEAM es apreciada como oportuna para lograr avances en los procesos de aprendizaje, dado que integra la construcción del saber conceptual, procedimental y actitudinal bajo interdisciplinariedad, trabajo colaborativo, contexto real, autonomía del estudiante, autoevaluación y retroalimentación del aprendizaje, que conlleva a espacios de aprendizaje más significativos y que se ofrecen como alternativa ante el paradigma tradicional de la enseñanza. Por esta razón, las dinámicas del Aprendizaje Basado en Proyectos con enfoque STEAM que se vivieron en el aula en torno a la enseñanza-aprendizaje del fenómeno gravitacional y la identificación de procesos de Autorregulación del aprendizaje, dan muestra de las bondades de esta metodología para llevar a cabo y en conjunto las dimensiones del aprendizaje: saber conocer, saber hacer, saber ser y saber convivir.

Finalmente, se recomienda que haya un trabajo más articulado y en conjunto entre los/as investigadores/as y los maestros/as encargados de las áreas afines a los objetivos de los proyectos. Se sugiere vincular las intencionalidades de los Proyectos a los objetivos o indicadores de desempeño de las áreas participantes, de manera que favorezca conexión con las dinámicas del área, se visibilice más notoriamente la interdisciplinariedad y el Proyecto no se desvincule de la apuesta curricular de las áreas participantes.

De igual manera, se motiva a futuros investigadores/as a desarrollar experiencias investigativas en torno al componente psicológico y actitudinal que acompaña los procesos de aprendizaje. Existe gran tendencia en las investigaciones educativas a ampliar líneas de acción en torno a lo pedagógico y didáctico de lo conceptual y procedimental del conocimiento científico y matemático, pero es necesario una mayor apuesta en cuanto a reflexiones y acciones sobre metodologías activas y su incidencia en el componente psicológico inmerso en los procesos de aprendizaje: motivación, autorregulación, inclusión, cognición, emociones, etc., que revisten gran importancia dada su transversalidad e impacto en todo proceso humano de aprendizaje.



## 8. Referencias bibliográficas

- Acosta, G., Almirón, F., Mansilla, M. A., Pardo, N. (2021). ¿Qué piensan los estudiantes de nivel secundario acerca de las actividades de laboratorio que les proponen sus docentes? *Revista tecnología, epistemología y didáctica*. Memorias del IX Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias, 1657-1664
- Adúriz-Bravo, A. (2015). Las cosas no caen por su propio peso. Apuntes para pensar la enseñanza de la fuerza de gravedad. *Quehacer educativo*, 33-45.
- Arce, M. E., Míguez-Tabarés J. M., Granada, E., Míguez, C., Cacabelos, A. (2013). Project-Based Learning: application to a research master subject of Thermal Engineering. *Journal of Technology and Science Education*, 3 (3), 132-138.
- Aykutlu, I., Bezen, S., Bayrak, C. (2015). Teacher opinions about the conceptual challenges experienced in teaching physics curriculum topics, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174, 390 – 405.
- Bar, V., Brosh, Y., Cary, S. (2016). Weight, Mass, and Gravity: Threshold concepts in learning sciences. *Science Educator* 4 (2).
- Bell, C., Pape, S. (2014). Scaffolding the Development of Self-Regulated Learning in Mathematics Classrooms. Results from an Action Research Study Examine the Development of Self-Regulated Learning Behaviors in a Seventh Grade Mathematics Class. *Middle School Journal*, 45 (4), 23-32. <https://doi.org/10.1080/00940771.2014.11461893>
- Benítez, A., García, M. (2013). Un Primer Acercamiento al Docente frente a una Metodología Basada en Proyectos, *Formación Universitaria*, 6(1), 21-28.
- Benjumeda, F., Romero I. (2017). Ciudad Sostenible: un proyecto para integrar las materias científico-tecnológicas en Secundaria, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14 (3), 621–637.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación. Administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Pearson Educación de Colombia Ltda. (3.<sup>a</sup> ed.).
- Blancas, J. L., Guerra, M. T. (2016). Trabajo por Proyectos en el aula de Ciencias de secundaria, *Revista Mexicana de Investigación Educativa RMIE*, 21 (68), 141-166.
- Bonilla-Castro, E. Rodríguez, P. (2005). *Más allá del dilema de los métodos. La investigación en ciencias sociales*. Grupo editorial Norma (3.<sup>a</sup> ed.).

- Cardona, Y., Duarte, P. (2022). Aprendizaje Basado en Proyectos como estrategia de mediación didáctica para el fortalecimiento del aprendizaje autónomo y la autorregulación. [Tesis de maestría, Corporación Universidad de la Costa]. Archivo digital. <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/9495>
- Carmona, J. A., Arias, J., Villa-Ochoa, J. (2019). *Formación inicial de profesores basada en proyectos para el diseño de lecciones STEAM*, En Serna, Edgar (Ed.), *Revolución en la Formación y la Capacitación para el Siglo XXI* (2a ed.) (pp. 483-492). Medellín: Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.
- Cascales, A., Carrillo, M. E. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos en educación infantil: cambio pedagógico y social. *Revista Iberoamericana de Educación*, 76, 79-98.
- Causil V., Rodríguez B. (2021). Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP): experimentación en laboratorio, una metodología de enseñanza de las Ciencias Naturales. *Plumilla Educativa*, 27 (1), 105-128. <https://doi.org/10.30554/pe.1.4204.2021>
- Cisterna, F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Revista Theoria*, 14(1), 61-71. <https://www.redalyc.org/pdf/299/29900107.pdf>.
- Cueli, M., García, T., González-Castro, P. (2013). Autorregulación y rendimiento académico en Matemáticas. *Aula Abierta*, 41 (1), 39-48.
- Desstyta, A., Prasetyo, Z. K., Suyanta (2021). Diagnosing elementary teacher's misconceptions of gravity, *Journal of Physics: Conference Series*, 1720, 1-10. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1720/1/012001>
- Domènech-Casal, J. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos en el marco STEM. Componentes didácticas para la Competencia Científica. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 2(2), 29-42. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2018.2.2.4524>
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V. (1999). *Dando sentido a la ciencia en secundaria. Investigaciones sobre las ideas de los niños*. Editorial visor.
- Echavarría, A., Plata, O., García, O. (2016). Consideraciones acerca de la fuerza gravitacional y la aceleración de gravedad: una diferenciación conceptual para el contexto de la enseñanza. [Tesis de pregrado, Universidad de Antioquia]. Archivo digital. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/3500>

- Espinosa-Ríos, E., González-López, K., Hernández-Ramírez, L. (2016). Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar. *Entramado*, enero-junio, 12 (1), 266-281. <https://doi.org/10.18041/entramado.2016v12n1.23125>
- Fauzi, A., Widjajanti, D. B. (2018). Self-regulated learning: the effect on student's mathematics achievement. *Journal of Physics: Conference Series*, 1097. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1097/1/012139>
- Fernández, R. (2001). La entrevista en la investigación cualitativa. *Pensamiento actual*, 2(3). <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/8017/11775>
- Ferreirós, J., Ordoñez, J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación. *Crítica, Revista Hispanoamericana de Filosofía*. 34, (102), 47–86.
- Flores, J., Caballero, S. María, C., Moreira, Marco, A. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de investigación* 33 (68), 75-111.
- Flores-Fuentes, G. y Juárez-Ruiz, E. L. (2017). Aprendizaje basado en proyectos para el desarrollo de competencias matemáticas en Bachillerato. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 19(3), 71-91. <https://doi.org/10.24320/redie.2017.19.3.721>
- Galeano, E. (2004). *Diseño de Proyectos en la investigación cualitativa*. Fondo editorial universidad EAFIT.
- Galeano, E. (2018). *Estrategias de investigación social cualitativa. El giro en la mirada (segunda edición)*. Editorial Universidad de Antioquia.
- Galilei, G. (1638). *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*, En Hawking, S. (2002). *A hombros de Gigantes*. Editorial Crítica.
- García, E., y Stany A. (2010). Filosofía de las prácticas experimentales y enseñanza de las ciencias. *Praxis Filosófica*, (31), 7-24.
- García, W. (2016). Diseño y construcción de un prototipo para el estudio de la caída de los cuerpos: Medición de la aceleración de la gravedad, por medio de Arduino. [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional]. Archivo digital. <http://repositorio.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/2057?show=full>

- Gasco, J. (2017). Diferencias en el uso de estrategias en el aprendizaje de las matemáticas en enseñanza secundaria según el sexo. *Cuadernos de Investigación Educativa*, 8 (1), 47-59. <https://doi.org/10.18861/cied.2017.8.1.2638>
- Giraldo, C., Caballero, M. C., Meneses, J. Á. (2020). Una experiencia de práctica pedagógica con docentes en formación en ciencias naturales apoyada en el aprendizaje basado en proyectos (ABPy), *Uni-Pluriversidad*, 20(1), 39-60. <https://doi.org/10.17533/udea.unipluri.20.1.3>
- Grupo Azarquiel (1993). *Ideas y actividades para enseñar álgebra*. Síntesis S.A.
- Henaio López, G., Cardona Vélez, C. Valderrama Gómez, V. (2021). *Neurodidáctica para maestros*. Orden Religiosa de las Escuelas Pías o Escolapios.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, María del P. (2014). *Metodología de la investigación*. Interamericana Editores, S.A. (6.<sup>a</sup> ed.).
- Hoyos, C. (2000) *Aproximación teórica a los estados del arte*. En C. Hoyos. (Ed.), Un modelo para investigación documental: Guía teórica práctica sobre construcción de estados del arte con importantes reflexiones sobre la investigación (pp. 53-103). Señal editora.
- Iglesias, M. (2004). El giro hacia la práctica en filosofía de la ciencia: Una nueva perspectiva de la actividad experimental. *Opción*, Año 20, (44), 98-119.
- Kayan, F. (2015). Developing a structural model on the relationship among motivational beliefs, self-regulated learning strategies, and achievement in mathematics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13, 1355-1375.
- Khairurrijal, Eko Widiatmoko, E., Srigutomo, W., Kurniasih, N. (2012). Measurement of gravitational acceleration using a computer microphone port. *Physics education*, 47 (6), 709-714.
- Lelliott, A. (2014). Understanding Gravity: The Role of a School Visit to a Science Centre. *International Journal of Science Education, Part B*, 4 (4), 305-322. <https://doi.org/10.1080/21548455.2013.818260>
- León, J., Núñez, J. L., Liew, J. (2015). Self-determination and STEM education: Effects of autonomy, motivation, and self-regulated learning on high school math achievement. *Learning and Individual Differences*, 43, 156-163. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2015.08.017>
- López, A. M., y Lacueva, A. (2007). Enseñanza por proyectos: una investigación-acción en sexto grado. *Revista de Educación*, 342, 579-604.

- López, Juan J. (2019). Implementación de un dispositivo para la medición de la gravedad local: Nivel de Educación Media. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Archivo digital. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/75680>
- López, O., Hederich-Martínez, C., Camargo, A. (2012). Logro en matemáticas, autorregulación del aprendizaje y estilo cognitivo. *Suma Psicológica*, 19 (2), 39-50.
- López, R. A., Tamayo, A. O. (2012). Las prácticas de Laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)* 8 (1), enero-junio, 145-166.
- Machado, I., Restrepo, E., Sossa, I., Mosquera, Y. (2011). Recontextualización en la enseñanza del concepto de Gravedad a partir de un análisis histórico-epistemológico de la perspectiva galileana, *5º Congreso Nacional de Enseñanza de la Física*, Bogotá, Colombia. 16 al 20 de mayo 2011.
- Manso, L., Ezquerro, A. (2014). Proyectos de investigación a través de la creación de audiovisuales: propuesta de actuación con alumnos del Programa de Diversificación Curricular. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11 (1), 54-67.
- Markham, T., Larmer, J., Ravitz, J., y Hogg, S. (2003). Manual para el aprendizaje basado en proyectos: una guía para el aprendizaje basada en proyectos orientados por estándares. Fundación Omar Dengo.
- Martínez, J. E. (2015). Obtención del valor de la aceleración de la gravedad en el laboratorio de física. Experiencia comparativa del sensor de un teléfono celular inteligente y el péndulo simple, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12, (2), 341-346.
- Menéndez, V. (2018). La historia de la ciencia como herramienta didáctica: la enseñanza de la gravedad, *Revista de Enseñanza de la Física*, 30, 255-261.
- Okwara, V. U., Pretorius, J. P. H. (2023). The STEAM vs STEM Educational Approach: The Significance of the Application of the Arts in Science Teaching for Learners' Attitudes Change. *Journal of Culture and Values in Education*, 6(2), 18-33. <https://doi.org/10.46303/jcve.2023.6>
- Palmer, D. (2001). Student's alternative conceptions and scientifically acceptable conceptions about gravity. *International Journal of Science Education*, 23 (7), 691-706. <https://doi.org/10.1080/09500690010006527>

- Panadero, E., Alonso-Tapia, J. (2014). ¿Cómo autorregulan nuestros alumnos? Revisión del modelo cíclico de Zimmerman sobre autorregulación del aprendizaje. *Anales de Psicología*, 30 (2), 450-462. <http://dx.doi.org/10.6018/analesps.30.2.167221>
- Panorkou, N., Feb, E. G. (2021). Integrating math and science content through covariational reasoning: the case of gravity, *Mathematical Thinking and Learning*, 23 (4), 318-343. <https://doi.org/10.1080/10986065.2020.1814977>
- Pérez-Serrano, G. (1994). *Investigación cualitativa. Retos e interrogantes*. Editorial La Muralla.
- Pérez-Torres M., Couso, D., Márquez C. (2021) ¿Como diseñar un buen proyecto STEM? Identificación de tensiones en la co-construcción de una rúbrica para su mejora. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1301. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i1.1301](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1301)
- Rahmawati1, Y., Adriyawati., Utomo, E., Mardiah, A. (2021). The integration of STEAM-project-based learning to train students critical thinking skills in science learning through electrical bell project. *Journal of Physics: Conference Series*, 2098. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2098/1/012040>
- Romero, A., Aguilar, Y. (2013). *La experimentación y el desarrollo del pensamiento físico. Un análisis histórico y epistemológico con fines didácticos*. Editorial Universidad de Antioquia.
- Sanmartí, N., Casadella, J. (1987). Semejanzas y diferencias entre las concepciones infantiles y la evolución histórica de las ciencias: el ejemplo del concepto de fuerza y específicamente fuerza de Gravedad. *Enseñanza de las ciencias*, 5 (1), 53-58.
- Syuhendri, S. (2019). Student teachers' misconceptions about gravity, *Journal of Physics: Conference Series*, 1185. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1185/1/012047>
- Sanmartí, N., Márquez, C. (2017). Aprendizaje de las ciencias basado en proyectos: del contexto a la acción. *Revista de Educación Científica*, 1(1), 3-16. <https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2020>
- Semana, S., Santos, L. (2018). Self-regulation capacity of middle school students in mathematics. *ZDM-Mathematics Education*, 50, 743–755. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0954-0>
- Sotelo, J. (2012). El Concepto de gravedad desde las concepciones de Newton y Einstein: Una propuesta didáctica dirigida a estudiantes de Ciclo V. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Archivo digital. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/10857>

- Stake, R. E. (2007). *Investigación con estudio de casos*. (Roc Filella, Trad; 4.<sup>a</sup> ed.) Ediciones morata, S. L. (trabajo original publicado en el año 1995).
- Trias, D., Mels, C., Huertas, J. A. (2021). Teaching to self-regulated in Mathematics: A quasi-experimental study with low-achieving elementary school students. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 23, 1-13. <https://doi.org/10.24320/redie.2021.23.e02.2945>
- Vélez, J., Zapata, J.C., Pacherras, M.E., Tumi, B.E. (2022). Aprendizaje Basado en Proyectos, una propuesta para mejorar el aprendizaje autorregulado en estudiantes de secundaria de una Institución Educativa, Piura 2020. *Pro Hominum. Revista de ciencias sociales y humanas*, 3 (4), 38-65. <https://doi.org/10.47606/ACVEN/PH0093>
- Vidak, A., Movre, I., Mesi, V. (2021). An augmented reality approach to learning about the force of gravity, *Physics Education*, 56, 1-11.
- Zambrano, C., Albarrán, F., Salcedo, P. (2018). Percepción de estudiantes de pedagogía respecto de la autorregulación del aprendizaje. *Formación universitaria*, 11(3), 73-86. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062018000300073>
- Zambrano, M. A., Hernández, A., Mendoza, K. L. (2022). El aprendizaje basado en proyectos como estrategia didáctica. *Revista Conrado*, 18(84), 172-182.
- Zamora, A., Ardura, D. (2014) ¿En qué medida utilizan los estudiantes de Física de Bachillerato sus propios errores para aprender? Una experiencia de autorregulación en el aula de secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 32 (2), pp. 253-268.
- Zimmerman, B. J. (2005). Attaining self- regulation: A social cognitive perspective. En M. Boekaerts, P. R. Pintrich y M. Zeidner (Eds.) *Handbook of self-regulation* (pp. 13-40).

## 9. Anexos

Todos los anexos a este trabajo investigativo se encuentran en el portafolio personal del autor, en donde además se encontrarán mayores evidencias del proceso vivido en el desarrollo del Proyecto. Para acceder al portafolio ingrese al siguiente enlace web y diríjase al vínculo *Proyecto STEAM*: <https://sites.google.com/view/garcia-mesa?usp=sharing>