NIVELES DE ARGUMENTACIÓN Y SU RELACIÓN CON LOS MODELOS EXPLICATIVOS DE LOS ESTUDIANTES DE GRADO DÉCIMO EN LA DESCRIPCIÓN DEL MOVIMIENTO DE LOS CUERPOS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO

MIGUEL ADOLFO LÓPEZ ORTEGA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES

MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

MANIZALES

2018

NIVELES DE ARGUMENTACIÓN Y SU RELACIÓN CON LOS MODELOS EXPLICATIVOS DE LOS ESTUDIANTES DE GRADO DÉCIMO EN LA DESCRIPCIÓN DEL MOVIMIENTO DE LOS CUERPOS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO

MIGUEL ADOLFO LÓPEZ ORTEGA

Proyecto de grado para optar al título de Magíster en Enseñanza de las Ciencias

Tutor:

DR. WILMAN RICARDO HENAO GIRALDO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES

MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

MANIZALES

2018

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es describir la relación entre los niveles de argumentación y los modelos explicativos que tienen los estudiantes de grado décimo en la descripción del movimiento de los cuerpos respecto al tiempo utilizando un enfoque de investigación cualitativo-descriptivo. Se seleccionó un grupo de estudiantes, utilizando el criterio de muestra de casos tipo, a los cuales se les aplicó una serie instrumentos (Ideas previas, Foro y Pos Test) para obtener información respecto a los modelos explicativos y a los niveles de argumentación. Dicha información se organizó en matrices y se contrastó con los referentes teóricos en cada una de las categorías mencionadas. Finalmente se utilizó una red sistémica para determinar las relaciones entre las dos categorías en los diferentes momentos de la investigación y se procedió a describirlas.

Objetivo: Describir las relaciones entre los niveles de argumentación y los modelos explicativos que tienen los estudiantes de grado décimo de la I.E.T.A. Santa Cecilia respecto a la descripción del movimiento de los cuerpos en función del tiempo.

Metodología: Cualitativa - Descriptiva.

Resultados: Se evidencia el uso de los modelos explicativos en la estructura argumentativa. Las relaciones se explicitan en el uso de variables para describir los fenómenos (justificación) y uso de gráficos para apoyar las justificaciones (apoyo).

Palabras Clave: Niveles de argumentación, modelos explicativos, movimiento de los cuerpos, física, cinemática, descripción del movimiento.

ABSTRACT

The objective of this research is to describe the relationship between the levels of argumentation and explanatory models that tenth grade students have in the description of the movement of bodies with respect to time using a qualitative-descriptive research approach. A group of students was selected, using the criterion of sample of type cases, to which a series of instruments (Preliminary Ideas, Forum and Pos Test) was applied to obtain information regarding the explanatory models and the levels of argumentation. This information was organized in matrices and contrasted with the theoretical references in each of the aforementioned categories. Finally, a systemic network was used to determine the relationships between the two categories in the different moments of the investigation and proceeded to describe them.

Objective: Describe the relationships between the levels of argumentation and explanatory models held by tenth grade students of the I.E.T.A. Santa Cecilia regarding the description of the movement of bodies as a function of time.

Methodology: Qualitative - Descriptive.

Results: The use of explanatory models in the argumentative structure is evident. The relationships are explicit in the use of variables to describe the phenomena (justification) and use of graphs to support the justifications (support).

Keywords: Levels of argumentation, explanatory models, movement of bodies, physics, kinematics, description of movement.

CONTENIDO

I LISTA DE FIGURAS VII

II LISTA DE TABLAS VIII

III LISTA DE ANEXOS IX

1 RESUMEN 1

2 INTRODUCCIÓN 3

2.1 Descripción del Problema 3

2.2 Pregunta de Investigación y Objetivos 4

2.2.1 Objetivo General 5

2.2.2 Objetivos Específicos 5

2.3 Justificación 5

2.4 Antecedentes 7

3 MARCO TEÓRICO 12

3.1 Niveles de Argumentación 12

3.2 Modelos Explicativos 18

3.3 Movimiento de los Cuerpos 23

4 METODOLOGÍA 30

4.1 Enfoque 30

4.2 Contexto 30

4.3 Unidad de Trabajo 31

4.4 Unidad de Análisis 31

4.5 Instrumentos y fuentes de información 32

4.6 Plan de análisis 33

4.7 Abordaje de la investigación 35
4.7.1 Codificación de las preguntas 37
5 Resultados y Análisis 39
5.1 Niveles de argumentación en la descripción del movimiento de los cuerpos 39
5.2 Modelos explicativos en la descripción del movimiento de los cuerpos 57
5.3 Descripción relación Niveles de Argumentación y Modelos Explicativos 72
6 Conclusiones y recomendaciones 82
6.1 Conclusiones 82
6.2 Recomendaciones 83
Referencias 87
Anexos 88

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo argumentativo de Toulmin (Buitrago et al., 2013) 15

Figura 2: Descripción del movimiento de los cuerpos utilizando el plano cartesiano 26

Figura 3: Proceso de graficación utilizando el método de punteo 29

Figura 4: Categorías, sub-categorías y descriptores 32

Figura 5: Diseño metodológico 34

Figura 6: Preguntas asociadas a las categorías Gráfico Objeto y Gráfico Trayectorial 35

Figura 7: Pregunta indagatoria niveles de argumentación en *Gráfico funcional* 36

Figura 8: Instrumento Pos Test 2 utilizado 37

Figura 9: Red sistémica: Afirmación del movimiento 73

Figura 10: Red sistémica: Origen de movimiento 80

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Categorías definidas para la descripción del movimiento de los cuerpos 35

Tabla 2: Codificación de categorías y subcategorías de los datos obtenidos 36

Tabla 3: Codificación de los instrumentos aplicados 37

Tabla 4: Respuestas estudiantes instrumento de Ideas Previas niveles de argumentación ... 41

Tabla 5: Respuestas de los estudiantes al Caso 3 taller de Ideas Previas 44

Tabla 6: Respuestas de los estudiantes Pos – Test 1 niveles de argumentación 47

Tabla 7: Respuestas de los estudiantes del Foro niveles de argumentación 49

Tabla 8: Respuestas de los estudiantes Pos – Test 2 niveles de argumentación 52

Tabla 9: Descripción cambios niveles de argumentación estudiantes 57

Tabla 10: Respuestas estudiantes Ideas Previas modelos explicativos 59

Tabla 11: Respuestas estudiantes Pos – Test 1 modelos explicativos 65

Tabla 12: Modelos explicativos utilizados en las respuestas `LP1PT2` y `NP1PT2` 68

Tabla 13: Descripción cambios en los modelos explicativos de estudiantes 71

Tabla 14: Casos de relación entre niveles de argumentación y modelos explicativos 81

Tabla 15: Categorías de relación entre niveles de argumentación y modelos explicativos ... 81

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Instrumento Indagatorio Inicial 89

Anexo 2. Instrumento Pos Test 1 90

Anexo 3. Instrumento Pos Test 2 91

Anexo 4. Unidad Didáctica 92

1. Resumen

El objetivo de este proyecto de investigación es describir la relación entre los niveles de argumentación y los modelos explicativos que tienen los estudiantes de grado décimo en la descripción del movimiento de los cuerpos respecto al tiempo con el fin de comprender dichos procesos (argumentación y modelización) en ellos. Para esto se prentende: *1)* Identificar los niveles de argumentación y *2)* Caracterizar los modelos explicativos que tienen los estudiantes en la temática de la descripción del movimiento de los cuerpos respecto al tiempo.

Teniendo como base una metodología de investigación cualitativa, se seleccionó un grupo de estudiantes de grado décimo bajo el criterio de *muestra de casos tipo* (Sampieri, 2014) ya que se prentende obtener una información de calidad y profunda para lograr una descripción que permita plantear una estrategia con la cual se logre una evolución en el modelo explicativo que tienen los estudiantes en el tema de la descripción del movimiento de los cuerpos respecto al tiempo.

Se utilizó un instrumento de diagnóstico inicial en el cual se indaga en qué subcategoría se encuentran una muestra de seis estudiantes respecto a las categorías de investigación definidas: Niveles de Argumentación (Tamayo, 2014) y Modelos Explicativos; teniendo en cuenta que, para esta última, las subcategorías se construyeron teniendo en cuenta el referente histórico–epistemológico del concepto. Luego, se organizó la información en matrices para ser analizadas y referenciadas al marco teórico definido. Seguido a esto, se aplicó una estrategia de aula que promoviera la evolución en el modelo explicativo para, finalmente, aplicar instrumentos post–test (taller escrito, foro y conversatorio) con el fin de adquirir información en la evolución de los niveles de argumentación y en los modelos explicativos. Resulta oportuno aclarar que se definió a *Gráfico Funcional* como subcategoria

de análisis en el modelo explicativo dentro de la cual se describen las relaciones con los niveles de argumentación.

2. Introducción

2.1 Descripción del problema

La Institución Técnica Agropecuaria Santa Cecilia es un colegio rural de carácter oficial ubicado en el corregimiento de Santa Cecilia que pertenece al municipio de San Lorenzo en el departamento de Nariño, tiene un enfoque de formación técnico agropecuario el cual se aplica desde grado sexto hasta el grado once. En el plan de estudios de la institución se encuentra el área de Ciencias Naturales y ésta se conforma por las asignaturas de Física y Química, las cuales se orientan en los grados de la educación media.

En el Plan Educativo Institucional, se evidencia que el de área de Ciencias Naturales - Física no tiene una estructura curricular que promueva una enseñanza de las ciencias desde una perspectiva diferente al modelo tradicional (existe un listado de contenidos conceptuales que tienen una estructura lógica), el cual se podría relacionar con modelos didácticos de transmisión - recepción (Ruiz, 2007) que llevan a una asimilación de contenidos lo cual no asegura la comprensión de éstos y permite que el conocimiento se re-signifique según las ideas o experiencias anteriores de cada alumno (Jiménez, 2000). Además se dan situaciones en las que el profesor sabe o se percata de que algunos estudiantes tienen problemas al comprender algún tema, pero no tiene el tiempo suficiente para reunirse individualmente con ellos. En las clases siguientes, podrá reunir y despejar algunas dudas o apoyarse en alguna tarea dejada para resolver en casa, pero es difícil profundizar en dichos temas porque hay más temas por tratar; esto es un modelo centrado, enteramente, en el docente (Tecnológico de Monterrey, 2014).

Por otra parte, se ha confirmado, por experiencia personal en este y otros colegios, que uno de los temas que presenta dificultad en los estudiantes y que se propone desde los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales (Ministerio de Educación, 2004), es el poder

utilizar modelos explicativos formales del movimiento de objetos en relación a variables cuantitativas que influyen en la parte experimental como lo son el espacio y el tiempo. Este tema es evaluado en la prueba Saber 11 realizada por el Sistema Nacional de Evaluación Estandarizada de la Educación (ICFES) en donde el estudiante debe aprender a elaborar explicaciones relacionando variables que describan una situación o un sistema, argumentando a partir de los conceptos y las diferentes leyes de la física (ICFES, 2016).

Las explicaciones que dan los estudiantes respecto al entorno y sus fenómenos vienen del uso de modelos explicativos que se relacionan mas con lo cotidiano del estudiante, con el sentido común, con el contacto que tienen con el contexto (Greca, 2002). Además, la argumentación de los estudiantes de la institución no cumple con una estructura válida para hacer frente a una pregunta de Ciencias Física de las pruebas Saber 11 y una de las temáticas indagadas por la prueba Saber 11 es la descripción formal del movimiento de los cuerpos, planteada desde la capacidad de recurrir a un modelo explicativo vigente en la física y además argumentando correctamente utilizando las teorías del MRU y el MUA.

2.2 Pregunta de investigación y objetivos

Después de lo anteriormente expuesto, se puede considerar la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son las relaciones entre los niveles de argumentación y los modelos explicativos que tienen los estudiantes de grado décimo respecto a la descripción del movimiento de los cuerpos en función del tiempo?

Para intentar dar respuesta a esta pregunta, se han propuesto los siguientes objetivos:

2.2.1 Objetivo general

➢ Describir las relaciones entre los niveles de argumentación y los modelos explicativos que tienen los estudiantes de grado décimo de la I.E.T.A. Santa Cecilia respecto a la descripción del movimiento de los cuerpos en función del tiempo.

2.2.2 Objetivos específicos

➢ Identificar los niveles de argumentación que presentan los estudiantes al describir el movimiento de los cuerpos en función del tiempo.

➢ Caracterizar los modelos explicativos que presentan los estudiantes respecto al movimiento de los cuerpos en función del tiempo.

2.3 Justificación

Este proyecto de investigación se justifica, partiendo de la necesidad de un cambio de fondo en las clases de ciencias y en los distintos elementos de los proceso de enseñanza y aprendizaje. Asimismo, se considera importante ya que se ocupa de uno de los problemas fundamentales de la didáctica de las ciencias que es realizar la transición desde las prácticas de aula centradas en la transmisión de conocimientos hacia el lograr que los estudiantes desarrollen la capacidad de explicar los fenómenos que los rodean utilizando las habilidades de la argumentación. Actualmente se ha evidenciado que el ambiente esta saturado de información y hay medios tecnológicos que lo facilitan, así que el desarrollo de estas habilidades es urgente en un mundo cada vez mas cambiante (Jimenez-Aleixandre y Díaz, 2003 citadas por Adúriz-Bravo, 2010). La argumentación tiene un lugar central en la clase de ciencias ya que se trata de una actividad que permite la evaluación del conocimiento a través de pruebas disponibles para crear

explicaciones, que hacen uso de los modelos explicativos que tiene la persona y tomar decisiones justificadas (Adúriz-Bravo, 2011).

La argumentación, entendida como la selección de un modelo explicativo entre varios modelos, cumple con una estructura básica (Toulmin). Es necesario describir las relaciones entre estas categorías con el fin de brindar herramientas al estudiante para que sus explicaciones del entorno se acerquen a unos niveles adecuados que le permitan responder los "por qué" a un tema específico (Descripción del Movimiento de los Cuerpos) y que cumpla con los criterios establecidos por el ICFES y el MEN. Una de las competencias evaluadas del Saber 11 es la Explicación de Fenómenos y entre sus descriptores esta el laborar explicaciones al relacionar variables que describen un sistema físico argumentando a partir de los modelos básicos de la cinemática.

Por otro lado, el tema de la Descripción del Movimiento de los Cuerpos es un tema importante en la Física ya que hace parte del diario vivir de las personas y aplica desde lo observable a simple vista así como al mundo microscópico y al macroscópico. Tener herramientas formales para la descripción del movimiento de los cuerpos permiten que el estudiante se acerque al entendimiento profundo de sus múltiples representaciones (como la gráfica, algebraica y funcional) y promueve bases conceptuales para la teoría de la mecánica.

Resulta necesario entonces describir cuáles son las relaciones entre los niveles de argumentación y los modelos explicativos que tienen los estudiantes de grado décimo respecto a la descripción del movimiento de los cuerpos porque hace parte de los intereses que hoy en día tiene la didáctica de las ciencias además que posibilita evidenciar en qué partes de la estructura argumentativa tienen relación los modelos explicativos y de esa forma aportar a una estrategia de aula que promueva su apropiación.

2.4 Antecedentes

Se han revisado algunos antecedentes que tienen relación con las categorías de esta investigación en los marcos nacional e internacional. Se citan los siguientes por encontrar afinidades categoriales al trabajo de investigación que se propone.

A nivel nacional, Diosa Ochoa (2012), evalúa el impacto de una estrategia metodológica para la enseñanza de la cinemática lineal desde una interpretación gráfica aplicada a los estudiantes de grado décimo de un colegio oficial de Medellín en la asignatura de Física, propendiendo que dicho aprendizaje sea del tipo constructivista. La estrategia mencionada anteriormente se aplica utilizando material didáctico que promueva la elaboración y comprensión de gráficas y de conceptos característicos de la cinemática como lo son: posición, velocidad, aceleración y su relación en función de la variable tiempo. Una vez se tenga claridad en los conceptos básicos de la cinemática, se propondrían problemas para su posterior solución pero comenzando desde la parte gráfica, es decir, analizando la estructura funcional algebraica desde la figura obtenida en el plano cartesiano para luego indagar la solución total al problema. Para acercar a la comprensión de algunos conceptos básicos necesarios en el estudio de la cinemática, se utilizaron herramientas software de simulación de eventos físicos como son los applets, los cuales permitieron a los estudiantes explorar activamente los fenomenos simulados. Dicha exploración es socializada en un marco de trabajo en grupo en el cual se construye un mapa conceptual el cual debe ser argumentado ante el resto del grupo y de esa forma unificar criterios que permitan la construcción de un solo mapa para todo el grupo.

Además, Salazar (2014), enfoca su trabajo desde la preocupación sobre cómo se está enseñando física y con qué finalidad, pues resulta importante reflexionar el papel de la física como ciencia para comprender y explicar el mundo, el rol del estudiante y la concepción de naturaleza de la ciencia. Por otro lado, las formas por las cuales el docente promueve la

construcción de explicaciones a partir del uso de la fenomenología y el diálogo de saberes como medio de argumentación y socialización, refutación y validación de ideas, de tal manera que el estudiante apropie formas de explicar el mundo en la construcción de conocimiento y adquiera una postura crítica ante la sociedad que le permita intervenir como un sujeto social y cultural. Entre sus conclusiones está que se reconoce a la Historia de la Ciencia como un elemento clave para el docente en la selección y organización de hechos fenomenológicos y experiencias en la enseñanza de la física del movimiento a través del diseño de cuestionamientos y situaciones donde el estudiante construya sus propias explicaciones y reflexiones coherentes sobre el comportamiento de los cuerpos en movimiento.

Así mismo, Sanchez et al. (2013), ilustran cómo la argumentación en el contexto de la educación en ciencias es objeto de estudio de diferentes investigaciones sobre comunicación, aprendizaje y desarrollo de procesos de pensamiento. Teniendo en cuenta los propósitos actuales de la educación en ciencias, consideran la importancia de la argumentación como una línea de investigación actual y altamente promisoria en el campo del saber. De la misma manera, consideran las contribuciones de la propuesta filosófica de Stephen Toulmin y el valor de estas para la innovación en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en el siglo XXI. Asimismo, muestran la relación que existe entre el constructivismo social y la argumentación, el cual considera el aprendizaje como un proceso de construcción de conocimiento. De igual forma, presentan planteamientos sobre cómo el argumentar promueve logros como el conocimiento de ciencias naturales y el desarrollo de competencias ciudadanas. Por último, incluyen algunos principios de diseño para promover argumentación. Concluyen que la argumentación en ciencias se ha convertido en una prioridad para el desarrollo por su contribución al desarrollo de procesos metacognitivos en los estudiantes y profesores; y uno de los modelos que más ha tenido impacto en la enseñanza de las ciencias ha sido el modelo

de Toulmin.

Ruiz et al. (2013), realizan un estudio que muestra los cambios en aspectos epistemológicos, conceptuales, didácticos y estructurales, de cinco maestros de primaria antes y después de participar en un proceso de discusión crítica de sus prácticas de enseñanza en la argumentación en la clase de ciencias. Con el fin de identificar los cambios en los cuatro aspectos, a la información obtenida tras la aplicación de un cuestionario inicial y final, se le realiza un análisis de contenido. Los resultados mostraron un cambio significativo en los componentes: epistemológico, conceptual y didáctico y no tanto en el estructural. Con estos resultados, se ratifica la importancia de ofrecer espacios de participación a los maestros para discutir, evaluar y proponer mecanismos de mejora de sus prácticas en el aula. Concluyen que para lograr mejorar los niveles argumentativos, se requiere no solo ofrecer a los docentes, escenarios en los cuales se discuta saberes y desempeños, sino también de un trabajo específico de co-regulación y autorregulación de los procesos de construcción y evaluación de sus propias formas de construcción de argumentos.

En el marco internacional, Morales et al. (2011), utilizan una plataforma en la cual se visualizan diferentes vídeos de fenomenos físicos, los cuales han sido pregrabados y alamacenados en un servidor llamado Galileo, y se tiene control sobre el tiempo de ejecución de dichos fenomenos utilizando un 'click'del mouse; esta información es utilizada para estudiar los procesos de modelación fisico-matematica que realizan los estudiantes de primeros semestres de licenciatura en matemáticas en la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso en Chile y se enfocan en el proceso de argumentación gráfica que realizan los estudiantes durante las prácticas realizadas. El diseño ahí planteado tiene como objetivo el entendimiento del fenómeno y pone en juego los diferentes elementos de la modelación fisica y matemática. Concluye que el trabajo de los alumnos no solo se limita al hecho de producir

una gráfica con ciertos datos, sino que además comporta la necesidad de explicar el fenómeno, la gráfica se transforma en un elemento primordial para ellos, ya que no basta con entenderla, sino que deben ser capaces de usarla como argumento. Todo esto ocurre en el proceso de modelación que explica el fenómeno.

Blanco y Diaz (2014), analizan el proceso de razonamiento de los estudiantes a través de la argumentación, para lo que se hace uso del modelo de argumentación de Toulmin. La tarea propuesta contiene un conjunto de icnitas, cuyo propósito es esclarecer qué ocurrió. Los objetivos que guían este trabajo son dos: promover el razonamiento científico y analizar el discurso argumentativo de los estudiantes. Los resultados indican que esta actividad permite al alumnado, por un lado, establecer numerosas inferencias pese a la falta de información sobre la secuencia de huellas y, por otro lado, alcanzar un alto nivel de complejidad en sus argumentos, puesto que fueron capaces de formular tanto contraargumentos como refutaciones. Concluyen que es importante la acción del docente sobre el orden de las inferencias que realizan los estudiantes y comprobamos que con esta forma de trabajo los estudiantes desarrollan su capacidad argumentativa. Saber argumentar es la habilidad que permitirá a los alumnos buscar y adquirir conocimiento y emplearlo para hacer juicios sobre los nuevos avances científicos en los que la sociedad se ve inmersa.

Así mismo, Jaimes y Ossa (2016), evalúan el impacto de un programa de pensamiento crítico en estudiantes secundarios de un establecimiento chileno. El instrumento usado para medir el pensamiento crítico fue el HCTAES de Halpern, en español, adaptado a 20 situaciones-problema; el análisis de información se realizó con estadística descriptiva y análisis de comparación de medias. Los resultados muestran que en la evaluación postest arrojó resultados a favor del grupo experimental en el constructo global, así como en tres de las cuatro subhabilidades, encontrándose diferencias estadísticamente significativas. Se

concluye que el programa tiene impacto en el pensamiento crítico, tanto a nivel general como en las subhabilidades, aun cuando no se encontraron mayores diferencias en las probabilidades, lo que podría estar relacionado con factores madurativos y curriculares ademas que el haber generado un desarrollo significativo de las subhabilidades de uso de hipótesis, argumentación y razonamiento verbal da cuenta de que los jóvenes podrían verse beneficiados en su desarrollo escolar, ya que estas están relacionadas con habilidades importantes para lograr una aprendizaje profundo y con el aprendizaje científico.

3. Marco teórico

3.1 Niveles de argumentación

El concepto de argumentación tiene una historia en la que se reconoce una serie de transformaciones. Si se retoman los aportes de los filósofos griegos se advierte que para ellos la argumentación era razonar y llevar a cabo inferencias, su objetivo era especialmente convencer, modificar las ideas, las actitudes, las decisiones o incidir en el actuar de uno o varios interlocutores. Este tipo de argumentación fue desarrollada por los filósofos griegos en diversos escenarios donde se refinaron las artes de componer, manejar la ironía, inventar y argumentar en el desarrollo de sus discursos políticos. Estas acciones generaron gran admiración entre sus contemporáneos y pares; también ha sido una importante fuente de consulta para intelectuales, especialmente los clásicos modernos, quienes se han ocupado de sus cartas y tratados.

Esta forma clásica de entender la argumentación se extendió desde Aristóteles hasta finales del siglo XIX. Según Plantin (2012), forma parte de la lógica o "arte de pensar correctamente", de la retórica o "arte de hablar bien" y de la dialéctica o "arte de dialogar bien" (p.1). En lo anterior se evidencia que la argumentación dependía y estaba inmersa en esos tres campos desarrollados por los diferentes filósofos griegos. En la argumentación retórica se atiende a la invención del argumento, a la expresión y a los conceptos esenciales como los *topoï*, es decir, ordenar argumentos y comunicarlos en los diferentes discursos sociales y políticos.

Aunque Aristóteles fue el primero en realizar un estudio organizado de la retórica, fue Marcus Fabius Quintilianus quien tuvo gran influencia en este campo, especialmente en lo concerniente a la retórica durante el resto de la Antigüedad y buena parte de la Edad Media. Quintilianus elaboró las llamadas reglas retóricas, pasando a ser un importante representante

de la concepción “técnica”. La argumentación dialéctica es definida como un tipo de diálogo, que obedece a reglas, en el que se oponen dos participantes: el que responde (fr. *répondant*), quien debe defender una aserción dada; y el que pregunta o cuestiona (fr. *questionneur*), quien debe atacarla (Brunschwig, 1967, 29; citado en Plantin, 2012). Esta argumentación aparece en los diálogos de Platón, donde la dialéctica se ve como el esfuerzo por encontrar definiciones, lo cual se logra empleando el método socrático de preguntas y respuestas. Este diálogo es unidireccional: siempre hay un ganador y un perdedor, o sea, es una técnica discursiva con reglas muy bien definidas que se da entre dos personas con intereses comunes: buscar la verdad. Plantin (2012) escribe que, según su antigua definición, la dialéctica y la retórica son las dos artes del discurso; la primera, es un diálogo con reglas claras entre dos participantes y, la segunda, un discurso extenso y continuo.

La retórica, antes del siglo XX, era una disciplina que formaba parte de las cátedras dictadas en las diferentes universidades, pero con el auge del saber positivista y los cambios en los ámbitos político y religioso se la comenzó a deslegitimizar como disciplina científica, excluyéndola de los cursos universitarios y dejando su uso a la Iglesia y al derecho. Al igual que la retórica, la lógica pasó de ser considerada como “arte de pensar” a “arte de calcular”, ya que dejó su principal función rectora y crítica para pasar a formar parte de las matemáticas (Plantin, 2012, p.4).

La argumentación fue tomando autonomía y apartándose de la retórica a partir de 1958, cuando se publicó en Francia el *Traité de l’argumentation*, de Chaïm Perelman y Lucie Olbrechts-Tyteca. En esta obra, “el acento está puesto sobre el término argumentación, lo que constituye una real innovación, y manifiesta claramente el movimiento de revival, renacimiento, emancipación y refundación de los estudios de argumentación después de la Segunda Guerra Mundial” (Plantin, 2012, p.1). Anteriormente, el termino argumentación se

concebía como un componente de los sistemas lógico, retórico y dialéctico, por lo cual no tenía una definición propia. Perelman (1958) rescató de los griegos la retórica y la dialéctica, y él consideraba que no se debe separar la retórica-argumentación de la retórica-ornamentación. Al referenciar Perelman a Descartes, encontró que éste no limita la razón únicamente al ambiente lógico-matemático, retomando la diferenciación aristotélica entre: la lógica como ciencia demostrativa frente a la dialéctica y la retórica, en ambos casos arte de lo posible, es decir, de la argumentación. Perelman buscaba con ello una técnica filosófica en lo posible contraria a las manifestaciones inalterables, concluyentes e incondicionales. Para ello, denominó a su teoría "Neorretórica", basándose en la definición de Aristóteles respecto a los Tópicos. Para Perelman (citado por Plantin, 2012) la argumentación es una operación que "[provoca] o [acrecienta] la adhesión de los espíritus a las tesis que se le presenta a su asentimiento" (p.15).

Por otro lado, en Inglaterra, en el mismo año (1958), Toulmin publicó The Uses of Argument, en donde propone un esquema conocido como el modelo argumentativo de Toulmin, el cual describe la argumentación monologal, que define como una "constelación de enunciados ligados en un sistema, que otorga al discurso una forma de racionalidad" (Plantin, 2012, p.8). Toulmin aporta una visión de la argumentación desde la formalidad y la lógica. Esta alternativa argumentativa ha sido denominada "La argumentación como operación intelectual", pues sitúa la racionalidad en la estructura del esquema. Para este desarrollo, el autor propone un modelo representado a continuación en la gráfica 1.

Este modelo presenta el discurso argumentativo como un conjunto o sistema, formado por varios elementos, que parte de unos *datos* para llegar a una *conclusión* avalada por una *ley de pasaje* o justificación, apoyada por un *respaldo*. Los calificadores modales aportan un comentario implícito de la justificación, pero señalan las circunstancias en las cuales las

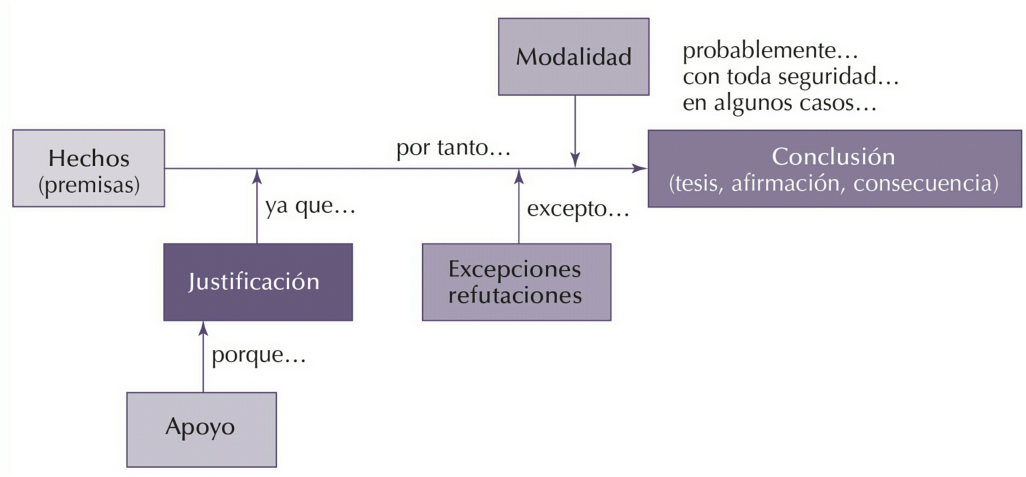


Figura 1. Modelo argumentativo de Toulmin (Buitrago et al., 2013)

justificaciones no son ciertas, es decir, la refutación. Según este modelo, en una argumentación se debe partir de datos obtenidos y fenómenos observados que se justifican en función de razones fundamentadas, lo cual se conoce como conocimiento científico aceptado. En el paso que se da entre los datos y la conclusión es donde ocurre el proceso argumentativo, ya que se desarrollan los distintos argumentos (Pinochet, 2015).

Por su parte, autores como Sanmartí (1977), Sanmartí, et. al., (1999), Izquierdo (2005), citados por Aragón (2007), ponen de manifiesto que el conocimiento del individuo se produce a partir de las complejas y continuas interacciones que se forman entre el pensamiento, el entorno del sujeto y el lenguaje que las influyen. Los estudiantes, cuando ponen de manifiesto sus ideas, deben organizarlas y relacionarlas con su propia estructura mental. Por lo anterior, el desarrollo de las habilidades lingüísticas es indispensable para la adquisición de los conocimientos científicos, que al ubicarlos en la práctica en el discurso científico se hace necesario el desarrollo de varias habilidades cognitivo-lingüísticas, como la descripción, la definición, el resumen, la explicación, la justificación y la argumentación.

La especificidad de la ciencia permite reconocer que en su campo de conocimiento se da la existencia de disputas, las cuales originan la aparición de discursos argumentativos que, como

indican Plantin (2004, 2005) y Osborne (2010), citados por Archila (2012), se consideran situaciones privilegiadas y propias del quehacer científico en las que es necesario potenciar las capacidades de expresión y construcción de puntos de vista, y proporcionar razones que lo respalden. También se hace necesario aprender a escuchar a los demás, para integrar en el discurso propio lo que han dicho otros.

El papel de la argumentación en la ciencia lo resumen Rosalind Driver y sus colegas (2000), quienes sostienen que:

> *La ciencia es una práctica social y el conocimiento científico producto de una comunidad. El nuevo conocimiento no se convierte en conocimiento público de la ciencia, hasta que se haya comprobado a través de las diversas instituciones de la ciencia. Los artículos son revisados por pares antes de ser publicados en revistas. Las reclamaciones en los trabajos publicados son examinadas y criticadas por la comunidad de científicos, a veces los experimentos se repiten, revisadas, y las interpretaciones alternativas se proponen. En este proceso de razonamiento crítico el escrutinio juega un papel central.* (Osborne, 2012, p.296)

Como afirma Milne (2012), la argumentación y la explicación se consideran fundamentales para justificar y evaluar las afirmaciones del conocimiento en la ciencia. Estas habilidades cognitivo-lingüísticas exigen un alto nivel de desarrollo por parte de los estudiantes. Driver y Newton (2000) señalan que la argumentación es el proceso por el que se da una razón a favor o en contra de una proposición o línea de acción; plantean que, la argumentación dialógica o de voz múltiple, tienen lugar cuando se examinan, por un individuo o dentro de un grupo, diferentes perspectivas para llegar a un acuerdo sobre cuáles son las afirmaciones del conocimiento que se aceptan o las líneas de acción que se toman en consideración.

La argumentación tiene un lugar central en la clase de ciencias, ya que se trata de una

actividad que permite la evaluación del conocimiento a través de pruebas disponibles, para crear explicaciones y tomar decisiones justificadas; es decir, se requiere que el estudiante exponga las razones de sus conclusiones y justifique sus ideas. Al argumentar, el conocimiento es sometido a evaluación, la cual se relaciona directamente con la experiencia o experimentación (datos) y con el conocimiento disciplinario (respaldo). Para analizar cómo argumentan los estudiantes y para enseñarles a argumentar se ha utilizado de forma reiterada la propuesta de Toulmin. Especialmente, la relación entre los datos, la conclusión y las justificaciones. Según Osborne, la evidencia en que se basa cualquier conclusión consiste al menos de dos componentes: datos y justificación. Así, la evidencia es un aspecto central en la argumentación, ya que vincula las observaciones (datos) con la teoría (justificación), dando sustento a las conclusiones (Adúriz et al., 2011). La validez de un argumento puede clasificarse en niveles de calidad los cuales son (Tamayo et al., 2014):

- ➢ Nivel 1: Comprende los argumentos que son una descripción simple de la vivencia (Kintish y Van Dijk). Utiliza en su ejercicio verbos como: observé, toqué, froté, sentí; pero solo se limita a explicar lo que ocurrió en la realización de los experimentos. El estudiante se enfoca solo en describir los datos de lo que ocurrió en la actividad.

- ➢ Nivel 2a: Comprende argumentos en los que se identificaron claridad de los datos (*data*) y una conclusión versus otra conclusión. Este argumento no incluye justificación.

- ➢ Nivel 2b: Comprende argumentos en los que se identificaron claridad de los datos (*data*) y dos o más conclusiones. Este argumento no incluye justificación.

- ➢ Nivel 3a: Son argumentos constituidos por datos, con conclusiones y una justificación (*warrant*), y sin cualificador o modalizador.

- ➢ Nivel 3b: Son argumentos constituidos por datos, con conclusiones y dos o más

justificaciones (*warrant*), y sin cualificador o modalizador.

- ➢ Nivel 4: Comprende argumentos constituidos por datos, conclusiones, justificaciones (*warrants*) haciendo uso de cualificadores (*qualifiers*) o respaldo teórico (*backing*), y sin contra-argumento.

- ➢ Nivel 5: Comprende argumentos con una conclusión y un claro contraargumento (*rebuttal*). Igual, un argumento puede tener varias conclusiones y justificaciones.

- ➢ Nivel 6: Comprende argumentos completos con más de un contraargumento (*rebuttal*).

La argumentación en ciencias se suele entender por distintos autores como un asunto de elegir algún modelo o teoría, entre modelos y teorías, para explicar un fenómeno del contexto (Giere, 1992; Duschl y Gitomer, 1997 citados por Tamayo et al., 2014). Esa elección entre los diferentes modelos y teorías podrían venir de las diferentes interpretaciones de los datos debido a las diferentes interpretaciones particulares de las comunidades científicas, sus avances tecnológicos y a los cambios en los objetivos de las ciencias. En el aula de clase este proceso se evidenciaría en las prácticas discursivas de los estudiantes en las que se articulan componentes de la estructura de la argumentación, de los conceptos científicos y de la práctica discursiva, cuya puesta en escena permitiría conocer las características de los modelos argumentativos, y a partir de allí, diseñar procesos didácticos que contribuyan a la transformación de dichos modelos(Tamayo et al., 2014).

3.2 Modelos explicativos

En la actualidad el estudio de las representaciones es muy relevante en la didáctica de las ciencias. Estos estudios profundizan en los diferentes tipos de interacciones que se dan entre las representaciones de los estudiantes así como las de los profesores. Es de importante

centrarse en las representaciones mentales que tienen los estudiantes para identificar los obstáculos de aprendizaje de los conceptos de ciencias (Orrego et al., 2016).

La ciencia genera modelos teóricos para explicar los hechos o fenómenos a través de procesos de modelización. La modelización exige ajustar lo imaginado con lo observado por medio de representaciones que posibiliten compartirlas y hablar de ellas, con los demás y con uno mismo; lo que implica procesos autorregulados, tanto metacognitivos como meta-afectivos. Adoptar esta perspectiva permite modificar la visión docente sobre los "errores" de nuestros alumnos en el aprendizaje de la ciencia escolar. También permite revisar la visión sobre la evaluación como condición del aprendizaje.

A menudo se tiende a creer que el cambio conceptual se produce como consecuencia de un proceso racional, fruto de reconocer que las nuevas ideas son más coherentes y fructíferas que las anteriores. Pero, en general, los estudiantes (y los adultos) tienden a reafirmar sus ideas, encontrando todo tipo de justificaciones para validarlas. Por ejemplo, en cualquier parte del mundo los estudiantes creen que en verano el Sol está más cerca de la Tierra que en invierno, y cuando se intenta crear un "conflicto cognitivo", a partir de enfrentarlos al hecho de que México y Argentina están a la misma distancia del Sol por estar en el mismo planeta y, en cambio, en un país es verano y en el otro invierno, tienden a buscar explicaciones alternas que no pongan en duda su idea inicial. Dicen: Argentina, "al estar abajo, está más lejos del Sol o los rayos no le llegan bien". Esta concepción tan persistente seguramente tiene su origen en su larga experiencia de comprobar que cuando se acercan a un foco que emite energía en forma de calor aumenta su sensación de "calor" y, por lo tanto, creen que es imposible que en México estemos más lejos del Sol en verano que en invierno (Adúriz et al., 2011).

El cambio en este tipo de ideas no es fácil de asimilar. Una hipótesis de trabajo es que seguramente no tiene sentido promover el cambio de una idea específica, sino que el reto es

ayudar a construir un buen modelo teórico del Sistema Solar, general y abstracto –en tres dimensiones–, en cuyo marco tenga sentido plantearse este tipo de problemas y otros.

La actividad científica (Adúriz e Izquierdo, 2009 citados por Adúriz et al., 2011) se caracteriza por la interacción entre el pensar (alrededor de modelos teóricos, generales y abstractos), el hacer (experimentando o simulando para poner a prueba los modelos teóricos) y el hablar (argumentando la coherencia entre los modelos y los hechos en reuniones, congresos y por medio de escritos). Las distintas interacciones tienen lugar en un determinado contexto socio-histórico-emocional que las condiciona, y posibilitan la evolución de los modelos teóricos iniciales (cómo se abstraen, la manera de mirar y ver hechos que explican, y del lenguaje utilizado para hablar de ellos). Cabe recordar que, tal como demuestra la historia de la ciencia, una nueva idea no se universaliza sólo por el hecho de ser más coherente con las pruebas que la confirman o de explicar más racionalmente algún hecho, sino que depende también de factores sociales, como son el prestigio de quien la emite, su capacidad de darla a conocer en el momento y lugar apropiado y, los intereses económicos que suscita, entre otros.

En consecuencia, es razonable la hipótesis de que la actividad científica escolar orientada al aprendizaje debería guardar un cierto grado de similitud con la actividad científica. Esta actividad tendría que promover que los alumnos piensen acerca de los modelos teóricos que generan para explicar los fenómenos, y los contrasten con los datos obtenidos a partir de la observación experimental o de la simulación -utilizando maquetas, modelos mecánicos, simulaciones por computadora u otros tipos de representaciones-, y con los argumentos que aportan los compañeros, el profesorado, lecturas, videos, con el objetivo de que dichos modelos sean cada vez más complejos y expliquen fenómenos distintos. Todo ello sin olvidar que en la construcción del conocimiento también es importante el prestigio del maestro, su retórica, las características personales de la compañera o el compañero que propone la idea o

plantea la objeción, la capacidad de superar las emociones que genera el hecho de percibir que las ideas propias no son idóneas, entre otros aspectos.

Desde este punto de vista, no es de extrañar que a partir de la didáctica de las ciencias más que hablar de cambio conceptual, actualmente se hable de construcción de modelos y de modelización, como monográficos de *Internacional Journal of Science Education (2000)* y de *Science & Education (2007)*; Gilbert y Boulter (2002); Izquierdo (2004); Pujol (2004); Justi (2006), entre muchos otros. Se considera que la construcción del conocimiento científico es consecuencia de realizar una actividad de modelización en donde las ideas, la experimentación y la discusión se entrecruzan para promover la autorregulación metacognitiva de las representaciones iniciales sobre los fenómenos y, por lo tanto, su evolución hacia modelos cada vez más complejos (Giere y Duschl, 1992; Gitomer, 1997) (Acher, Sanmartí y Arcá, 2007, citados por Adúriz et al., 2011). A partir del estudio de situaciones transformadas a problemas para los alumnos, éstos expresan sus ideas y el profesorado les ayuda a ponerlas en juego, promoviendo la experimentación y la discusión sobre aspectos que a su juicio son relevantes en relación con el modelo o la teoría científica de referencia.

Es decir, se trata de integrar el constructivismo psicológico y el epistemológico (Méheut y Psillos, 2004 citados por Adúriz et al., 2011) tomando en cuenta que el rol de profesor –su estrategia de enseñanza– es clave. En esta línea, las ideas alternativas del alumnado se analizan no tanto desde el punto de vista de errores que hay que cambiar, sino de su potencialidad para comprender la lógica de los estudiantes y deducir posibles anclajes que posibiliten la evolución de sus modelos teóricos hacia otros más congruentes con los de la ciencia actual (Stavy, 1991; Merino y Sanmartí, 2007 citados por Adúriz et al., 2011).

Por ejemplo, a partir de manipular materiales y observar los cambios, los alumnos generan ideas potentes para explicarlos y las relacionan con imaginar la materia formada por muchas

"partes", que están más o menos fuertemente unidas en función de que el material se pueda romper casi con facilidad, que están más o menos ordenadas según se formen cristales o no, y que algo de estas partes se conserva en los cambios. Esta red de ideas de partida es utilizada y puesta a prueba en la interpretación de nuevos hechos, situación que exigirá revisar los modelos iniciales, sus representaciones y la manera de hablar sobre ellos, en un proceso de modelización. Junto con estas ideas los alumnos expresan otras –confieren a las partículas propiedades macroscópicas, sustancializan o materializan las propiedades– que, a medida que avanza el proceso a lo largo de los años de escolarización, los estudiantes dejan de manifestar, porque no son útiles para explicar los nuevos hechos observados o las combinan haciendo un modelo constituyente de otro modelo (Greca y Rodriguez, 2002).

La palabra modelo es polisémica, por lo que desde la ciencia y su didáctica se ha utilizado históricamente con distintos puntos de vista (Gallego, 2004; Adúriz e Izquierdo, 2009, citados por Adúriz et al., 2011). Una definición de modelo es que lo concibe como un "cuadro conceptual explícito, estructurado por relaciones internas y 'calculable', construido en relación con una o más situaciones-problema para poder progresar en sus soluciones" (Joshua y Dupin, 1993:327, citados por Adúriz et al., 2011). Conviene diferenciar entre el modelo teórico –cuadro conceptual estructurado relacionado con hechos– y su modelo-representación, aunque ambos puntos de vista están íntimamente relacionados, ya que un modelo teórico se conoce a partir de cómo se representa, sea un dibujo, una maqueta, un hecho ejemplar, una narración, una expresión matemática, etc. Se podría, por lo tanto, completar la afirmación de Gilbert y Boulter (2002), de esta manera: "el valor de los modelos [representaciones] radica en hacer visible los aspectos complejos o abstractos de aquello que se esté representando [modelos teóricos]".

Los modelos, como fuertes depositarios de analogías y metáforas, sirven para conocer algo de

lo nuevo a partir de lo ya conocido, para unir dos realidades que eran extrañas. Pensar a través de modelos posibilita establecer relaciones entre “lo real” y “lo construido”, y desarrollar una visión multicausal a partir de considerar más de una variable al mismo tiempo, todo ello con la finalidad de predecir y explicar. Los modelos son las entidades principales del conocimiento científico escolar, siempre y cuando conecten con fenómenos y permitan pensar sobre ellos para poder actuar (Izquierdo, 1999).

El carácter funcional de los modelos mentales está evidenciado en su capacidad de predecir eventos, así como también en el entenderlos y explicarlos mientras en interactúan con éstos. Los modelos mentales de las personas evidencian también sus creencias sobre el fenómeno en cuestión, por tanto son dinámicos, inclompletos, inespecíficos, pasimoniosos y en contínua evolución dependiendo de la interacción con el contexto. El uso de estos modelos con fines educativos constituye una estrategia para la cualificación de la enseñanza de las ciencias, la cual podría potenciarse a través de la identificación de los obstáculos de aprendizaje como puente entre los modelos mentales de los estudiantes y las actividades de enseñanza(Orrego et al., 2016).

3.3 Movimiento de los cuerpos

Debido a que no se ha encontrado una referencia que defina los modelos explicativos que pueden tener los estudiantes en el tema del movimiento de los cuerpos (cinemática), resulta necesario referir a la dimensión epistemológica-histórica del mismo para contar con una base de construcción de sus subcategorías y descriptores; la cual se escribe a continuación.

El fenómeno del movimiento de los cuerpos ha sido objeto de estudio desde la antigüedad. El primero que lo estudió de manera sistematica fue Aristóteles (384-322 a.c.). La filosofía aristotelica, dada su gran generalidad y su aspecto globalizador, dominó hasta los últimos años

de la Edad Media, estableciendo el marco conceptual general dentro del cual se realizaban los estudios de la naturaleza (Alvarez, 2012).

Según Fouse (2001), la primera explicación del cambio que nos ofrece Aristóteles está basada en su concepción de la sustancia, en el hilemorfismo. Recordemos que, según esta teoría, la sustancia está compuesta de materia y forma, y que la forma representa la esencia, aquello que la cosa es, lo que la define. Nombramos a las sustancias por su forma, por su esencia. Pues bien, para que tenga lugar el cambio ha de haber algo que permanezca y algo que se produzca. Ha de haber, pues, un sustrato del cambio, lo que permanece, lo que sufre el cambio. Y ha de haber algo que cambie, algo que se pierda y algo que se adquiera. El sustrato es el sujeto del cambio, y el cambio consiste en la adquisición por el sustrato de una forma de la que inicialmente estaba privado. Por lo tanto, los principios del cambio son tres: el sustrato (hipokéimenon), la forma (morphé) y la privación (stéresis) de la forma que se adquiere. Cuando un árbol florece el sustrato del cambio es el árbol, que permanece, pero que pierde la forma en que estaba (sin flores) y adquiere una nueva forma de la que estaba privado (florido). Lo que ocurre en el cambio, pues, es que el sustrato pierde la forma que poseía y adquiere una nueva forma de la que estaba privado. No se da, pues, según Aristóteles, la contradicción que suponía Parménides, ya que el cambio no supone el paso del no ser al ser (no-P se convierte en P), sino más bien la adquisición de una propiedad que el sujeto no poseía (S que no tiene P se convierte en S que tiene P), en donde no hay paso del no ser al ser, sino permanencia del sujeto, y sin embargo modificación. Para aclarar las cosas Aristóteles nos pone un ejemplo, el del hombre analfabeto que pasa a ser hombre alfabetizado: el sustrato es el hombre, el ser analfabeto es la forma de ese hombre (que al mismo tiempo implica la privación de la forma alfabetizado), y la forma que se adquiere en el cambio es la de alfabetizado, de la que anteriormente estaba privado.

La segunda forma de explicación del cambio se basa en la distinción entre ser en potencia y ser en acto. Al igual que nos explica en la Metafísica, el ser en acto (enérgeia) remite a lo que una sustancia es ahora, y el ser en potencia (dynamis) a una cierta capacidad de ser, relativa a la naturaleza de la sustancia, es decir, a la posibilidad de ser algo que por naturaleza es propio de esa sustancia y no de otra (con lo que Aristóteles quiere insistir en que no toda cosa puede llegar a ser cualquier otra). Un niño puede llegar a ser un hombre, un bloque de mármol puede llegar a ser una estatua, pero ninguno de los dos puede llegar a ser un león. En ese sentido, el niño es un hombre en potencia; el bloque de mármol es una estatua en potencia; pero de ninguno de los dos se puede decir que sea un león en potencia.

Aristóteles distingue diversos tipos de cambio, según afecte a la sustancia o a los accidentes, o según sea producido de forma natural o artificial. El cambio puede ser producido espontáneamente por la sustancia, y en ese caso hablamos de cambio natural; o puede ser producido artificial o violentamente, a causa de la intervención de un agente externo a la sustancia misma, el hombre por ejemplo, y en este caso hablamos de cambio artificial.

El cambio sustancial supone la modificación radical de una sustancia, es decir, que algo deje de ser lo que era y pase a ser otra cosa: que una sustancia se "convierta" en otra. Las dos formas propias de este tipo de cambio son la generación y la corrupción. La generación supone el nacimiento, o el surgimiento de una nueva sustancia; la corrupción supone la muerte o la desaparición, la destrucción de una sustancia. La germinación de una semilla y el paso de ser semilla a ser planta supone un cambio sustancial: la semilla desaparece, deja de ser semilla, y surge la planta.

El cambio accidental supone, por el contrario, la modificación de algún accidente de la sustancia, la pérdida o la adquisición de una característica, es decir, la sustitución de una forma accidental por otra. Este tipo de cambio puede ser local, cuantitativo, o cualitativo. El

cambio local supone la traslación de la sustancia de un lugar a otro; esto puede producirse de una forma natural, como ocurre con el movimiento de las aguas de un río, o de una forma artificial, si modo de lugar la mesa en que trabajo, por ejemplo. El cambio cuantitativo consiste en el aumento o de la disminución de la cantidad en una sustancia: el aumento o la disminución del peso de un individuo es un ejemplo típico de cambio cuantitativo. El cambio cualitativo supone la sustitución de una cualidad por otra que una sustancia; una fruta que madura y cambia de color experimenta un cambio cualitativo, por ejemplo; una mesa que es pintada de un color diferente también experimenta un cambio cualitativo. Todas las formas de cambio accidental pueden, a su vez, ser un tipo de cambio natural o artificial (Fouse, 2001). Sin embargo, hay que tomar en consideracion que la física aristotelica es una física no matematizable y que los conceptos que aparecen en ella se refieren a cualidades (Alvarez, 2012).

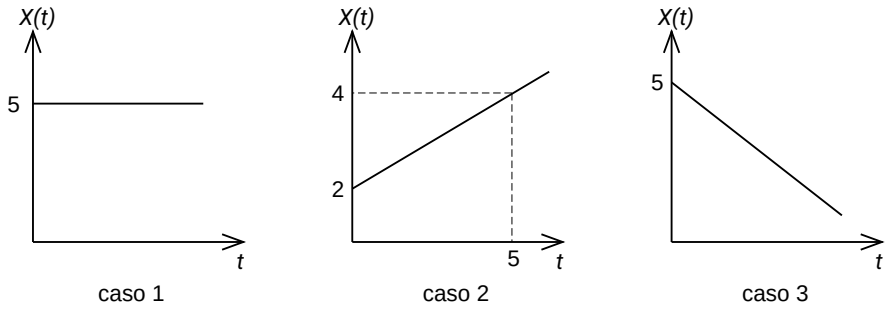


Figura 2. Descripción del movimiento de los cuerpos utilizando el plano cartesiano. *Caso 1*: describe el reposo; *Caso 2*: describe un movimiento alejándose del sistema de referencia y *Caso 3*: describe un movimiento acercándose al sistema de referencia.

La aparición del uso de ejes para la descripción de variables se remonta a la época de Apolonio de Perga, el cual introdujo un eje de referencia para la graficación de las secciones cónicas. Otro episodio del uso de ejes, es el bien conocido astrónomo, matemático y geógrafo Eratóstenes de Cirene quien utilizó un arco del meridiano como eje de referencia para carlcular la circunferencia terrestre. Sería Nicolas de Oresme quien buscando la manera de

relacionar los cambios de velocidad o calor respecto al tiempo desarrolla un plano usando dos coordenadas rectangulares, generando una relación entre la latitud, hoy conocida como el eje de las ordenadas (en la cual se representaba la velocidad) y la longitud, conocida actualmente bajo el nombre de abscisas (en el cual se representaba el tiempo). El uso que le dio Oresme a las coordenadas en ejes es significativo porque son éstas las que permiten representar gráficamente una cantidad o cualidad. Sería Sir Isaac Newton quien haciendo uso de las teorías que Rene Descartes utilizó para solucionar el problema de Pappus, diera en 1976 una clasificación –en los cuatro cuadrantes– de las curvas de tercer orden (Sánchez, 2017), lo que permitió utilizar el plano cartesiano en contextos muy diversos, incluyendo la descripción del movimiento de los cuerpos (Figura 2)

La observación del cosmos permitió recordar que algunos fenómenos se habían excluido del marco explicativo de las cosas, el movimiento retrógrado de Marte, los eclipses, las fases de Venus descubiertas en 1610 por Galileo, las fases de Mercurio que si bien Galileo no llegó a confirmarlas por la imprecisión de sus instrumentos, los satélites de Júpiter, y la observación de las manchas solares, que para la escuela peripatética se consideraba que no existían, debido a que no existe corrupción ni generación en la bóveda celeste, por tanto las manchas no podían ser sino engaños de los cristales o falsas apariencias. Teniendo en cuenta lo anterior, fue complejo explicar estos hechos desde la perspectiva en la que se fundamentaban, por tanto ello implicaría observar desde otro punto de vista en el que se concibe en movimiento la tierra, lo único que para ellos era inmóvil. Indiscutiblemente, Galileo se propuso romper estos esquemas y presentar una nueva ciencia donde se aleja de la observación como el confuso ver inicial, y considera la experimentación en representación de la realidad, la cual le permite decir que las cosas no están dadas, sino que los comportamientos de la naturaleza pueden ser explicados a través de diversos razonamientos, entre ellos el del formalismo semiótico

matemático, el cual sería definido posteriormente por Sir Isaac Newton.

Una de las herramientas que se utilizan en la relación de variables al observar un fenómeno es el plano cartesiano. Éste permite visualizar gráficamente dicha relación y desde ahí aproximarla a una expresión algebraica. La construcción de un modelo con este proceso tendría una naturaleza hipotético - predictiva (Lawson, 2003) y las predicciones realizadas con este modelo son las que se someten a la falsabilidad (Popper, 1999). El tiempo es una de las variables respecto a las cuales se realiza este modelamiento físico-matemático.

La construcción de gráficas nos proporciona un conjunto de objetos geométricos relacionados entre sí analíticamente y cada elemento sobre la gráfica tiene un par expresado a través del lenguaje algebraico, un punto, una recta o una curva. De hecho, la graficación se desarrolla como la interacción de dos estructuras de mutua dependencia, el fondo y la forma o figura-fondo y figura-forma. La graficación, a diferencia de la figura geométrica, está vinculada necesariamente a un sistema de referencia que es aquel que sugiere los ejes coordenados además, la gráfica en sí está determinada por la ecuación, se conozca o no. La graficación es una tarea que puede ser propuesta a través de un procedimiento que requiere de la distinción de dos entradas en la pareja y de dos orientaciones en la gráfica: la primera entrada es para el eje horizontal y la segunda para el vertical y una vez elegidas las opciones correspondientes sólo resta contabilizar los valores sobre el eje respectivo, este procedimiento es la base del proceso de *punteo* (Figura 3) (Acuña, 2001).

La manera en la que estudiantes de distintos niveles de escolaridad representan el movimiento de objetos, tanto por medio de gráficas cartesianas como a través de dibujos, ha sido una labor que varios investigadores han realizado en educación matemática (Clement, 1989; DiSessa, Hammer, Sherin y Kolpakowski, 1991; Ne- mirovsky, 1994; Nemirovsky, Tierney y Wright, 1998; Sherin, 2000; Doorman, 2005). De las investigaciones de DiSessa et al. (1991), Sherin

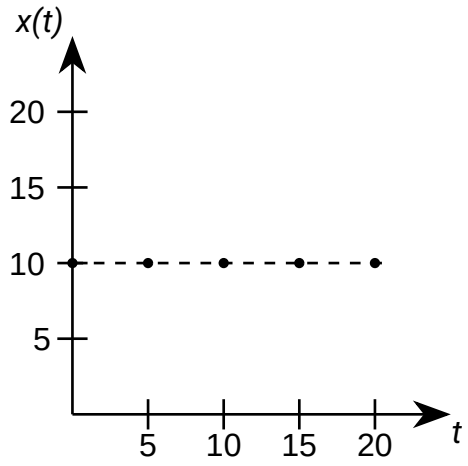


Figura 3. Proceso de graficación utilizando el método de punteo.

(2000), Nemirovsky (1994) y Nemirovsky et al. (1998), se puede inferir que, para el estudiante novicio, el estudio de fenómenos relacionados con el movimiento no es una tarea fácil de llevar a cabo. De estos estudios se desprende que la utilización de gráficas cartesianas y fórmulas algebraicas en la investigación del movimiento requiere la comprensión del funcionamiento de una forma cultural de descripción gráfico-visual que subraya tanto aspectos cualitativos como cuantitativos del movimiento a través de una semiótica compleja que está lejos de ser transparente para el alumno (Miranda et al., 2007).

4. Metodología

4.1 Enfoque

El enfoque de esta investigación es de tipo cualitativo (descriptivo), es decir se enfoca en describir los fenómenos, explorándolos desde la perspectiva de los participantes desde un ambiente natural y en relación con su contexto (Sampieri, 2014). En ese sentido se intenta caracterizar el objeto de estudio en una situación concreta que en este caso es describir los niveles de argumentación y su relación con los modelos explicativos que tienen los estudiantes de grado décimo de la I.E.T.A. Santa Cecilia respecto a la descripción del movimiento de los cuerpos en función del tiempo.

4.2 Contexto

Santa Cecilia es un corregimiento, clasificado como de difícil acceso, que pertenece al municipio de San Lorenzo en el departamento de Nariño. Es una comunidad rural, la cual dedica su vida a actividades de agricultura y ganadería las cuales se realizan a nivel familiar en pequeña escala con el propósito de lograr la subsistencia, para el autoconsumo y generar excedentes para la comercialización en el mercado de la localidad, en el departamento de Nariño y el interior del país en algunos casos. Los principales productos de cultivo son el café y la caña de azúcar. El municipio de San Lorenzo se encuentra ubicado en la región Andina (Cordillera Centro Oriental, ramal del Nudo de los Pastos), corresponde a la Cuenca Alta del Río Patía, bañado por los ríos Mayo y Juanambú (sub-cuencas Mayo–Juanambú), que se constituyen en el depósito final de las aguas de las quebradas tributarias, consideradas de importancia para el municipio, por sus caudales, recorrido y que además identifican las

micro-cuencas de la región y los escurrimientos directos.

4.3 Unidad de trabajo

La unidad de trabajo de esta investigación son 6 estudiantes que pertenecen al grado décimo de la Institución Educativa Técnica Agropecuaria Santa Cecilia. La muestra de estudiantes se decidió según el criterio de *muestra de casos tipo* ya que interesa la riqueza, profunidad y calidad de la información, no se pretende generalizar ni cuantificar los resultados obtenidos (Sampieri, 2014).

El grupo de estudiantes seleccionados tienen edades que están en el rango de los 14 a 16 años y está conformado por tres chicos y tres chicas.

4.4 Unidad de análisis

La unidad de análisis de este trabajo de investigación son las prácticas de aula realizadas con la muestra de estudiantes definida en el apartado anterior en relación al proceso de enseñanza del tema de Cinemática.

Para las actividades se organizó a los estudiantes en filas y columnas, distribuyendo bien el espacio entre ellos. Se les explicó que el taller que se iba a realizar no tendría una valoración cuantitativa en la calicación de Física; además se les aclaró que las respuestas a las preguntas serían valoradas como correctas ya que se pretendía obtener información respecto a qué ideas (previas y su respectiva evolución conceptual) tenían con el tema de la descripción del movimiento de los cuerpos respecto al tiempo así como también el nivel de argumentación. El taller se aplicó a todo el grupo. Se contabilizaron 50 minutos hasta que los estudiantes contestaran el taller. La información de cada uno de ellos se digitalizó y se organizó según los descriptores en los niveles de argumentación y en los modelos explicativos propuestos. Para

identificar a los estudiantes se utiliza la primera letra de su nombre.

Las categorías de análisis definidas son las siguientes:

Pregunta	Objetivos	Categorias	SubCategorias	Descriptores
¿Cuáles son las relaciones entre los niveles de argumentación y los modelos explicativos que tienen los estudiantes de grado décimo respecto a la descripción del movimiento de los cuerpos en función del tiempo?	Identificar los niveles de argumentación que presentan los estudiantes al describir el movimiento de los cuerpos en función del tiempo.	Niveles de argumentación (Van Dijk, Kintsch, Claim citados por Tamayo, 2014)	Nivel 1	Comprende los argumentos que son una descripción simple de la vivencia.
			Nivel 2	Comprende argumentos en los que se identificaron claridad de los datos (data) y conclusión.
			Nivel 3	Son argumentos constituidos por datos, con conclusiones y una justificación (warrant), y sin cualificador o modalizador.
			Nivel 4	Comprende argumentos constituidos por datos, conclusiones, justificaciones (warrants) haciendo uso de cualificadores (qualifiers) o respaldo teórico
			Nivel 5	Comprende argumentos con conclusión y un contraargumento (rebuttal).
			Nivel 6	Comprende argumentos completos con más de un contraargumento (rebuttal).
	Caracterizar los modelos explicativos que presentan los estudiantes respecto al movimiento de los cuerpos en función del tiempo.	Modelos explicativos (Propuesta propia apriorística según lo epistemológico del concepto)	Gráfico Objeto	La forma es aquello en virtud de lo cual algo se determina estructuralmente en lo que es, es el principio de determinación de la materia (Hilemorfismo Aristotelico).
			Gráfico Trayectorial	Es aquel que no afecta a la sustancia, sino a sus accidentes. Locativo: es el cambio de lugar o de traslación. (Locativo Aristotelico)
			Gráfico Funcional	Movimiento traslacional referenciado a un sistema coordenado (espacio vs. tiempo). Galileo-Newtoniano

Figura 4. Categorías, sub-categorías y descriptores correspondientes a los objetivos específicos de este proyecto de investigación.

4.5 Instrumentos y fuentes de información

Como fuentes de información se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Documento de Ideas Previas. Documento escrito (Anexo 1) con cinco preguntas abiertas. Dos preguntas se enfocan en obtener información gráfica de los modelos explicativos de los estudiantes y las otras tres preguntas se enfocan en obtener información escrita de los niveles de argumentación en la categoría *Gráfico funcional* de los modelos explicativos.

- Material Auditivo. Grabación de un encuentro (sesión de grupo) con los estudiantes de grado décimo en donde se trataron los temas de descripción del movimiento de los cuerpos en situaciones especiales y la estructura argumentativa de Toulmin.

- ➢ Documento de Pos Test. Dos documentos escritos (Anexo 2 y Anexo 3) en los cuales se obtiene información del modelo explicativo utilizado y los niveles de argumentación.

4.6 Plan de análisis

El plan de análisis a seguir se resume en la figura 5. Los pasos generales para el proceso de investigación son los siguientes:

1. Aplicación de los cuestionarios o actividades.
2. Transcripción de la información obtenida de la aplicación de los cuestionarios o actividades.
3. Categorización de la información respecto a los descriptores definidos en cada una de las categorías de investigación.
4. Clasificación de la información obtenida en las matrices según los niveles en los modelos explicativos y los niveles de argumentación.
5. Contrastación de la información con el referente teórico de los niveles en los modelos explicativos y los niveles de argumentación.
6. Conclusiones en razón a los objetivos específicos y general planteados.

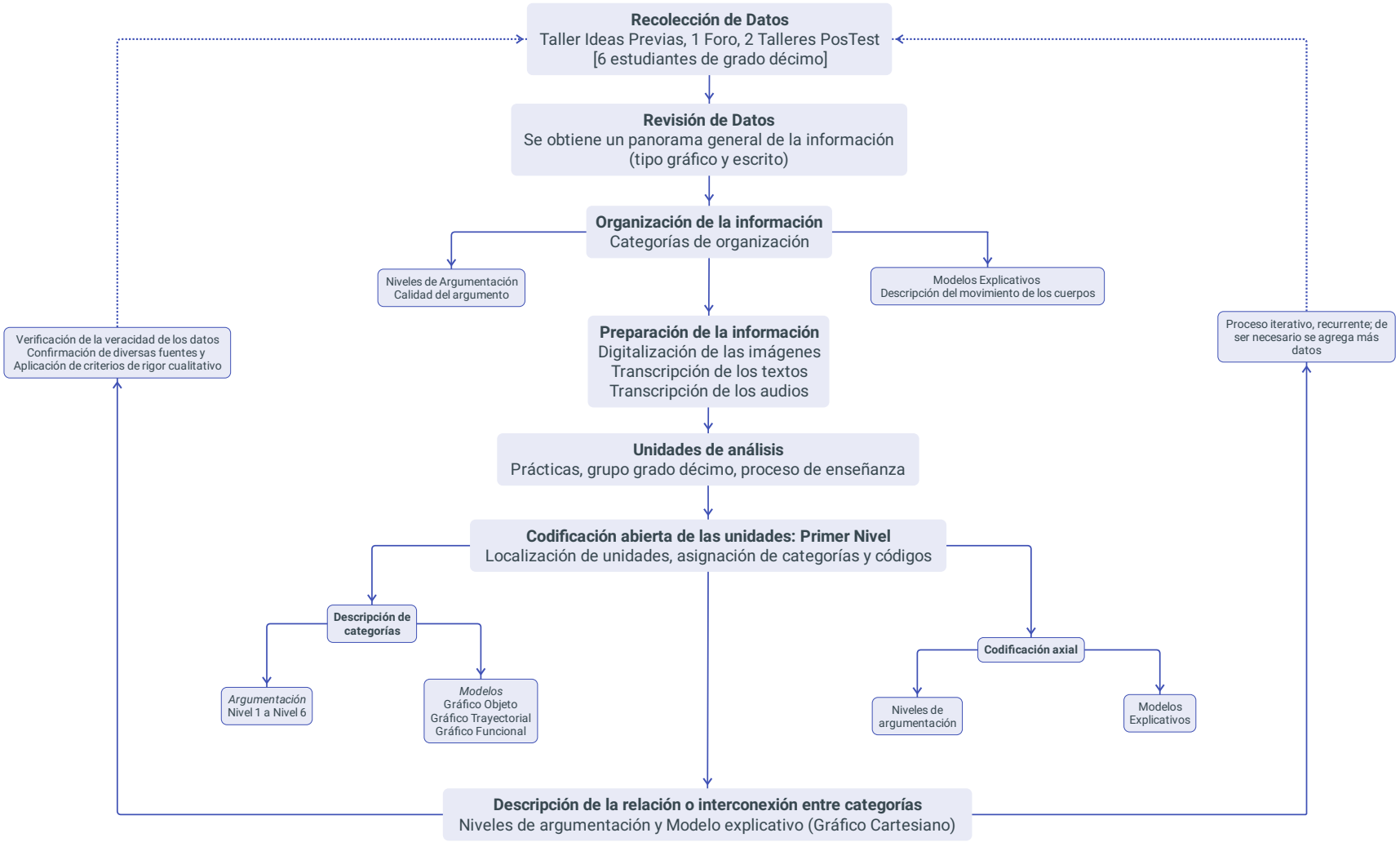


Figura 5. Diseño metodológico

4.7 Abordaje de la investigación

Se aplica el instrumento de ideas previas el cual fue elaborado teniendo en cuenta las tres subcategorías definidas para la descripción del movimiento de los cuerpos (Tabla 1) y los niveles de argumentación (Tamayo et al., 2014).

Subcategorias definidas para la Descripción del Movimiento de los Cuerpos en función del tiempo	
Gráfico Objeto	La forma es aquello en virtud de lo cual se determina estructuralmente en lo que es, es el principio de determinación de la materia (Hilemorfismo Aristotélico)
Gráfico Trayectorial	Es aquel que no afecta a la sustancia, sino a sus accidentes. Locativo: es el cambio de lugar o de traslación. (Locativo Aristotélico).
Gráfico Funcional	Movimiento traslacional referenciado a un sistema coordenado (espacio vs. tiempo). Galileo - Newtoniano.

Tabla 1. Categorías definidas para la descripción del movimiento de los cuerpos en función del tiempo.

Las subcategorías de la descripción del movimiento de los cuerpos fueron diseñadas luego de una revisión histórico-epistemológica de la construcción del concepto debido a que no se encontraron referencias teóricas de una categorización específica. Se tienen en cuenta los casos de *reposo* y *movimiento* para las dos primeras preguntas, respectivamente (Figura 6).

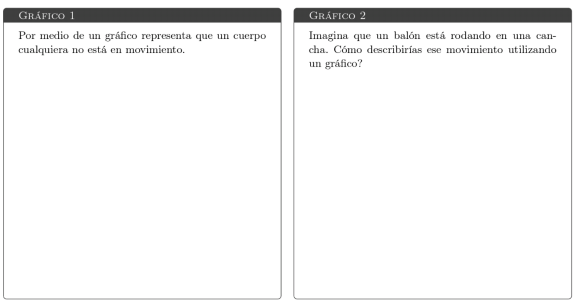


Figura 6. Preguntas asociadas a las categorías Gráfico Objeto y Gráfico Trayectorial. Se trataron los casos de reposo y movimiento por separado.

Para la categoría de niveles de argumentación se tiene en cuenta que, para su análisis, se debe enfocar una sola subcategoría de la descripción del movimiento de los cuerpos, por ello se selecciona *Gráfico funcional* como subcategoría de análisis (Figura 7) teniendo en cuenta los casos de reposo y movimiento.

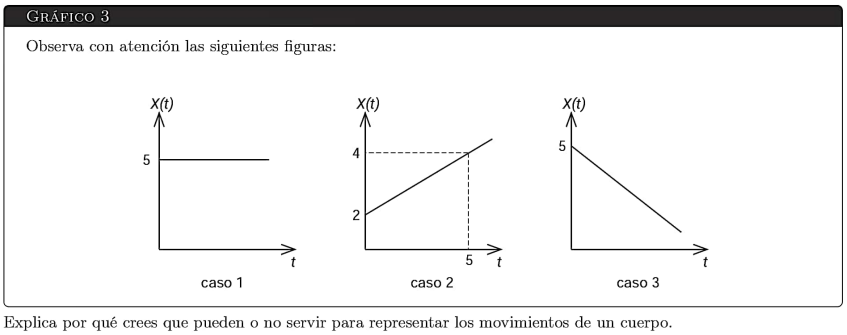


Figura 7. Pregunta que indaga los niveles de argumentación en la subcategoría *Gráfico funcional*.

Se observan las repeticiones, similitudes y diferencias en los datos obtenidos. Se codifican las subcategorías correspondientes a la categoría de los modelos explicativos en la descripción del movimiento de los cuerpos respecto al tiempo de la siguiente manera:

CATEGORÍA O SUBCATEGORÍA	CODIFICACIÓN
Categoría Modelos Explicativos	CME
Categoría Nivel de Argumentación	CNA
Subcategoría Gráfico Objeto	SGO
Subcategoría Gráfico Trayectorial	SGT
Subcategoría Gráfico Funcional	SGF

Tabla 2. Codificación de categorías y subcategorías de los datos obtenidos.

La información obtenida de los niveles de argumentación se organiza en esquemas teniendo en cuenta la estructura argumentativa de Toulmin y se identifica el nivel de argumentación. Se realiza una intervención de aula con el objetivo de promover la evolución del modelo explicativo que tienen los estudiantes en la temática, además se socializa el modelo argumentativo de Toulmin. Se aplica un cuestionario Pos Test similar al taller de Ideas Previas

(Anexo 2), se realiza un foro con el fin de solucionar una situación problémica en la descripción del movimiento de los cuerpos y un taller pos test adicional (Figura 8) con una pregunta similar a la planteada en el foro.

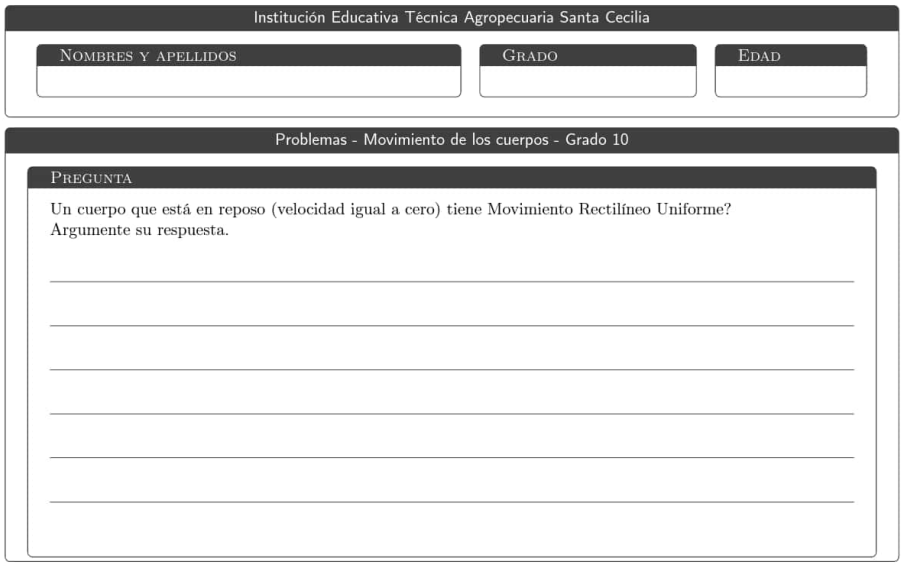


Figura 8. Instrumento Pos Test 2 utilizado.

4.7.1 Codificación de las preguntas Las respuestas de los estudiantes se codifican de la siguiente manera:

$$\underbrace{\text{L}}_{inicial}.\overbrace{\text{P1}}^{pregunta}.\underbrace{\text{IP}}_{Instrumento}$$

en donde la codificación de los instrumentos es la siguiente:

INSTRUMENTO	CODIFICACIÓN
Ideas Previas	IP
Foro	F
Pos Test	PT

Tabla 3. Codificación de los instrumentos aplicados.

La información anterior se analiza y categoriza teniendo en cuenta los criterios de

repeticiones, similitudes y diferencias y se codifica en tablas y esquemas.

Para explicitar las relaciones que existen entre las diferentes categorías de investigación se utiliza una red sistémica (Jorba y Sanmartí, 2014). El tema central es la descripción del movimiento de los cuerpos y se buscan las relaciones entre las categorías correspondientes a los niveles de argumentación y los diferentes modelos explicativos (SGO, SGT y SGF).

5. Resultados y Análisis

5.1 Niveles de argumentación en la descripción del movimiento de los cuerpos

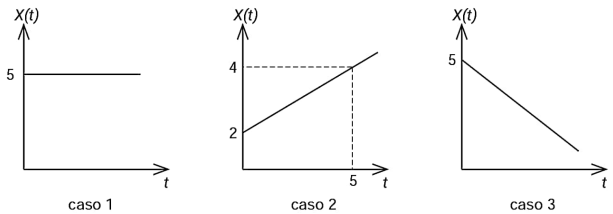
Se describen a continuación los niveles de argumentación de las respuestas de los estudiantes en los diferentes momentos de investigación.

En el instrumento de ideas previas **IP** (Anexo 1) se plantearon tres preguntas (**P3a**,**P3b** y **P3c**) para indagar el nivel argumentativo (C.N.A) que tenían los estudiantes. Se tabularon las respuesta correspondientes al Caso 1 (columna izquierda – **P3a**) y Caso 2 (columna derecha – **P3b**) que describen las condiciones de reposo y movimiento respectivamente.

Los indicadores que se tuvieron en cuenta para identificar el nivel argumentativo son la descripción del fenómeno o los hechos (justificación), que cuente con datos (el gráfico) y que tenga por lo menos una conclusión (afirmación).

GRÁFICO 3

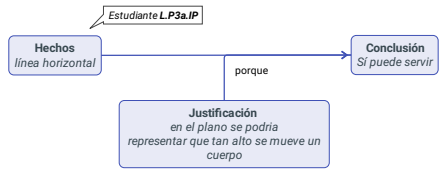
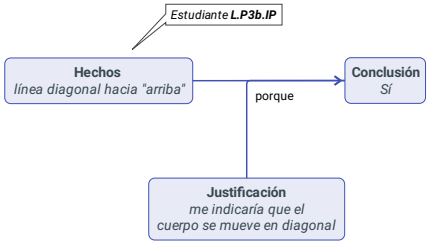
Observa con atención las siguientes figuras:



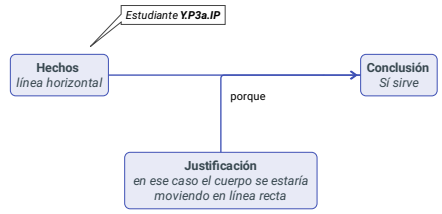
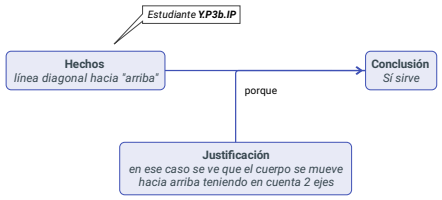
Explica por qué crees que pueden o no servir para representar los movimientos de un cuerpo.

Continúa en la siguiente página

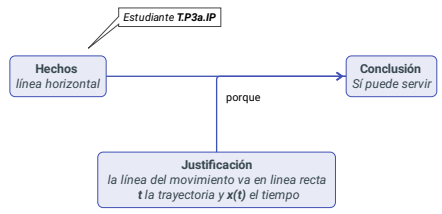
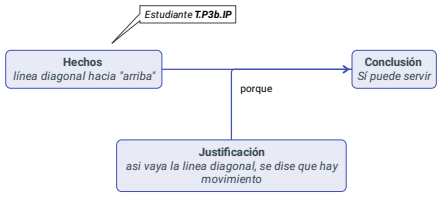
Estudiante L

C.N.A: Nivel 1	C.N.A: Nivel 1
	

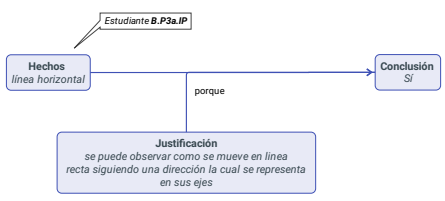
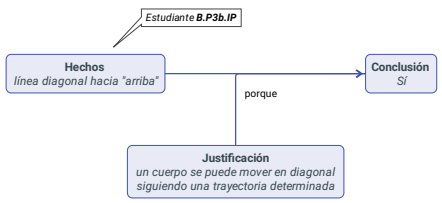
Estudiante Y

C.N.A: Nivel 1	C.N.A: Nivel 1
	

Estudiante T

C.N.A: Nivel 1	C.N.A: Nivel 1
	

Estudiante B

C.N.A: Nivel 1	C.N.A: Nivel 1
	

Continúa en la siguiente página

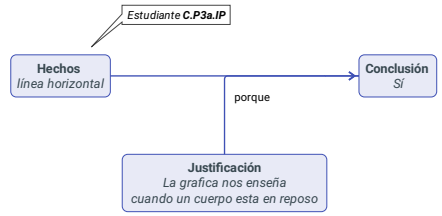
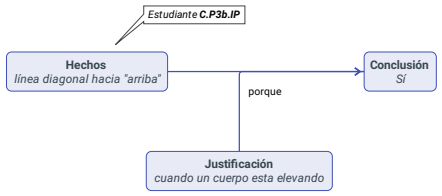
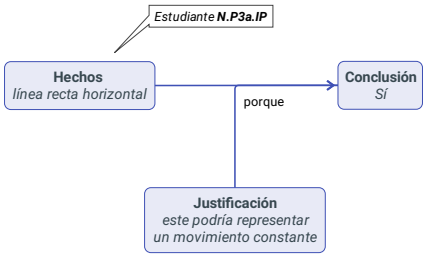
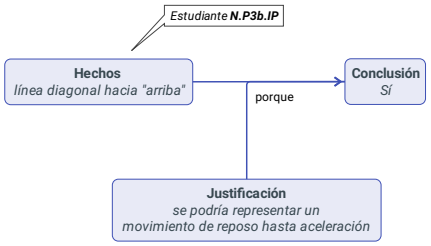
<table>
<tr><td colspan="2">Estudiante C</td></tr>
<tr><td>C.N.A: Nivel 1</td><td>C.N.A: Nivel 1</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td colspan="2">Estudiante N</td></tr>
<tr><td>C.N.A: Nivel 1</td><td>C.N.A: Nivel 1</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

Tabla 4. Caracterización de las respuestas de los estudiantes del instrumento de Ideas Previas respecto a los niveles de argumentación (**C**ategoría **N**ivel **A**rgumentativo).

Se organizaron las respuestas de los estudiantes en diagramas que tienen la estructura argumentativa de Toulmin (Buitrago et al., 2013, p.22), (Pinochet, 2015, p.312). Se realizó una identificación semántica de la estructura argumentativa en ellas y se procedió a clasificarlas según los niveles de argumentación propuestos por Tamayo et al. (2014).

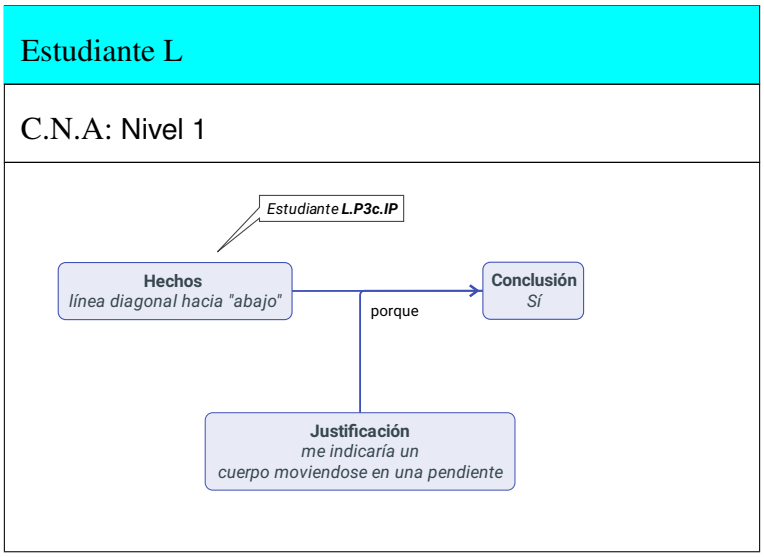
Se encontró que los estudiantes describían el gráfico observado limitándose a explicar las características de la línea dibujada en el plano cartesiano, lo cual se clasifica como Nivel 1 ya que corresponde a una descripción simple de la vivencia (Tamayo et al., 2014, p.128). Las explicaciones que escribieron los estudiantes corresponden a relacionar la línea dibujada en el plano cartesiano con la trayectoria que podría tener un cuerpo en movimiento, además, en las

respuestas **LP3aIP**, **YP3bIP**, **BP3aIP** y **CP3bIP** (ver Tabla 3) se evidencia que asumieron al plano cartesiano como un objeto de referencia de altura o de locación.

En la respuesta **CP3aIP**, la justificación que escribió el estudiante es acorde con la representación formal de reposo, sin embargo la respuesta **CP3bIP** no es coherente con el uso intencionado de dicha representación funcional ya que en esta última describió la trayectoria del cuerpo en relación a la dirección de la línea dibujada, además que no describió la situación con base en variables de posición y tiempo, que es una de las características de la descripción funcional.

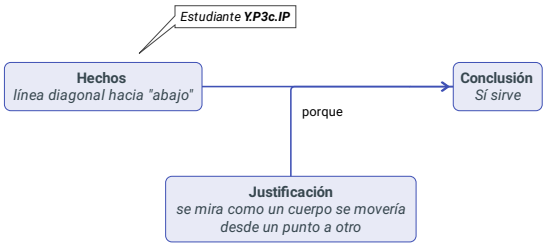
En la estructura argumentativa que utilizaron los estudiantes, se encontró que sus respuestas cuentan con una afirmación como conclusión y como justificación utilizaron una descripción de los hechos; en este caso, las gráficas del taller de Ideas Previas (Anexo 1). Hicieron uso de la observación directa del hecho y se limitaron a explicar el evento de movimiento. Lo anterior implica que no tuvieron en cuenta al receptor del mensaje asi como tampoco la finalidad del argumento (Driver y Newton, 1997). Según Tamayo et al. (2014), las respuestas de los estudiantes se clasifican en Nivel 1 porque describieron una vivencia de manera simple.

El Caso 3 (**P3c**) describe el movimiento de un cuerpo que se acerca al sistema de referencia, se muestran a continuación las respuestas de los estudiantes al respecto.



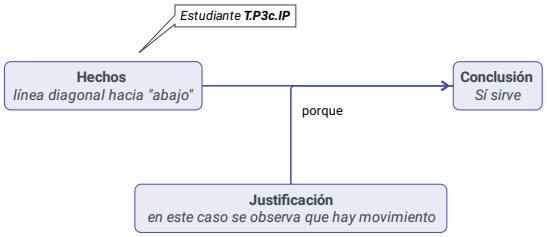
Estudiante Y

C.N.A: Nivel 1



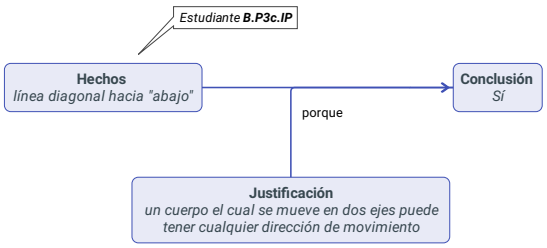
Estudiante T

C.N.A: Nivel 1



Estudiante B

C.N.A: Nivel 1



Continúa en la siguiente página

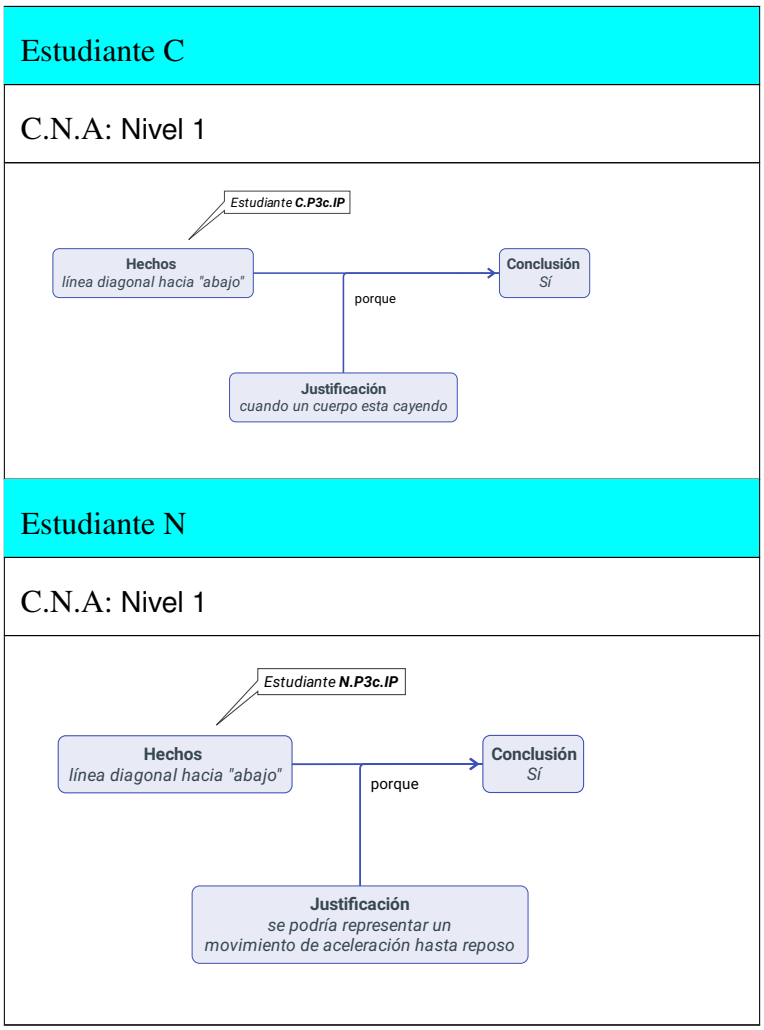


Tabla 5. Respuestas de los estudiantes al Caso 3 de la pregunta que indaga los niveles de argumentación en al taller de Ideas Previas.

Al igual que en los casos 1 y 2, las explicaciones que dieron los estudiantes mostraron que el nivel de argumentación es una descripción de lo que se observa en la gráfica y corresponde a la posible trayectoria de un cuerpo en movimiento.

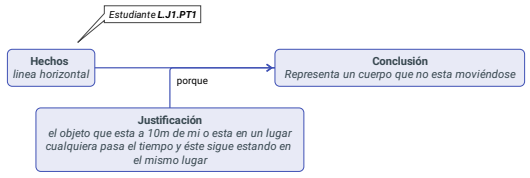
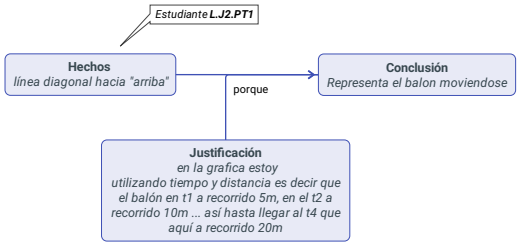
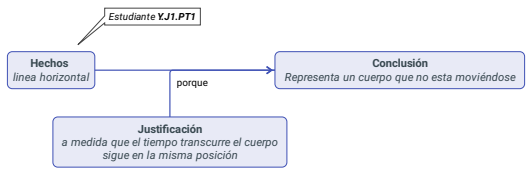
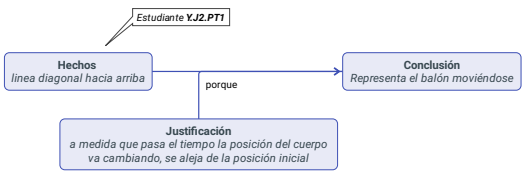
Se evidenció que existe una estructura básica argumentativa en las respuestas de los estudiantes, sin embargo se notó la dificultad relacionada con la pertinencia y relevancia del argumento (Sardà y Sanmartí, 2000) utilizado ya que se limitaron a describir lo que entendieron de la gráfica.

`LP3cIP`, **`CP3cIP`** y **`NP3cIP`**: Asumieron la línea en el plano cartesiano análogamente a una pendiente de un camino, asumieron que el cuerpo "cae" o se mueve "hacia abajo".

YP3cIP, **TP3cIP**, **BP3cIP**: Asumieron la línea en el plano cartesiano como una posible trayectoria de movimiento, no hicieron referencia a la situación de “caída” del cuerpo.

Al no existir una base conceptual que sirva como apoyo, los estudiantes recurrieron al modelo explicativo propio para realizar la descripción del fenómeno, lo que es coherente con el uso de la argumentación vista como esa elección entre modelos y teorías para explicar un fenómeno de la realidad (Giere, 1992; Duschl y Gitomer, 1997). Se pudo evidenciar en las respuestas que, en todos los casos, se omitió la descripción de los valores numéricos que están en el plano cartesiano.

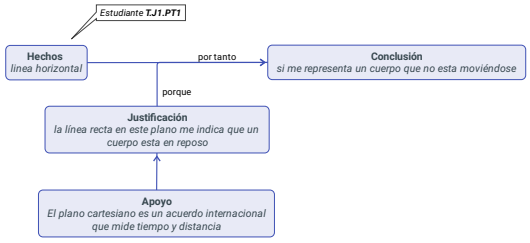
Se aplicó el instrumento Pos Test 1 (Anexo 2) en el cual se realizaron preguntas para indagar los niveles de argumentación para los casos de reposo (columna izquierda) y movimiento (columna derecha). Se obtuvieron los siguientes resultados.

<table>
<tr><td colspan="2">Estudiante L</td></tr>
<tr><td>C.N.A: Nivel 1</td><td>C.N.A: Nivel 1</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td colspan="2">Estudiante Y</td></tr>
<tr><td>C.N.A: Nivel 1</td><td>C.N.A: Nivel 1</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

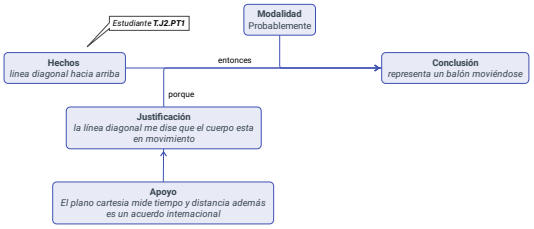
Continúa en la siguiente página

Estudiante T

C.N.A: Nivel 4

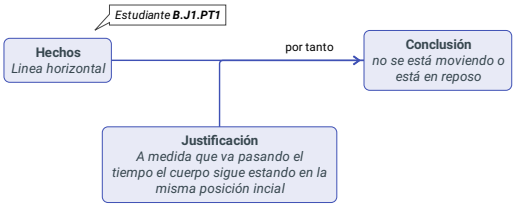


C.N.A: Nivel 4

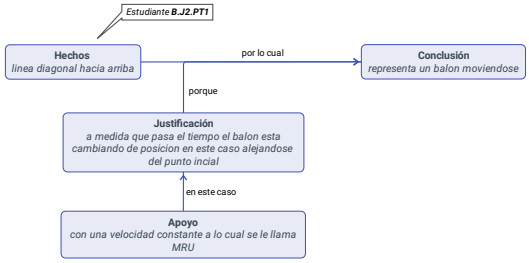


Estudiante B

C.N.A: Nivel 1

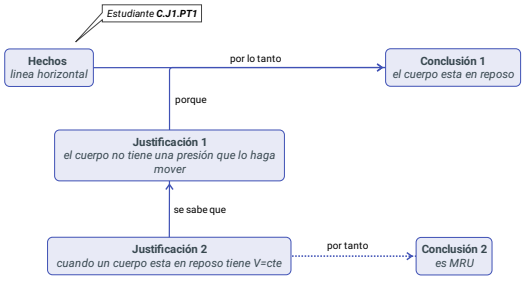


C.N.A: Nivel 4

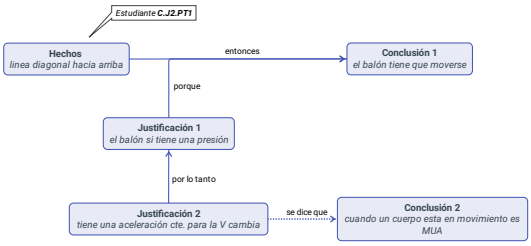


Estudiante C

C.N.A: Nivel 3



C.N.A: Nivel 3



Continúa en la siguiente página

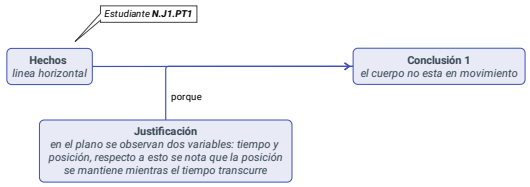
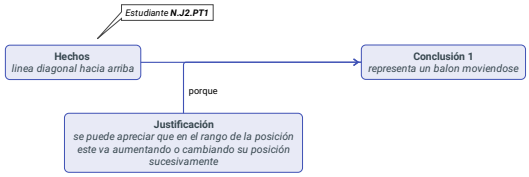
Estudiante N	
C.N.A: Nivel 1	C.N.A: Nivel 1
	

Tabla 6. Caracterización de las respuestas de los estudiantes del instrumento Pos – Test 1 respecto a los niveles de argumentación (**C**ategoría **N**ivel **A**rgumentativo).

Se evidenciaron avances en algunos estudiantes respecto a la estructura argumentativa utilizada al aparecer en sus respuestas el uso de apoyos conceptuales, los cualificadores modales y el uso de datos tipo cuantitativo. Se confirmó lo propuesto por Giere (1992) y Duschl y Gitomer (1997) respecto al entender la argumentación como el uso de modelos y teorías ya que los estudiantes recurrieron a la cinemática (Movimiento Rectilíneo Uniforme) como apoyo a las descripciones del fenómeno; en este caso hubo mas pertinencia en las descripciones de los eventos y las evidencias seleccionadas se acercan más a lo científico, relacionando con la medida, que con lo intuitivo (Sardà y Sanmartí, 2000).

`TJ1PT1` y **`TJ2PT1`**: Describieron el movimiento del cuerpo desde la definición de la gráfica que puede encontrarse en plano x vs. t: Línea recta horizontal para reposo y Línea recta con pendiente para movimiento. El apoyo utilizado hace referencia al acuerdo realizado por una comunidad para utilizar la herramienta geométrica. En el argumento de la descripción del cuerpo en movimiento utilizó un cualificador modal.

`BJ2PT1`: Utilizó como apoyo el criterio de velocidad constante en un cuerpo para ser clasificado como M.R.U.

`CJ1PT1`: El estudiante describió en la justificación la causa del movimiento, no hizo uso de la

descripción de las variables de espacio y de tiempo pero utilizó como apoyo el criterio de velocidad constante para concluir que tiene M.R.U. El argumento del estudiante presentó dos conclusiones diferentes.

CJ2PT1: El estudiante describió en la justificación la causa del movimiento, no hizo uso de la descripción de las variables de espacio y tiempo, asumió la variable de velocidad como referencia en el apoyo conceptual por lo que concluyó que es un M.U.A al evidenciar en el gráfico que está cambiando respecto al tiempo. El argumento del estudiante presentó dos conclusiones diferentes.

Si bien en algunos casos se mantuvo el Nivel 1 de argumentación (Tamayo et al., 2014), la justificación que escribieron fue una descripción de los hechos desde la observación que hace referencia a datos concretos y no a supuestos de movimiento locativo.

LJ1PT1, **YJ1PT1**, **YJ2PT1**, **BJ1PT1**, **NJ1PT1** y **NJ2PT1**: Realizaron una descripción de los hechos (gráfica) pero tuvieron en cuenta las características del modelo gráfico funcional. Justificaron con base en las variables de posición y tiempo, lo cual implica que asumieron el plano cartesiano como un elemento de relación de éstas. Interpretaron la línea como un continuo de relación entre variables lo que implica que diferenciaron la trayectoria que puede tener el cuerpo en movimiento del gráfico en el plano cartesiano.

LJ2PT1: Utilizó valores de distancia y tiempo como apoyo a la descripción de la gráfica en relación al movimiento del cuerpo.

De la realización del foro con los estudiantes, en el cual se discutió la solución al problema de argumentar cuál de dos balones, lanzados al mismo tiempo y de la misma altura, cae mas rápido (o al mismo tiempo): el que se deja caer o el que se le da un impulso en la dirección horizontal; se obtuvieron los resultados tabulados en la Tabla 7.

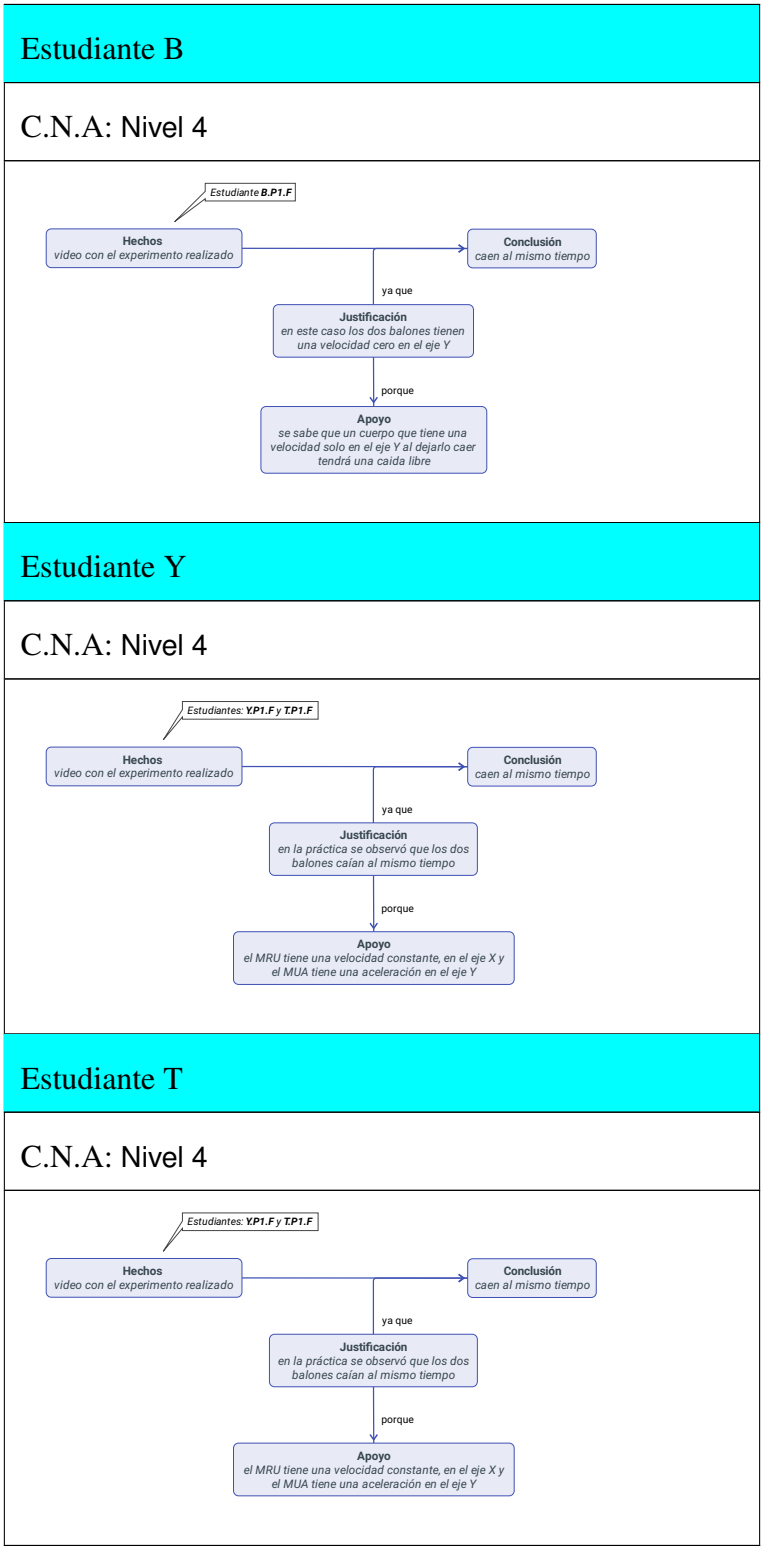


Tabla 7. Caracterización de las respuestas de los estudiantes del Foro Pos – Test respecto a los niveles de argumentación (**C**ategoría **N**ivel **A**rgumentativo).

En concordancia a lo expuesto por Driver y Newton (2000), la construcción de un argumento en grupo tiene lugar cuando se exponen las diferentes perspectivas respecto a la descripción de un fenómeno y en ese espacio de discusión se evidencia la capacidad de persuadir del estudiante, dejando en claro el proceso por el cual él da una razón a favor o en contra de alguna afirmación que asume por iniciativa propia.

BP1F: Escribió una descripción de los hechos que hacen referencia a variables que se describen desde el marco teórico (velocidad), el apoyo se relaciona directamente con la variable utilizada en la justificación.

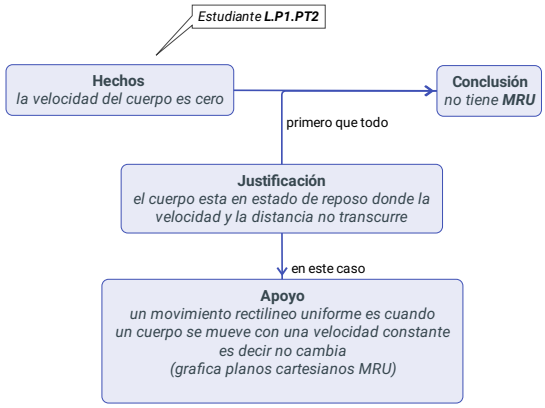
YP1F y **TP1F**: Escribieron una justificación que es una descripción de los hechos haciendo referencia a la variable tiempo, el apoyo no tiene relación directa con la variable utilizada en la justificación.

Resulta oportuno aclarar que la construcción de los argumentos descritos anteriormente se hicieron en el transcurso del foro con las diferentes participaciones del grupo de estudiantes de grado décimo y que las estudiantes T y Y trabajaron en el mismo grupo de análisis. Acorde a lo planteado con Salazar (2014) el promover la construcción del conocimiento desde espacios en donde el estudiante sea protagonista lo acerca a la adquisición de posturas críticas, además permite que el docente genere reflexión en la construcción de estos escenarios y genera cambios en aspectos epistemológicos, conceptuales, didácticos y estructurales (Ruiz et al., 2013).

Se aplicó el instrumento Pos Test 2 (Anexo 3), con el fin de indagar los niveles de argumentación y el uso de los modelos explicativos en un problema con un enunciado corto con datos de la variable velocidad. Las respuestas obtenidas del instrumento (ver Anexo 2) se presentan en la tabla 8.

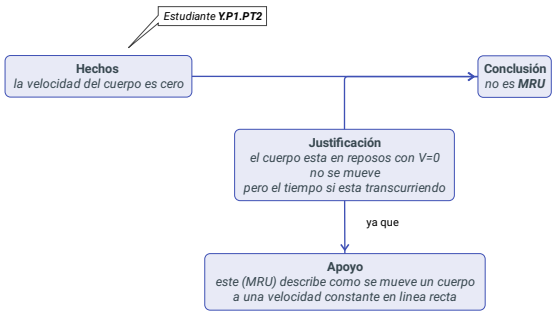
Estudiante L

C.N.A: Nivel 4



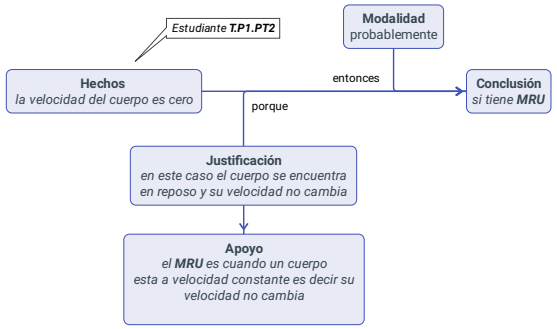
Estudiante Y

C.N.A: Nivel 4



Estudiante T

C.N.A: Nivel 4



Continúa en la siguiente página

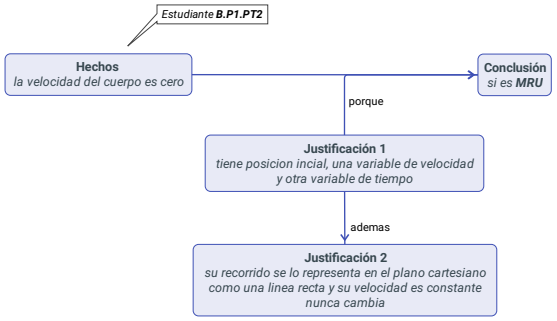
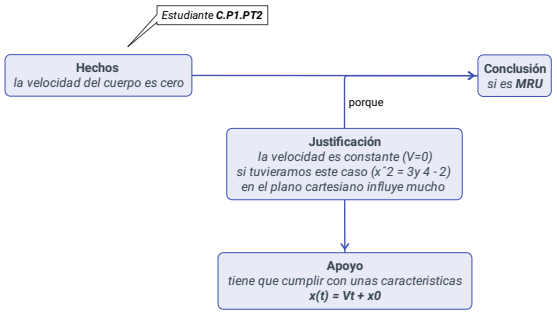
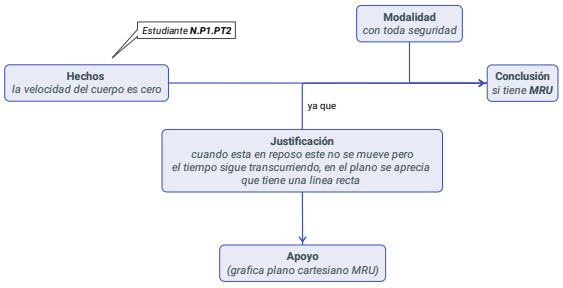
Estudiante B
C.N.A: Nivel 3

Estudiante C
C.N.A: Nivel 4

Estudiante N
C.N.A: Nivel 4


Tabla 8. Caracterización de las respuestas de los estudiantes del instrumento Pos – Test 2 (Anexo 3) respecto a los niveles de argumentación (**C**ategoría **N**ivel **A**rgumentativo).

Aparecieron argumentos en donde se indentificaron claramente la justificación, el apoyo y la

modalidad. Las descripciones del evento se perciben desde la interpretación de la gráfica y no como una descripción de la posible trayectoria del objeto. En la estructura se evidenció que los estudiantes recurrieron al apoyo conceptual (Movimiento Rectilíneo Uniforme) para dar soporte a la justificación, a los datos desde una perspectiva cuantitativa y no fue frecuente el uso de un cualificador modal (Tamayo et al., 2014). Se describen a continuación las respuestas de los estudiantes:

LP1PT2: Escribió una justificación como una descripción de los hechos utilizando variables (velocidad y distancia) que corresponden a un apoyo teórico válido y coherente pero la conclusión no fue consecuente con las premisas antecedentes.

YP1PT2: Escribió una justificación como una descripción de los hechos utilizando variables (velocidad y tiempo) que corresponden a un apoyo teórico válido y coherente pero la conclusión no fue consecuente con las premisas antecedentes.

YP1PT2: Escribió una justificación como una descripción de los hechos, utilizó la variable de velocidad para relacionar el evento y el apoyo teórico. Tiene cualificador modal y la conclusión fue coherente con las premisas antecedentes.

BP1PT2: Realizó una descripción de los hechos utilizando variables (posición, velocidad y tiempo) que tienen relación directa con el apoyo teórico utilizado. La conclusión fue coherente con las premisas antecedentes.

CP1PT2: Realizó una descripción de los hechos utilizando la variable de velocidad, además intentó relacionar una descripción algebraica para que coincida con el apoyo teórico (recurrió a la función de posición) utilizado. Incluyó el concepto de plano cartesiano. La conclusión fue coherente con las premisas antecedentes.

En concordancia con lo expuesto por Van Dijk (1989), la estructura del argumento va más allá de las premisas y la conclusión y que el estudiante caracterice al argumento como una

estructura le permite que apropie las características de un lenguaje científico, en este caso el de la cinemática.

Teniendo en cuenta los cuatro momentos en los cuales se aplicaron los instrumentos:

Ideas Previas (**IP**) ▷ Pos Test 1 (**PT1**) ▷ Foro (**F**) ▷ Pos Test 2 (**PT2**)

Se puede realizar la siguiente descripción de avance en los niveles de argumentación de los estudiantes (Tabla 9); recordando que la intervención de aula se realizó después del momento de Ideas Previas.

Estudiante L			
Ideas Previas	Pos Test 1	Foro	Pos Test 2
N1 - N1 - N1	N1 - N1	– –	N4
No hubo cambio significativo en los niveles de argumentación en los momentos **IP** y **PT1** pero intentó utilizar datos de tipo cuantitativo y que tienen relación con las variables de observación como apoyo a la descripción del evento. No participó activamente en el foro. En el momento **PT2** utilizó los conceptos de MRU como apoyo aunque la conclusión (**LP1PT2**) no fue coherente con las premisas.			

Continúa en la siguiente página

Estudiante Y			
Ideas Previas	Pos Test 1	Foro	Pos Test 2
N1 - N1 - N1	N1 - N1	N4	N4
No hubo cambio significativo en los niveles de argumentación en los momentos **IP** y **PT1**. Describió los hechos con base en variables que tienen relación con el marco teórico. Participó activamente en el foro en donde utilizó conceptos como apoyo a las descripciones. En el momento **PT2** utilizó los conceptos de MRU como apoyo aunque su conclusión (**YP1PT2**) no fue coherente con las premisas antecedentes. Hizo explícito el sistema de referencia de medida en relación al arreglo geométrico.			
Estudiante T			
Ideas Previas	Pos Test 1	Foro	Pos Test 2
N1 - N1 - N1	N4 - N4	N4	N4
Hubo cambio significativo en los niveles de argumentación en los momentos **IP** y **PT1**. Describió los hechos con base en variables que tienen relación con el marco teórico. Participó activamente en el foro en donde utilizó conceptos como apoyo a las descripciones. En el momento **PT2** utilizó los conceptos de MRU como apoyo, su conclusión fue coherente con las premisas antecedentes. En algunos casos hizo uso de cualificador modal.			

Continúa en la siguiente página

Estudiante B			
Ideas Previas	Pos Test 1	Foro	Pos Test 2
N1 - N1 - N1	N1 - N4	N4	N3
Hubo cambio significativo en los niveles de argumentación en los momentos **IP** y **PT1**. Describió los hechos con base en variables que tienen relación con el marco teórico. Participó activamente en el foro en donde utilizó conceptos como apoyo a las descripciones. En el momento **PT2** describió las características de un cuerpo con MRU, su conclusión fue coherente con las premisas antecedentes. Hizo explícito el punto de referencia de medición en relación al arreglo geométrico.			
Estudiante C			
Ideas Previas	Pos Test 1	Foro	Pos Test 2
N1 - N1 - N1	N3 - N3	– –	N4
Hubo cambio significativo en los niveles de argumentación en los momentos **IP** y **PT1**. Describió los hechos con base en variables que tienen relación con la causa de movimiento y no con las variables de posición y tiempo. No participó activamente en el foro. En el momento **PT1** utilizó los conceptos de MRU y MUA como apoyo, sus argumentos presentaron dos conclusiones, una en relación a la situación problema y otra respecto al apoyo. En la respuesta **CJ2PT1** asumió variables del MUA. En el momento **PT2** intentó articular lenguaje algebraico del MRU con la descripción de la gráfica haciendo referencia a la función de posición.			

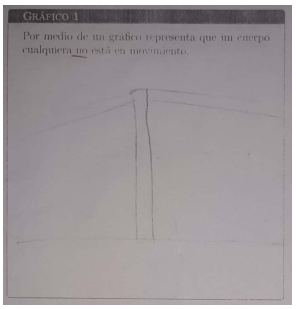
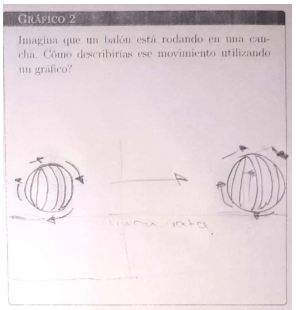
Continúa en la siguiente página

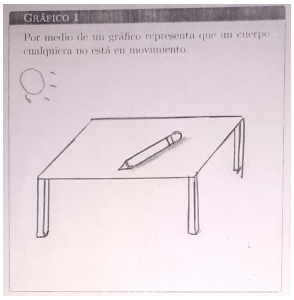
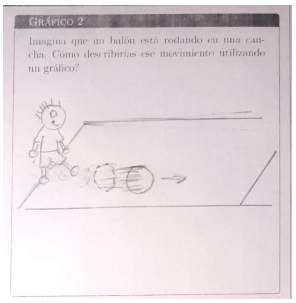
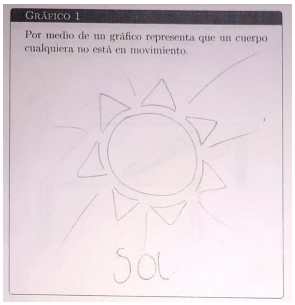
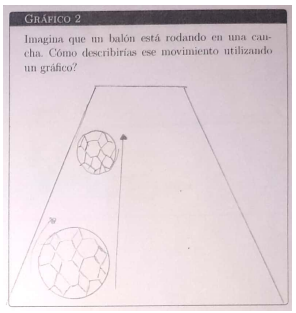
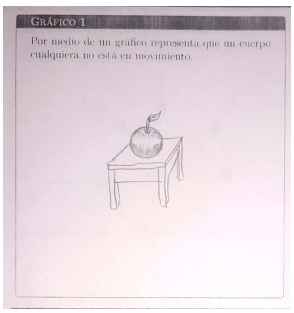
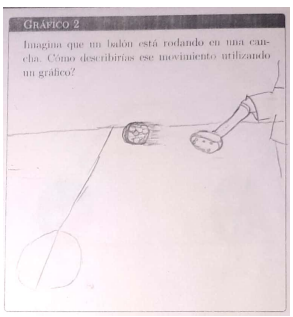
Estudiante N			
Ideas Previas	Pos Test 1	Foro	Pos Test 2
N1 - N1 - N1	N1 - N1	– –	N4
No hubo cambio significativo en los niveles de argumentación en los momentos **IP** y **PT1**. Describió los hechos con base en variables que tienen relación con el marco teórico de MRU (posición y tiempo). No participó activamente en el foro. En el momento **PT2** utilizó cualificador modal y utilizó como apoyo un plano cartesiano que corresponde al reposo en el MRU.			

Tabla 9. Descripción de los cambios en los niveles de argumentación de los estudiantes.

5.2 Modelos explicativos en la descripción del movimiento de los cuerpos

La información gráfica de la aplicación del instrumento de ideas previas se sintetiza en la Tabla 10 y se codificó teniendo en cuenta las definciones de las Tablas 2 y 3. La columna de la izquierda corresponde a la condición de reposo y la columna de la derecha corresponde a la condición de movimiento.

Estudiante L		
Cod.	L.P1.IP	L.P2.IP
Resp.		
C.M.E	SGO	SGT

Estudiante Y		
Cod.	Y.P1.IP	Y.P2.IP
Resp.		
C.M.E	SGO	SGT
Estudiante T		
Cod.	T.P1.IP	T.P2.IP
Resp.		
C.M.E	SGO	SGT
Estudiante B		
Cod.	B.P1.IP	B.P2.IP
Resp.		
C.M.E	SGO	SGT

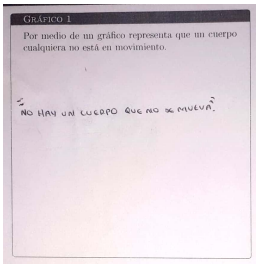
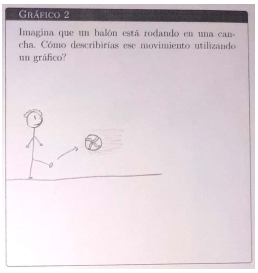
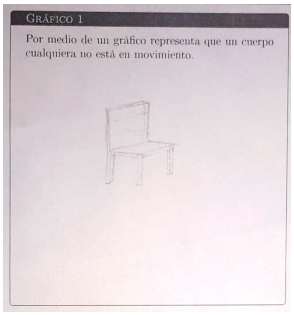
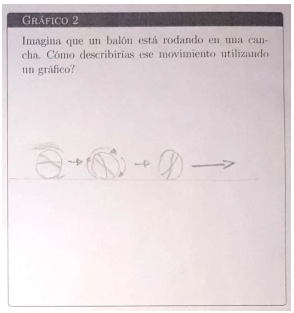
Estudiante C		
Cod.	C.P1.IP	C.P2.IP
Resp.		
C.M.E	— — —	Gráfico Trayectorial
Estudiante N		
Cod.	N.P1.IP	N.P2.IP
Resp.		
C.M.E	SGO	SGT

Tabla 10. Caracterización de las respuestas de los estudiantes del instrumento de Ideas Previas respecto a los modelos explicativos (**C**ategoría **M**odelo **E**xplicativo).

Los modelos explicativos encontrados en los estudiantes son: gráfico objeto para la condición de reposo y gráfico trayectorial para la condición de movimiento. Uno de los estudiantes respondió con una frase a la primera pregunta (**`CP1IP`**), la cual no será tenida en cuenta para el análisis porque la respuesta no tiene información relacionada a la pregunta propuesta, la cual fue explícita al solicitar información gráfica de la situación de reposo. Las categorías

definidas para la descripción del movimiento refieren a un contexto gráfico y la respuesta que escribió el estudiante no aporta elementos de análisis por tratarse de un texto. Se podría inferir que el estudiante memorizó algún principio, definición, ley o concepto previamente, pero no lo aplicó a otras situaciones análogas o con diferentes condiciones. El estudiante se limitó a repetir el concepto memorizado pero no lo adaptó al contexto de la pregunta.

El modelo *gráfico objeto* se caracteriza por representar la forma física del objeto haciendo énfasis en detalles que lo identifiquen tal como es en la realidad. Además dicho objeto tiene como propiedad intrínseca el *no movimiento* debido a su locación respecto a la tierra o porque en el entorno donde la persona vive se evidencia que esta siempre *quieto* respecto al suelo. Además, el sistema de referencia es descrito utilizando un gráfico.

Desde la perspectiva del modelo gráfico objeto, el cuerpo posee intrínsecamente la condición de movimiento, por tanto hay cuerpos que *deben* estar quietos porque eso es parte de su naturaleza. La detección de movimiento está relacionado con el cambio de posición respecto a otro objeto, generalmente el suelo, por lo que el sistema de referencia se suele describir con otro gráfico.

El modelo *gráfico trayectorial* se caracteriza por utilizar lineas continuas, discontinuas o flechas para indicar la trayectoria del objeto, además se suele dibujar dos o más veces el mismo objeto para explicitar el desplazamiento. La referencia de movimiento suele ser gráfica, generalmente el suelo.

Las representaciones de movimiento en este modelo suelen estar asociadas a quien lo genera y su descripción explicita, en algunos casos, movimientos de rotación además de los de traslación (**LP2IP**).

Los modelos de los estudiantes tendieron a ser abstracciones que les permitieron traducir sus observaciones en acciones, encontrando cierta corresponencia entre éstos y los eventos

externos o imaginados. Para tal fin utilizaron representaciones simbólicas afines a la realidad o situación problema observada (Orrego et al., 2016).

Lo anterior se evidenció en las respuestas de los estudiantes:

LP1IP: Utilizó un poste para representar el reposo.

YP1IP: Utilizó una mesa como objeto de referencia. El lápiz representa el reposo.

BP1IP: Utilizó una mesa como objeto de referencia. La manzana representa el reposo.

NP1IP: Utilizó una silla para representar el reposo.

En los casos anteriores se utilizaron objetos del contexto cotidiano como lo son: postes, mesas y sillas.

Se evidenció que los modelos explicativos utilizados por los estudiantes son pictóricas y se construyeron idiosincrásicamente a partir de las experiencias cotidianas y de las diferentes interacciones con el contexto social. Los modelos parecerían funcionar como un calco de la realidad tal como la captan los sentidos por lo que no requieren de entidades instrumentales auxiliares (Adúriz et al., 2011).

En el caso:

TP1IP: Utilizó el sol para representar el reposo.

Se observó que la estudiante utilizó conceptos previos de ciencias al remitirse a un objeto como el sol para describir el reposo; a pesar que se evidencia que es el sol quien se mueve en la cúpula celeste, recurrió a lo enseñado en años anteriores como lo es la teoría heliocentrista. La estudiante recurrió a un modelo dentro de otro modelo, es decir el modelo que utilizó para describir el reposo de un objeto hizo uso de un elemento constituyente más básico y que está organizado con una cierta estructura que podría entenderse como un primitivo procedimental ya que es necesaria la percepción para realizar dicha construcción (Greca y Rodriguez, 2002).

Se observó que los modelos utilizados por los estudiantes expresaron la situación problema según una demanda (pregunta realizada) explícita. En la construcción del modelo explicativo utilizado estuvieron en juego la representación del conocimiento por experiencia y se limitaron a la descripción de características de forma de la situación porque en sus respuestas utilizan detalles gráficos de objetos del contexto. Además se confirmó que utilizaron el proceso de contrastación de la información que tienen en cada una de las situaciones propuestas, ya que recurrieron a objetos que cotidianamente relacionan con reposo o movimiento (Orrego et al., 2016).

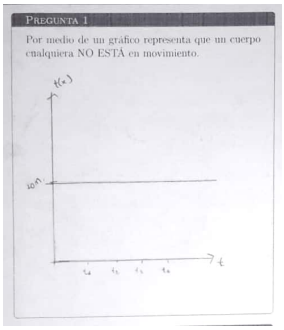
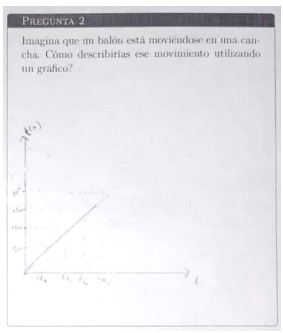
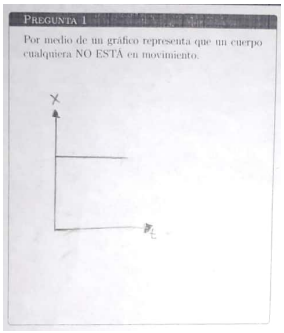
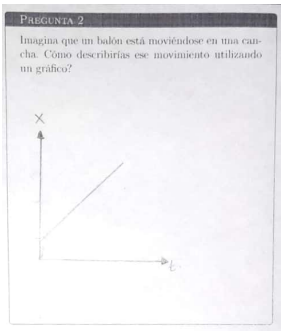
En ese sentido, se comprobó que los modelos explicativos revisados son incompletos e idiosincráticos porque hicieron uso de representaciones de forma de objetos locales o que el estudiante conocía con anterioridad y a características que no fueron suficientes para describir la situación problema planteada; no fueron técnicamente precisos porque refieren a descripciones pictóricas y no a variables que den certeza cuantitativa; fueron funcionales porque cumplen con la tarea de expresar lo que entienden por reposo o movimiento pero no llegaron a ser una herramienta de comprensión – enseñanza; fueron limitantes en su ejecución porque su aplicación a la predicción de situaciones concretas como determinar qué tan lejos llega el cuerpo o cuánto tiempo ha estado en reposo no fue eficiente y promueve supuestos y situaciones imaginadas (Orrego et al., 2016).

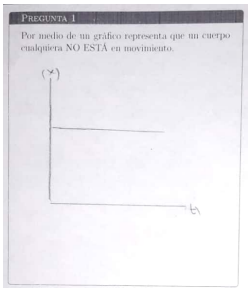
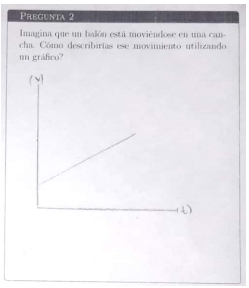
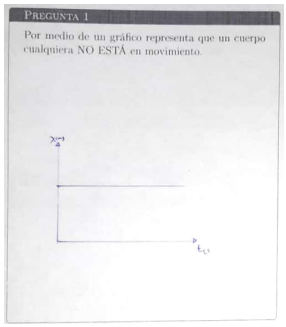
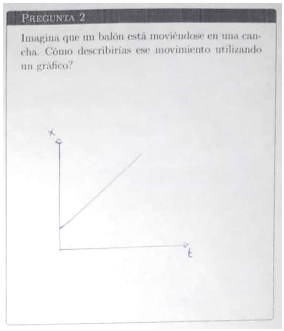
Lo anterior se evidenció en las siguientes respuestas:

`LP2IP` - **`TP2IP`** - **`NP2IP`**: Utilizaron flechas para representar la traslación y rotación del objeto. La referencia del movimiento que utilizaron fue el suelo representado con una línea horizontal o un plano. El cambio de posición se representó por un dibujo pictórico adicional del mismo objeto en diferente lugar y una flecha que representa la trayectoria seguida por el balón.

YP2IP - **BP2IP** - **CP2IP**: Utilizaron flechas y/o lineas sombra para representar la traslación del cuerpo. Usaron gráficos en línea punteada para denotar el objeto en una posición pasada o futura. La referencia del movimiento utilizada fue el suelo, representado por una línea horizontal o un plano. En estos tres casos existe la fuente de movimiento la cual fue representada por una caricatura de una persona o un pie que denota una patada al balón.

De la aplicación del primer taller Pos Test (Anexo 1) se obtuvo la siguiente información.

Estudiante L		
Cod.	L.P1.PT1	L.P2.PT1
Resp.		
C.M.E	SGF	SGF
Estudiante Y		
Cod.	Y.P1.PT1	Y.P2.PT1
Resp.		
C.M.E	SGF	SGF
Estudiante T		

Cod.	T.P1.PT1	T.P2.PT1
Resp.		
C.M.E	SGF	SGF
Estudiante B		
Cod.	B.P1.PT1	B.P2.PT1
Resp.		
C.M.E	SGF	SGF

Continúa en la siguiente página

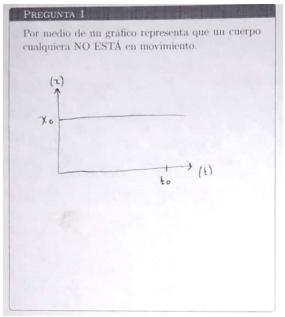
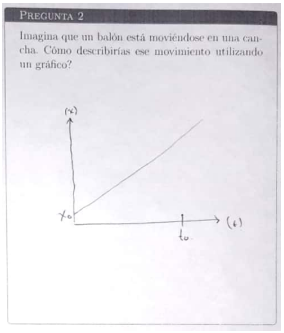
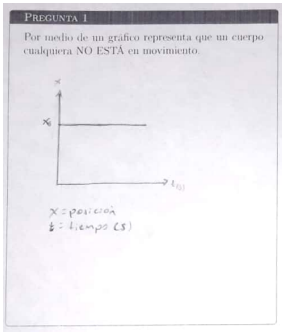
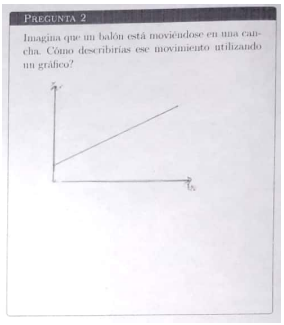
Estudiante C		
Cod.	C.P1.PT1	C.P2.PT1
Resp.		
C.M.E	SGF	SGF
Estudiante N		
Cod.	N.P1.PT1	N.P2.PT1
Resp.		
C.M.E	SGF	SGF

Tabla 11. Caracterización de las respuestas de los estudiantes del instrumento de Pos-test respecto a los modelos explicativos (**C**ategoría **M**odelo **E**xplicativo).

El modelo *gráfico funcional* se caracteriza por explicitar la relación de dos variables utilizando para ello dos ejes perpendiculares entre sí, arreglo geométrico que se conoce como plano cartesiano. La relación de dependencia entre una variable y otra se describe con la sucesión de puntos en el plano, técnica que se conoce como punteo. La gráfica que se proyecta en el plano, resultado de la concatenación de puntos, no tiene una relación directa con la trayectoria del

objeto.

YP1PT1, **YP2PT1**, **TP1PT1**, **TP2PT1**, **BP1PT1**, **BP2PT1** y **NP2PT1**: Utilizaron el arreglo geométrico cartesiano (Sánchez, 2017) en donde definieron la relación entre dos variables: posición y tiempo. La gráfica que dibujaron no tiene relación directa con la trayectoria del objeto sino que evidencia la concatenación de puntos, cada uno de ellos correspondiente a una pareja de datos numéricos, los cuales no se representan necesariamente en los ejes. El origen fue representado por la intersección de las dos rectas.

LP1PT1, **LP2PT1**, **CP1PT1** y **CP2PT1**: Utilizaron, además de los conceptos anteriores, descripciones de cantidades en cada uno de los ejes para denotar la relación entre parejas de datos. Explicitaron la relación utilizando líneas punteadas paralelas a cada eje o marcas en cada uno de los ejes. Usaron las letras *x* para representar valores de distancia y *t* para los valores de tiempo.

Las variables que se relacionan en este modelo son el tiempo, representado con la letra *t* y asumido como variable independiente, y la distancia recorrida desde un punto de referencia la cual se representa generalmente con la letra *x* y es asumida como la variable que depende de *t*. Una característica de la representación del movimiento en el modelo funcional es la *cuantificación* de las variables a relacionar, lo que permite ubicar espacialmente los valores en cada uno de los ejes.

El sistema de referencia se describe como la intersección de los dos ejes y representa el punto de observación desde el cual se realizan las mediciones de espacio y el instante desde el cual se inicia a medir el tiempo.

LP1PT1 y **LP2PT1**: Utilizó unidades de medida en la coordenada de posición.

BP1PT1 y **NP1PT1**: Explicitaron las unidades de medida en los ejes coordenados. En el caso **NP1PT1** utilizó una descripción escrita adicional para representar las unidades de medida de

las variables.

LP1PT1, **CP1PT1**, **CP2PT1** y **NP1PT1**: Usaron una representación numérica o algebraica para denotar la posición inicial del objeto respecto al origen de medición.

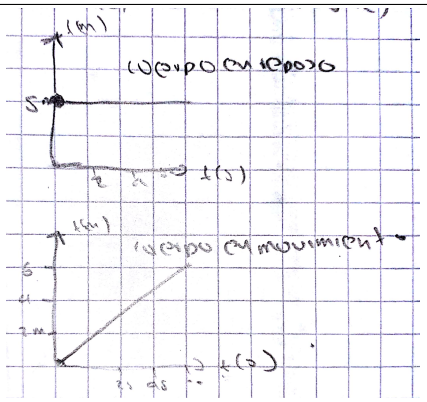
El modelo conceptual de la descripción del movimiento de los cuerpos se caracteriza por ser abstracto y no corresponder a las percepciones de trayectoria de movimiento del objeto. En general, se tiene que un modelo conceptual es una representación externa creada por investigadores, profesores, ingenieros, etc, que facilita la comprensión o la enseñanza de sistemas o fenómenos del contexto (Greca y Rodriguez, 2002).

En concordancia a lo expuesto por Moreira (citado por Greca y Rodriguez, 2002), los modelos son representaciones precisas, completas y consistentes con el conocimiento científicamente compartido, es decir, las comunidades científicas los utilizan en acuerdo a la correspondencia al conocimiento que poseen. En este caso, dicha representación es geométrica y es utilizada por diferentes comunidades científicas para expresar las relaciones entre variables; en Física se utiliza globalmente para describir el movimiento de los cuerpos (Cinemática).

Resulta oportuno aclarar que éstas representaciones no son las empleadas de forma primaria por los estudiantes para pensar la situación ni tampoco implica que en situaciones análogas utilicen esa misma regla sino que se añade un proceso adicional para representarlas en el papel (Greca y Rodriguez, 2002).

De la aplicación del segundo instrumento Pos Test (Anexo 3) se observó que dos estudiantes añadieron gráficas a sus argumentos, específicamente en las respuestas **LP1PT2** y **NP1PT2** recurrieron al modelo explicativo *gráfico funcional* para describir la situación problémica (Tabla 12).

Estudiante L
Grafico Funcional LP1PT2



Estudiante N

Gráfico Funcional NP1PT2

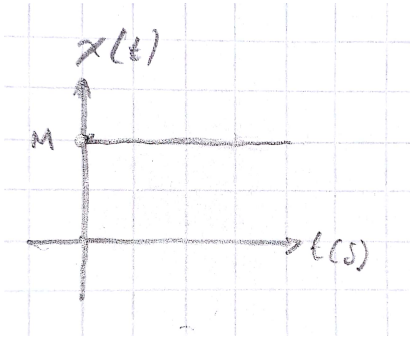


Tabla 12. Modelos explicativos utilizados en las respuestas LP1PT2 y NP1PT2.

LP1PT2: Utilizó el arreglo geométrico para describir la condición de reposo y movimiento de un cuerpo. Asignó valores numéricos y algebraicos a las variables en cada uno de los ejes y tuvo en cuenta las unidades de medida. La posición inicial, en el caso de reposo, es explícita en el plano cartesiano por medio de un valor numérico.

NP1PT2: Utilizó el arreglo geométrico para describir la condición de reposo. Asignó un valor algebraico (letra M) a la posición inicial del objeto respecto al origen de medición. Explicitó las unidades de medida en el eje del tiempo y la relación de dependencia entre la posición y el tiempo: $X(t)$.

Debido a que los modelos explicativos son dinámicos y están evolucionando permanentemente al interactuar con el contexto (Orrego et al., 2016), se pudo promover un avance del modelo explicativo hacia al modelo conceptual de la descripción del movimiento de los cuerpos contrastando la condición de verdad del discurso en el que el modelo está basado con la situación problema. Lo anterior se pudo lograr utilizando preguntas que permitieron al estudiante revisar el modelo mental utilizado porque no se ajustaba a la descripción de la situación o porque su limitación en la predicción quedó en evidencia (ver: Unidad didáctica p.2)

El haber utilizado herramientas tecnológicas ayudó a promover el entendimiento de la descripción del movimiento de los cuerpos en función de variables cuantitativas como lo son la posición y el tiempo empleando el arreglo geométrico del plano cartesiano (ver: Unidad didáctica). Acorde a lo planteado por Diosa Ochoa (2012), el aplicar estrategias que promuevan el análisis de gráficas ayudó a fomentar la comprensión de las variables relacionadas en su construcción con la adición de permitir al estudiante interactuar con la herramienta lo que pudo haber servir como elemento de motivación al sentir que tenía el control sobre la práctica experimental.

Teniendo en cuenta los cuatro momentos en los cuales se aplicaron los instrumentos:

Ideas Previas (**IP**) ▷ Pos Test 1 (**PT1**) ▷ Foro (**F**) ▷ Pos Test 2 (**PT2**)

Se puede realizar la siguiente descripción del avance en los modelos explicativos que usan los estudiantes (Tabla 13); recordando que la intervención de aula se realizó después del momento de Ideas Previas.

Estudiante L			
Ideas Previas	Pos Test 1	Foro	Pos Test 2
SGO - SGT	SGF - SGF	– –	SGF
Hubo una evolución en el uso de la representación gráfica en la descripción de reposo y movimiento. Utilizó representaciones numéricas de las variables de posición y tiempo haciendo explícita la relación de pareja ordenada y haciendo uso de unidades de medida. Apoyó la respuesta **`LP1PT2`** utilizando una representación gráfica SGF contrastando las condiciones de reposo y movimiento.			
Estudiante Y			
Ideas Previas	Pos Test 1	Foro	Pos Test 2
SGO - SGT	SGF - SGF	– –	– –
Hubo una evolución en el uso de la representación gráfica en la descripción de reposo y movimiento. Hizo uso de gráficas lineales sin utilizar representaciones numéricas para las variables pero tuvo en cuenta el nombre en cada uno de los ejes.			
Estudiante T			
Ideas Previas	Pos Test 1	Foro	Pos Test 2
SGO - SGT	SGF - SGF	– –	– –
Hubo una evolución en el uso de la representación gráfica en la descripción de reposo y movimiento. Hizo uso de gráficas lineales sin utilizar representaciones numéricas para las variables pero tuvo en cuenta el nombre en cada uno de los ejes.			

Continúa en la siguiente página

Estudiante B			
Ideas Previas	Pos Test 1	Foro	Pos Test 2
SGO - SGT	SGF - SGF	– –	– –
Hubo una evolución en el uso de la representación gráfica en la descripción de reposo y movimiento. Hizo uso de gráficas lineales sin utilizar representaciones numéricas para las variables pero tuvo en cuenta el nombre en cada uno de los ejes.			
Estudiante C			
Ideas Previas	Pos Test 1	Foro	Pos Test 2
— - SGT	SGF - SGF	– –	– –
Hubo una evolución en el uso de la representación gráfica en la descripción de reposo y movimiento. Inicialmente, no describió gráficamente el reposo. Hizo uso de gráficas lineales utilizando representaciones algebraicas para las variables y tuvo en cuenta el nombre en cada uno de los ejes.			
Estudiante N			
Ideas Previas	Pos Test 1	Foro	Pos Test 2
SGO - SGT	SGF - SGF	– –	SGF
Hubo una evolución en el uso de la representación gráfica en la descripción de reposo y movimiento. Utilizó representaciones algebraicas de la variable posición en la situación de reposo (**`NP1PT1`**) e hizo explícito el nombre de los ejes del plano cartesiano. Apoyó la respuesta **`LP1PT2`** utilizando una representación gráfica SGF evidenciando la condición de reposo.			

Tabla 13. Descripción de los cambios en los modelos explicativos utilizados por los estudiantes.

El avance en el uso del modelo explicativo es coherente con lo propuesto por Halloun(1996), Sutton(1996) y Nersessian(1995) (citados por Greca y Rodriguez, 2002) respecto al proceso de su aprendizaje, ya que ellos plantean que dicho proceso debe ser explícito para el estudiante. Si bien la necesidad de describir de una manera mas precisa el movimiento de un cuerpo fue propuesta por el estudiante, la herramienta geométrica (plano cartesiano) ya era de su conocimiento y fue nuevamente socializada en las clases (Ver: Unidad didáctica p.6).

5.3 Descripción de la relación entre los niveles de argumentación y los modelos explicativos en la descripción del movimiento de los cuerpos

Las respuestas de los estudiantes se organizaron en una red sistémica (Jorba y Sanmartí, 2014) con el fin de categorizar y organizar la información que se obtuvo de la aplicación de los diferentes instrumentos en cada una de las etapas de la investigación. En este caso la red nos permitió explicitar las relaciones existentes entre los niveles de argumentación (Tamayo et al., 2014) y los diferentes modelos explicativos respecto a la descripción del movimiento de los cuerpos.

Se identificaron dos categorías principales en la descripción del movimiento de los cuerpos, una de ellas se enfocó en afirmar si el objeto observado se mueve o no (Figura 9) y la otra se centró en el origen del movimiento (Figura 10). Se muestran en gráficas separadas para facilitar su visualización.

En la categoría *afirmación* del movimiento del objeto (Figura 9) se encontró que el Nivel 1 de argumentación se relaciona con el modelo explicativo pictórico porque las respuestas de los estudiantes, en ambas categorías, se centraron en describir las trayectorias o posiciones como resultado de la observación o como si hubiese sido una vivencia propia.

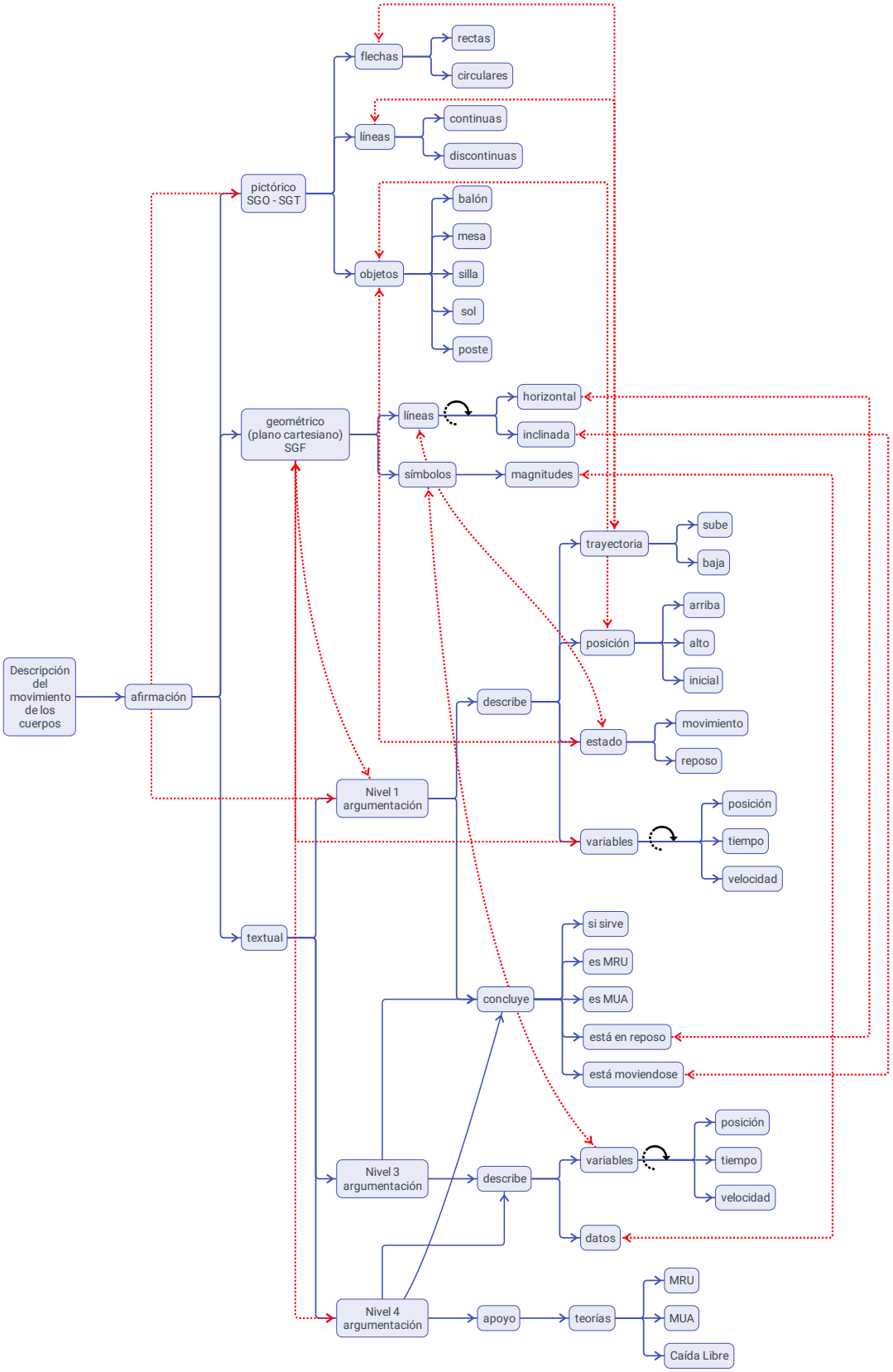


Figura 9. Red sistémica de las relaciones entre los niveles de argumentación y los modelos explicativos en la descripción del movimiento de los cuerpos: Afirmación del movimiento.

La descripción del movimiento que realizaron los estudiantes basados en el gráfico (datos) de la pregunta 3 (Caso1, Caso2 y Caso3) del instrumento de Ideas Previas **IP** (Anexo 1) y que corresponden al Nivel 1 de argumentación se relacionaron con el uso de objetos para representar el reposo (Gráfico Objeto SGO) y el movimiento (Gráfico Trayectorial SGT) de éste ya que en los dibujos utilizados para dar respuesta a las preguntas 1 y 2 del instrumento de Ideas Previas **IP** se enfocaron, en el caso del reposo, en describir las cualidades del objeto que en el contexto del estudiante eran coherentes con la sensación que ellos tenían de *quietud* como lo es una mesa, silla, poste, etc; y en el caso del movimiento, describieron las trayectorias utilizando flechas que indicaban la dirección del movimiento. Es decir que las sub-categorías *posición*, *trayectoria* y *estado* del Nivel 1 tienen relación con las sub-categorías *flechas*, *líneas* y *objeto* del modelo explicativo Gráfico Objeto porque se caracterizan por la descripción de lo sensorial desde las vivencias en el contexto del estudiante.

Los estudiantes también relacionaron lo pictórico en el Nivel 1 de argumentación al asumir que el arreglo geométrico (plano cartesiano) presente en la pregunta 3 del instrumento de Ideas Previas, era un objeto que se estaba desplazando siguiendo una trayectoria lineal; también se utilizó como punto de referencia de observación del cambio de posición de otro cuerpo que al moverse dejaba un rastro representado por una línea horizontal o con pendiente. La relación descrita se evidencia en las siguientes respuestas:

LP3aIP, **LP3bIP**, **LP3cIP**, **YP3aIP**, **YP3bIP**, **YP3cIP**, **BP3aIP**, **BP3bIP**, **BP3cIP**, **CP3bIP** y **CP3cIP**: estudiantes en Nivel 1 de argumentación que describieron la gráfica de las preguntas **3a**, **3b** y **3c** (Anexo 1) como si éstas representaran un objeto en movimiento y al cual le atribuyen estados de movimiento y posición, definida respecto a un punto de observación, que generalmente es la línea horizontal (relacionada con el piso), y a la trayectoria (subir, bajar).

La base para justificar la descripción del movimiento en el Nivel 1 se relacionó con el modelo explicativo que tiene el estudiante, en este caso Modelo Gráfico Objeto y/o Modelo Gráfico Trayectorial. Lo anterior es coherente con el uso de la argumentación vista como la elección entre varios modelos para explicar un fenómeno de la realidad (Giere, 1992; Duschl y Gitomer, 1997).

Del instrumento Pos Test 1 **PT1** (Anexo 2) se obtuvo información respecto a la relación entre el Nivel 1 de argumentación, en las sub-categorías de *estado* y *variables* y el modelo explicativo Gráfico Funcional (SGF) en las sub-categorías de *líneas* y *símbolos*. Lo anterior se concluye porque en las respuestas de los estudiantes se evidenció que la descripción de los estados de movimiento y reposo se articulan con los conceptos de variables (tiempo, posición y velocidad) que son descritas de forma geométrica utilizando el método de punteo en el plano cartesiano, como lo indican las respuestas:

LJ1PT1, LJ2PT2, YJ1PT1, YJ2PT2, BJ1PT1, NJ1PT1, NJ2PT1: Respuestas de los estudiantes en Nivel 1 de argumentación que mostraron relación en la descripción de una gráfica en un plano cartesiano utilizando para ello las variables de posición y tiempo. Estas variables fundamentan la relación en los ejes cartesianos del modelo SGF cuya gráfica se obtiene mediante el método de punteo. En síntesis, los estudiantes justificaron la condición de movimiento o reposo utilizando el método de punteo y la descripción lingüística de este, fue utilizada como justificación en el argumento.

Se puede evidenciar en la red que existe una relación entre la sub-categoría *describe* de los Niveles de argumentación 3 y 4 respecto a las *variables* con la sub-categoría *símbolos* de la categoría Gráfico Funcional. Los estudiantes utilizaron símbolos correspondientes a las magnitudes de medida de posición, tiempo y velocidad para describir en sus justificaciones los estados de reposo o movimiento teniendo en cuenta las relaciones existentes una respecto a la

otra. Además, utilizaron estos símbolos como datos en los argumentos de Nivel 3. El uso intencionado de la descripción de las gráficas (SGF) y la descripción de la variable velocidad, que se definen en el tema MRU, en el apoyo a la justificación de los argumentos que escribieron los estudiantes se pudieron evidenciar en las siguientes respuestas:

TJ1PT1, TJ2PT2, BJ2PT1, YP1F, TP1F, LP1PT2, YP1PT2, TP1PT2, BP1PT2, CP1PT2: Estudiantes en Niveles 3 y 4 de argumentación que utilizaron la descripción de las gráficas y valores de variables (posición, tiempo, velocidad constante) del tema de MRU para justificar o apoyar la justificación en el argumento que construyeron para describir el movimiento de un cuerpo.

LP1PT2 y **NP1PT2**: Estudiantes en Nivel 4 de argumentación que utilizaron los gráficos del MRU, que describen las condiciones de movimiento y reposo, como apoyo a la justificación en el argumento construido. En estos casos la relación entre el modelo explicativo Gráfico Objeto es explícita en el Nivel 4 de argumentación porque se usan gráficos de manera intencionada en el apoyo de la estructura argumentativa.

En estos casos, hubo mas pertinencia en las descripciones de los eventos y las evidencias seleccionadas se acercaron más a lo científico, relacionando las unidades de medida y el uso de modelos explicativos del MRU, que con lo intuitivo (Sardà y Sanmartí, 2000), por otro lado, se evidenció que los estudiantes recurren a la teoría de la cinemática utilizando las descripciones de variables y los modelos gráficos funcionales que explicitan las relaciones entre ellas, por tanto se puede constatar que la argumentación puede ser entendida como el uso de modelos y teorías que tiene el estudiante (Giere y Duschl, 1992; Gitomer, 1997).

Se observa en la red sistémica que existe una relación entre la sub-categoría *concluye*, del Nivel 1, 3 y 4 de argumentación, respecto a las condiciones de *movimiento* y *reposo* con las sub-categorías del modelo explicativo Gráfico Funcional (SFG). Estas relaciones se hicieron

explícitas en los instrumentos Pos Test 1 (**PT1**), Foro (**F**) e instrumento Pos Test 2 (**PT2**). Las conclusiones a las que llegaron los estudiantes tienen como soporte el uso de los gráficos que corresponden a la temática de Movimiento Rectilíneo Uniforme.

En el caso del Nivel 1 de argumentación, la conclusión que obtuvieron por los estudiantes correspondió a la relación que podrían imaginar o evidenciar al momento que utilizaron el método de punteo. La correspondencia entre los valores de las variables en el plano cartesiano permite asociar la condición de reposo, si la línea observada en dicha relación es horizontal; o movimiento, si la línea observada es inclinada. Tal como se indicó anteriormente, la relación de variables en un arreglo geométrico es característica del modelo explicativo Gráfico Funcional.

LJ1PT1, LJ2PT2, YJ1PT1, YJ2PT2, BJ1PT1, NJ1PT1, NJ2PT1: Estudiantes en Nivel 1 de argumentación que concluyeron las condiciones de reposo o movimiento utilizando los conceptos del MRU en relación a las líneas horizontal o diagonal obtenidas con el método de punteo. En la justificación de los argumentos escritos por los estudiantes se explicita la relación entre las variables de posición y tiempo, lo cual es característica del modelo Gráfico Funcional.

En los casos de los Niveles 3 y 4 la conclusión que obtuvieron los estudiantes tienen como apoyo los conceptos de MRU, MUA y Caída Libre. Se evidencia en los argumentos construidos que en las justificaciones y los apoyos utilizados tienen relación con la descripción de las variables de posición, tiempo y velocidad en los marcos conceptuales de MRU, MUA y Caída Libre haciendo uso de los gráficos que relacionan las variables de posición y velocidad respecto al tiempo. Se observa que las conclusiones a las que llegaron los estudiantes tienen relación directa con el apoyo conceptual utilizado, aunque en algunos casos no es consecuente con las premisas antecedentes (**LP1PT2, YP1PT2**).

TP1PT2, BP1PT2, CP1PT2, NP1PT2: Estudiantes en Niveles 3 y 4 de argumentación cuya conclusión tuvo relación con el apoyo en los conceptos y teorías de MRU, MUA o Caída Libre y en la justificación describieron las relaciones entre variables propias de esas teorías haciendo uso del método de punteo de manera lingüística o gráfica (SGF).

En la categoría *explica por qué* (Figura 10) del movimiento del objeto se encontró que el Nivel 1 de argumentación se relaciona con el modelo explicativo pictórico porque algunas de las respuestas de los estudiantes, se centraron en describir el origen del movimiento del objeto utilizando para ello objetos que representaban personas o pies al mismo tiempo que la trayectoria que seguiría el objeto luego de ser impulsado.

YP2IP, BP2IP, CP2IP: Respuestas de estudiantes que están en Nivel 1 de argumentación y que describieron desde sus vivencias las causas del movimiento. Además las asociaron con la futura trayectoria que tendría el cuerpo luego de ser impulsado. Se puede observar que recurren a modelos gráficos tipo Objeto y Trayectorial y los entes que utilizan tienen relación con las vivencias del contexto al asimilar al hombre como generador de movimiento.

Si bien no es objeto de investigación el análisis de los modelos explicativos que tienen los estudiantes en las causas del movimiento de los cuerpos, se encontraron relaciones entre los modelos explicativos propuestos en este trabajo con los niveles de argumentación respecto a la descripción del movimiento de los cuerpos asociado a la variable de velocidad.

En el caso del estudiante **C** en las respuestas **CJ1PT1** y **CJ2PT1** al instrumento Pos Test 1 (**PT1**) se evidencia la relación entre el Nivel 3 de argumentación y el modelo Gráfico Funcional (SGF) porque hace uso de la descripción de variables como Presión y Velocidad. La descripción realizada en la variable de velocidad hace uso del método de punteo para la representación gráfica de una variable en el plano cartesiano y concluye correctamente en el

contexto de los conceptos de MRU y MUA.

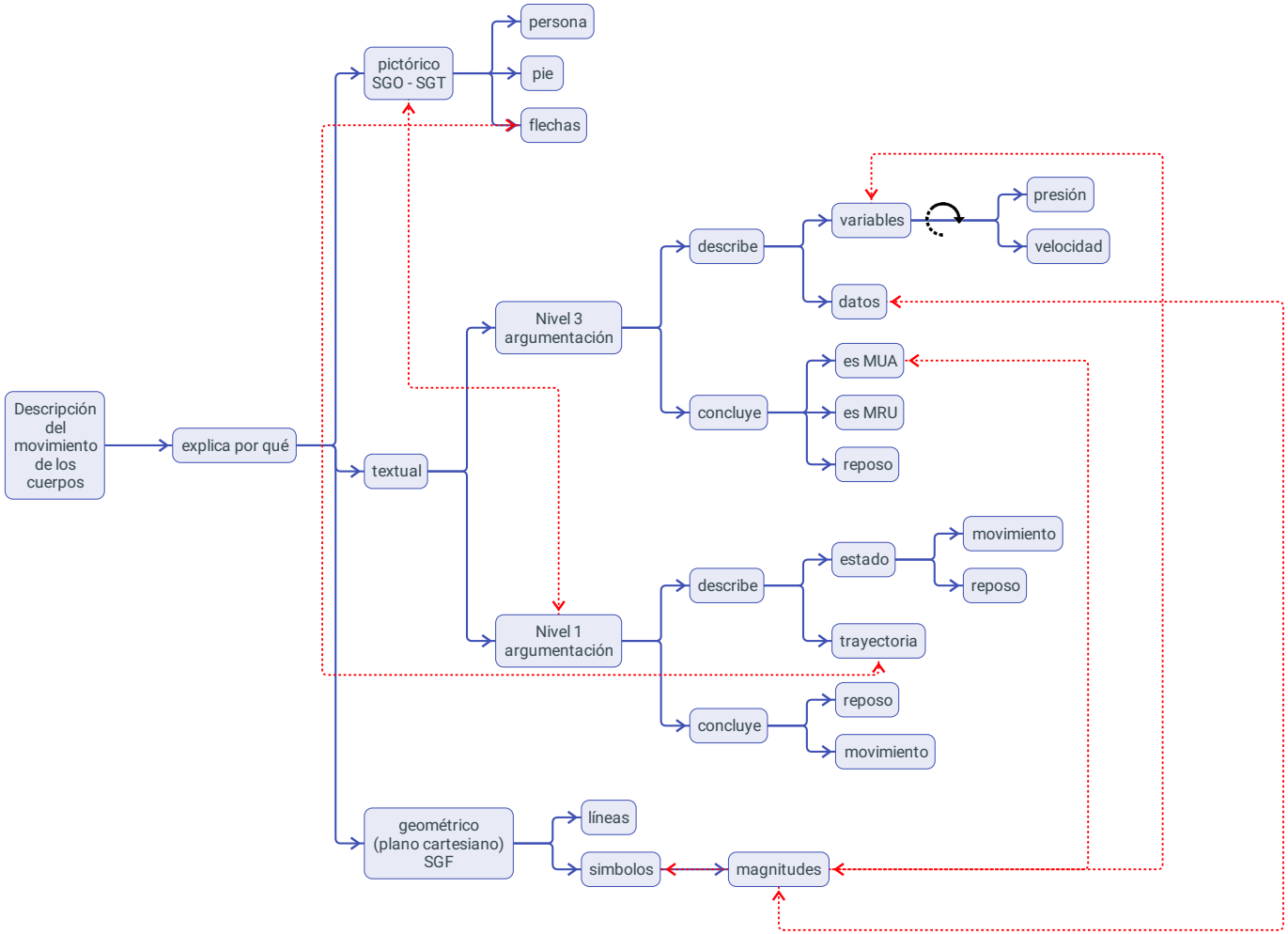


Figura 10. Red sistémica de las relaciones entre los niveles de argumentación y los modelos explicativos en la descripción del movimiento de los cuerpos: Origen del movimiento.

Se evidencia en la red sistémica que las sub-categorías de *variables* y *datos* del Nivel 3 de argumentación se relaciona con la sub-categoría de *símbolos - magnitudes* de la categoría del modelo Gráfico Funcional SGF. En estas respuestas se encontró que el estudiante describe el comportamiento de la variable velocidad respecto al tiempo asumiendo que es constante para llegar a la conclusión de que se trata de MUA.

Teniendo en cuenta la información descrita anteriormente, se construyó la Tabla 14 en donde se explicitan los casos de relación que tuvieron los estudiantes entre los modelos explicativos Gráfico Objeto (SGO), Gráfico Trayectorial (SGT) y Gráfico Funcional (SGF) con los niveles de argumentación emergentes en las respuestas (Nivel 1, 3 y 4) en cada una de las etapas de la investigación.

Niveles de Argumentación	Instrumentos Aplicados											
	Ideas Previas			Pos Test 1			Foro*			Pos Test 2		
	SGO	SGT	SGF	SGO	SGT	SGF	SGO	SGT	SGF	SGO	SGT	SGF
Nivel 1	5	6				4						
Nivel 3						1						1
Nivel 4						1			3			5

* *No participaron todos los estudiantes.*

Tabla 14. Clasificación de los estudiantes según los casos de relación entre los niveles de argumentación y los modelos explicativos.

En la Tabla 15 se realiza una síntesis de las relaciones encontradas en la red sistémica en la descripción del movimiento de los cuerpos entre los niveles de argumentación y los modelos explicativos. En las redes sistémicas construidas (Fig. 9 y Fig. 10) se explicitan las relaciones entre las sub-categorías de cada una de las categorías relacionadas a continuación.

Niveles Argumentación	Modelos explicativos		
	SGO	SGT	SGF
Nivel 1	posición, estado ↔ objetos	trayectorias ↔ flechas, líneas	variables ↔ líneas, símbolos
Nivel 3			variables, datos ↔ magnitudes
Nivel 4			variables, datos ↔ símbolos, líneas conclusiones ↔ líneas, símbolos

Tabla 15. Clasificación de las categorías de relación entre los niveles de argumentación y los modelos explicativos de los estudiantes en la descripción del movimiento de los cuerpos.

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

- Los modelos explicativos que tenían los estudiantes respecto a la descripción del movimiento de los cuerpos se caracterizan por estar en las categorías de Gráfico Objeto (SGO) y Gráfico Trayectorial (SGT), las cuales tienen relación con el Nivel 1 de argumentación por describir los hechos desde las percepciones y vivencias en el contexto en el que se desenvuelven.

- Luego de aplicar la unidad didáctica, la mayoría de estudiantes continuaron en Nivel 1 de argumentación y realizaron procesos de descripción, pero hicieron uso de criterios que caracterizan al modelo Gráfico Funcional (SGF) como lo son el uso de las variables de tiempo, posición y velocidad.

- El modelo explicativo Gráfico Funcional (SGF) fue utilizado por los estudiantes que llegaron al Nivel 3 y 4 de argumentación como elemento teórico de apoyo en la estructura del argumento. El uso que hicieron de este modelo fue desde lo descriptivo lingüístico hasta el uso explícito de las gráficas para representar las características del MRU.

- En este caso, se evidenció que el conocimiento del modelo SGF les permitió a los estudiantes utilizar características propias del modelo, como lo son las relaciones entre las variables de posición y tiempo en la estructura argumentativa en los procesos de justificación, apoyo y conclusión. Esta transición podría resultarles de menor dificultad por tratarse de una representación gráfica.

6.2 Recomendaciones

- ➢ Añadir la justificación a la respuesta para las preguntas 1 y 2 del instrumento de Ideas Previas.

- ➢ El uso de herramientas que permitan visualizar las relaciones de las variables de posición y tiempo ayudan a que el estudiante interprete algunos procesos como lo es el de punteo.

- ➢ Diseñar un instrumento para adquirir información de los modelos explicativos utilizados en el Foro.

- ➢ Realizar una muestra de estudiantes al azar para contrastar la información obtenida en esta investigación.

- ➢ Utilizar preguntas que orienten a la medición de las variables posición y tiempo promueve la discusión grupal en la descripción del movimiento de los cuerpos ya que en el contexto de esta investigación los estudiantes asumen por criterios de autoridad el uso de magnitudes pero no lo contextualizan en las observaciones de la realidad.

- ➢ Se podría utilizar los ambientes de discusión generados en el aula para orientar los procesos de construcción de ciudadanía.

- ➢ Resulta oportuno realizar cambios en el plan temático de ciencias con el fin de fortalecer la apropiación del modelo SGF. Una opción podría ser continuar con la descripción de otros movimientos como lo son Movimiento Circular Uniforme y Movimiento Armónico Simple.

Referencias

Acuña, C. (2001). Concepciones en graficación, el orden entre las coordenadas de los puntos del plano cartesiano. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 4(3):203–217.

Adúriz, A., Gómez, A., Rodríguez, D., López, D., Jiménez-Aleixandre, M., Izquierdo Aymerich, M., y Sanmartí Puig, N. (2011). *Las Ciencias Naturales en Educación Básica: formación de ciudadanía para el siglo XXI.* Secretaría de Educación Pública Argentina y México, México.

Alvarez, J. L. (2012). El fenómeno de la caída de los cuerpos. *Revísta Mexicana de Física*, 58(1):36–40.

Aragón, M. (2007). Las ciencias experimentales y la enseñanza bilingüe. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1):152–175.

Archila, P. A. (2012). La investigación en argumentación y sus implicaciones en la formación inicial de profesores en ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(3):361–375.

Blanco, P. y Diaz, J. (2014). Argumentación y uso de pruebas: realización de inferencias sobre una secuencia de icnitas. *Enseñanza de las ciencias*, 32(2):35 – 52.

Buitrago, A., Mejía, N., y Hernández, R. (2013). La didáctica de la lógica y la argumentación. *Innovación Educativa*, 13(63).

Diosa Ochoa, Y. (2012). Enseñanza-aprendizaje de la cinemática lineal en su representación gráfica bajo un enfoque constructivista: ensayo en el grado décimo de la institución

educativa pbro. juan j. escobar. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Medellín, Medellín.

Driver, R. y Newton, P. (2000). *Establihing the norms of scientific argumentation in classrooms*. Science Education.

Fouse, J. (2001). La explicación del cambio o movimiento. Recuperado de http://www.webdianoia.com/aristoteles/aristoteles-fis-3.htm.

Greca, M. y Rodriguez, L. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Porto Alegre*, 2(3):37–57.

ICFES (2016). *Lineamientos generales para la presentación del examen de Estado Saber 11. Edición 2.* Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación, Bogotá.

Izquierdo, M. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las ciencias*, pages 79–91.

Jaimes, A. y Ossa, C. (2016). Impacto de un programa de pensamiento crítico en estudiantes de un liceo de la región del biobío. *Pensamiento Educativo. Revista de Investigación Educacional Latinoamericana*, 53(2):1 – 11.

Jiménez, A. (2000). *Modelos didácticos*. Universidad de Santiago de Compostela.

Jorba, J. y Sanmartí, N. (2014). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación contínua*. Ministerio de Educación y Cultura, Secretaría General de Educación y Formación Profesional.

Lawson, A. (2003). The nature and development of hypothetico-predictive argumentation with implications. *International Journal of Science Education*, pages 1387–1408.

Milne, C. (2012). Beyond argument in science: Science education as connected and separate knowing. en b. j. fraser, k. tobin y c. mcrobbie. *Second international handbook of science education*.

Ministerio de Educación (2004). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Formar en Ciencias: El desafío. Lo que necesitamos saber y saber hacer.* Ministerio de Educación Nacional. Espantapajaros Taller.

Miranda, I., Radford, L., y Guzmán, J. (2007). Interpretación de gráficas cartesianas sobre el movimiento desde el punto de vista de la teoría de la objetivación. *Educación Matemática, Grupo Santillana*, 19(3):5–30.

Morales, A., Mena, J., Vera, F., y Rivera, R. (2011). El rol del tiempo en un proceso de modelación utilizando vídeos de experimentos físicos. *Enseñanza de las ciencias*, pages 237–256.

Orrego, M., Tamayo, O., y Ruiz, F. (2016). *Unidades didácticas para la enseñaza de las ciencias*. Universidad Autónoma de Manizales, Manizales.

Osborne, J. (2012). The role of argument: Learning how to learn in school science. en b. j. fraser, k. tobin y c. mcrobbie. *Second international handbook of science education*.

Pinochet, J. (2015). El modelo argumentativo de toulmin y la educación en ciencias: una revisión argumentada. *Ciencias de la Educación*, 21(2):307 – 327.

Plantin, C. (2012). *La argumentación: historia, teorías, perspectivas*. Biblos, Buenos Aires, Argentina.

Popper, K. (1999). *The Logic of Scientific Discovery*. J. International Ltd.

Ruiz, F. (2007). Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 3(2).

Ruiz, F. J., Tamayo, O. E., y Márquez, C. (2013). La enseñanza de la argumentación en ciencias: Un proceso que requiere cambios en las concepciones epistemológicas, conceptuales, didácticas y en la estructura argumentativa de los docentes. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 9(1):29 – 52.

Salazar, M. (2014). Elementos para una propuesta de enseñanza de la física a través de hechos fenomenológicos: el caso del movimiento de los cuerpos. Tesis de pregrado, Instituto de Educación y Pedagogía.

Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la Investigación. 6.Ed.* McGrawHill, México.

Sanchez, L., Gonzales, J., y Garcia, A. (2013). La argumentación en la enseñanza de las ciencias. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 9(1).

Sánchez, A. E. (2017). El plano cartesiano en el contexto de la vida diaria. Master's thesis, Universidad Nacional de Colombia.

Tamayo, O., Zona, J., y Loaiza, E. (2014). *Pensamiento Crítico en el aula de Ciencias*. Universidad de Caldas - Colciencias, Libros de Investigación No. 54, Manizales.

Tamayo, O. E. (2014). Pensamiento crítico dominio específico en la didáctica de las ciencias. *TED*, pages 25 – 46.

Tecnológico de Monterrey (2014). Aprendizaje invertido. *EduTRENDS*, pages 4 – 5.

ANEXOS

Institución Educativa Técnica Agropecuaria Santa Cecilia

Nombres y apellidos	Grado	Edad

Problemas - Movimiento de los cuerpos - Grado 10

Gráfico 1

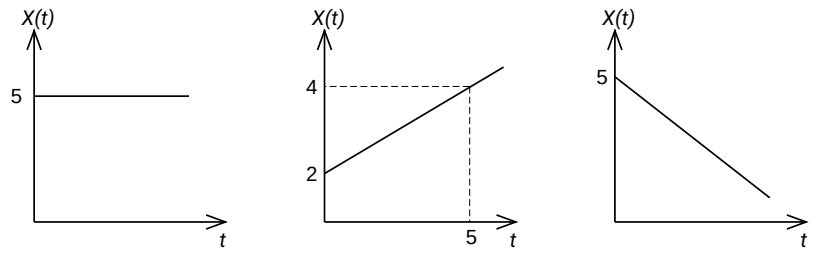
Por medio de un gráfico representa que un cuerpo cualquiera no está en movimiento.

Gráfico 2

Imagina que un balón está rodando en una cancha. Cómo describirías ese movimiento utilizando un gráfico?

Gráfico 3

Observa con atención las siguientes figuras:



Explica por qué crees que pueden o no servir para representar los movimientos de un cuerpo.

Caso1:

Caso2:

Caso3:

Anexo 1: Instrumento indagatorio inicial.

Institución Educativa Técnica Agropecuaria Santa Cecilia

Nombres y apellidos	Grado	Edad

Problemas - Movimiento de los cuerpos - Grado 10

Pregunta 1

Por medio de un gráfico representa que un cuerpo cualquiera NO ESTÁ en movimiento.

Pregunta 2

Imagina que un balón está moviéndose en una cancha. Cómo describirías ese movimiento utilizando un gráfico?

Justificación 1

Por qué afirmas que el gráfico de la pregunta 1 describe un cuerpo que NO se mueve?

Justificación 2

Por qué afirmas que el gráfico de la pregunta 2 describe que el balón esta moviéndose en la cancha?

Anexo 2: Instrumento Pos Test - 1.

Institución Educativa Técnica Agropecuaria Santa Cecilia

Nombres y apellidos	Grado	Edad

Problemas - Movimiento de los cuerpos - Grado 10

Pregunta

Un cuerpo que está en reposo (velocidad igual a cero) tiene Movimiento Rectilíneo Uniforme? Argumente su respuesta.

Anexo 3: Instrumentos Pos Test 2.

UNIDAD DIDÁCTICA

Ciencias Naturales - Física

Grado 10

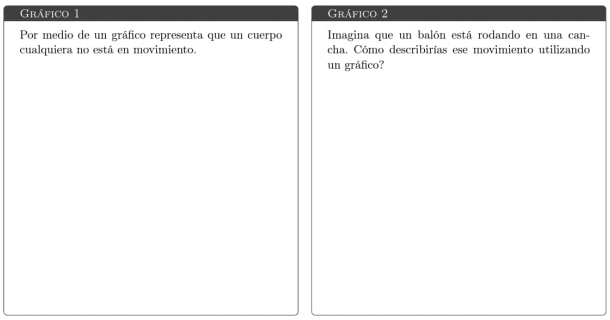
¿Cómo describir el movimiento de los cuerpos?

Miguel Adolfo López

Identificación	**Institución:** Institución Educativa Técnica Agropecuaria Santa Cecilia Corregimiento de Santa Cecilia - San Lorenzo - Nariño. **Tema a trabajar:** Cinemática: Cómo se mueven los cuerpos? **Objetivo de la clase:** Acercar a los estudiantes al uso de las matemáticas para modelar, analizar y presentar datos y modelos en forma de ecuaciones,funciones y conversiones. **Grado:** Décimo **Número de horas:** 8h
Pregunta problematizadora	¿A través de qué herramientas matemáticas pueden ser descritas las características de distintos fenómenos físicos? (MEN, 2010)

Etapa	Actividades de Aprendizaje	Recursos
Introducción	**Ideas Previas** Aplicar el instrumento de ideas previas a los estudiantes para acceder a la información de los modelos explicativos que tienen para describir el movimiento de los cuerpos respecto al tiempo. En el mismo instrumento se indaga el nivel de argumentación respecto al uso del plano cartesiano como herramienta formal en la descripción del movimiento de los cuerpos.	Cuestionario  Instrumento Ideas Previas

Tener en cuenta las preguntas 1 y 2 del instrumento.

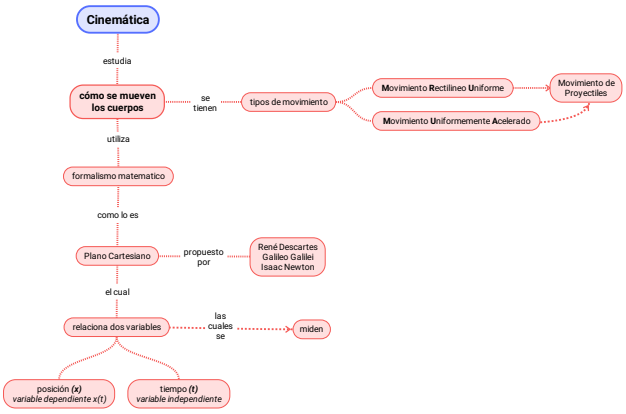


Luego de aplicar el instrumento de Ideas Previas indicar a los estudiantes que intercambien las respuestas con sus compañeros de clase y se realizan las siguientes preguntas:

- ¿El gráfico dibujado por tu compañero describe que un cuerpo está en reposo? ¿Por qué?
- ¿Cuánto tiempo ha estado en reposo el objeto según la descripción realizada por tu compañero? ¿Por qué?
- ¿Qué tan rápido se mueve el cuerpo que dibujó tu compañero? ¿Por qué?
- ¿Qué tan lejos ha llegado el cuerpo en movimiento que dibujó tu compañero? ¿Por qué?

Escribir en el tablero las respuestas de los estudiantes que participen y organizarlas por categorías similares. Realizar un consenso respecto a qué información es la necesaria para describir el movimiento de un cuerpo.

Hacer notar la importancia de las variables de posición (x), tiempo (t) y un sistema de referencia.

Construcción	Realizar clase magistral del tema de cinemática. Utilizar el siguiente mapa conceptual como guía.  Realizar un recorrido histórico sobre el tema de la descripción del movimiento de los cuerpos. Se realiza exposición magistral. **Aristóteles.** Se basa en su concepción de la sustancia, en el hilemorfismo. Según esta teoría, la sustancia está compuesta de materia y forma, y que la forma representa la esencia, aquello que la cosa es, lo que la define. Nombramos a las sustancias por su forma, por su esencia. Cada cosa tiende por naturaleza a cierta posición preferida. El movimiento o el cambio es una propiedad característica de los seres físicos (naturales) y mientras otros filósofos lo consideraron como desintegración o deterioro de la materia, Aristóteles lo entendía de forma perfectiva (perfección), ya que el movimiento es el resultado de la tendencia de la naturaleza a desarrollarse, es decir a perfeccionarse. Exponer magistralmente el ejemplo del crecimiento de un árbol.	Tablero, Marcadores  EV3 - Fisica

Cambio accidental o movimiento

Es aquel que no afecta a la sustancia, sino a sus accidentes. La sustancia es el substrato o carácter subsistente del sujeto, es decir lo que existe por sí, sin depender de nadie. Los accidentes no existen por sí, sino que dependen de la sustancia. Dependiendo de la clase de accidentes que sean modificados, Aristóteles clasifica en tres los cambios accidentales:

Cuantitativo: afecta a la cantidad. Es el crecimiento y la disminución de una substancia o de un accidente de la misma.

Cualitativo: es el cambio en las cualidades de una substancia.

Locativo: es el cambio de lugar o de traslación.

Hay que tomar en consideracion que la física aristotelica es una física no matematizable y que los conceptos que aparecen en ella se refieren a cualidades.

Galileo Galilei.

La observación del cosmos permitió recordar que algunos fenómenos se habían excluido del marco explicativo de las cosas, el movimiento retrógrado de Marte, los eclipses, las fases de Venus descubiertas en 1610 por Galileo, las fases de Mercurio que si bien Galileo no llegó a confirmarlas por la imprecisión de sus instrumentos, los satélites de Júpiter, y la observación de las manchas solares, que para la escuela peripatética se consideraba que no existían, debido a que no existe corrupción ni generación en la bóveda celeste, por tanto las manchas no podían ser sino

engaños de los cristales o falsas apariencias. Teniendo en cuenta lo anterior, fue complejo explicar estos hechos desde la perspectiva en la que se fundamentaban, por tanto ello implicaría observar desde otro punto de vista en el que se concibe en movimiento la tierra, lo único que para ellos era inmóvil. Indiscutiblemente, Galileo se propuso romper estos esquemas y presentar una nueva ciencia donde se aleja de la observación como el confuso ver inicial, y considera la experimentación en representación de la realidad, la cual le permite decir que las cosas no están dadas, sino que los comportamientos de la naturaleza pueden ser explicados a través de diversos razonamientos, entre ellos el del formalismo semiótico matemático, el cual sería denido posteriormente por Sir Isaac Newton. Una de las herramientas que se utilizan en la relación de variables al observar un fenómeno es el plano cartesiano. Éste permite visualizar grácamente dicha relación y desde ahí aproximarla a una expresión algebraica. La construcción de un modelo con este proceso tendría una naturaleza hipotético -predictiva (Lawson, 2003) y las predicciones realizadas con este modelo son las que se someten a la falsabilidad (Popper, 1999). El tiempo es una de las variables respecto a las cuales se realiza este modelamiento físico-matemático.

Preguntar a los estudiantes:

- ¿Cuál de las dos maneras de describir el movimiento les parece más recomendable? ¿Por qué?

Concluir con el grupo que la manera más óptima es utilizar el plano cartesiano y que se necesita medir distancias y tiempos.

Proponer la practica experimental de describir el movimiento de un balón y se utiliza la cuadrícula formada por las baldosas del piso para evidenciar la utilidad del plano cartesiano para describir el movimiento de un cuerpo.

Tablero, marcadores, cinta métrica, balón

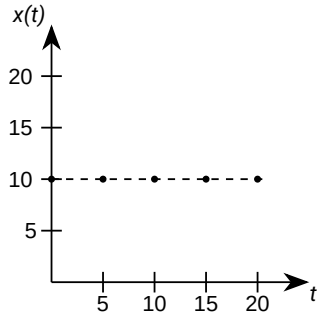


Apk cronómetro

A modo de orientación se utiliza el modulo EV3 que está programado para moverse en línea recta. Mientras el objeto se mueve, se describe oralmente a los estudiantes las unidades (baldosas) que recorre y el tiempo que ha demorado en hacerlo. Se les recuerda que deben tomar atenta nota de esas mediciones ya que de ellas depende la gráfica que se va a obtener al final y de ésta dependen las conclusiones del movimiento mismo.

Cada grupo de estudiantes (máximo 3 personas) utiliza una tableta y una cinta métrica para realizar las medidas correspondientes.

Seleccionar un grupo de estudiantes para que describa el movimiento de un balón en reposo. Se orienta a los estudiantes del grupo respecto a que la medida de posición es siempre x metros mientras el tiempo t sigue transcurriendo.



Al terminar la práctica se realiza una mesa redonda y se invita a los estudiantes que tenían el caso del balón en reposo a que expongan sus resultados. Se orienta la actividad de tal manera que la gráfica final sea coherente con la mostrada en la figura anterior.
Revisar las diferentes mediciones y se grafican en planos cartesianos en el tablero. Se orienta al grupo respecto a que hay una tendencia al ubicar los puntos y es la de línea recta. En los casos en los que no exista un comportamiento lineal en los datos, se debate el *por qué* creen los estudiantes que eso sucedió. Se debe orientar a concluir que la toma de datos es de bastante responsabilidad ya que si los datos son erróneos, las conclusiones a las que se llegan estarían equivocadas también.
Exponer en clase magistral a los estudiantes el siguiente mapa conceptual:



Hacer énfasis en las diferentes formas de descripción del movimiento de los cuerpos partiendo de las planteadas por ellos y concluyendo en el formalismo matemático (plano cartesiano y funciones). Se recuerda que las funciones son descritas gráficamente en planos cartesianos y que ya conocemos la descripción algebraica de varias de ellas.

Tablero, marcadores, cinta métrica, balón

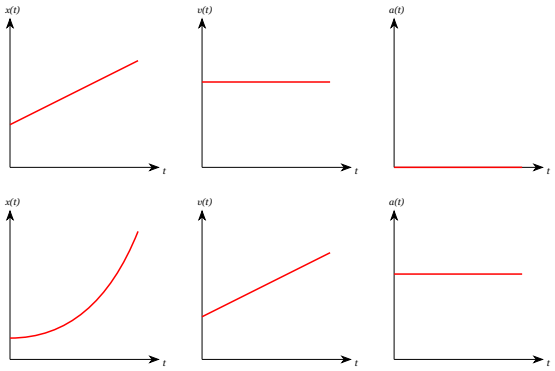


Módulo EV3

Recordar las gráficas de las funciones lineal, cuadrática, exponencial y trigonométricas.

Repetir la práctica experimental de descripción del movimiento de un balón que cae de una altura determinada. Luego de la práctica se realiza un foro para discutir respecto a si es MRU. Se le pregunta a cada grupo que tesis plantea (si es o no es MRU) y un argumento que apoye a dicha tesis.

Se expone magistralmente los tipos de gráficos que se pueden obtener de los datos según los tipos de movimiento (MRU y MUA).



Utilizar el módulo EV3 con el programa `Fisica\Valores`, el cual arroja los datos de altura cada $t = 10\text{mS}$.



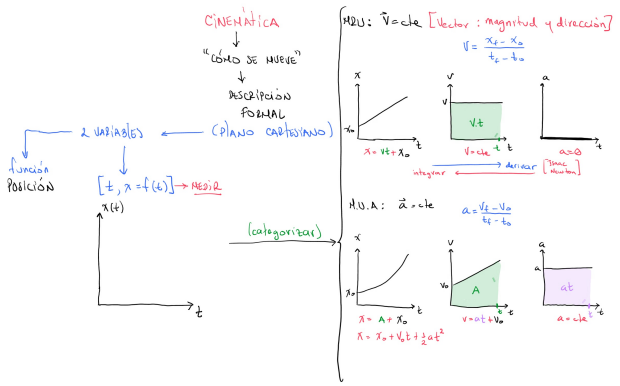
Recordar a los estudiantes que esos datos son obtenidos automáticamente y que deben graficarse en el plano cartesiano.

Cada grupo de estudiantes opera el módulo de la siguiente manera:

- ➢ Sostener el módulo EV3 en posición vertical apuntando el sensor infrarrojo hacia abajo justo por encima del objeto que se deja caer.
- ➢ Presionar el botón central del módulo EV3 al mismo tiempo que se deja caer el objeto.
- ➢ Copiar los valores que entrega en pantalla el módulo.
- ➢ Realizar la gráfica de los valores en un plano cartesiano, teniendo en cuenta que cada dato de posición se mide cada 10mS.

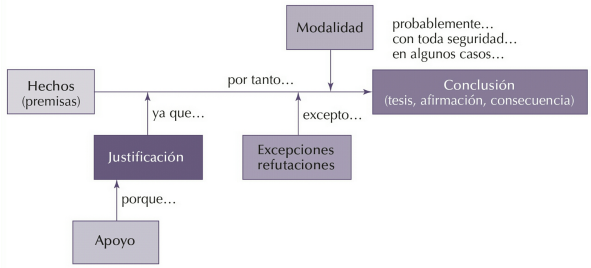
Realizar un foro con los estudiantes en el cual se exponen los resultados y se comparan las gráficas obtenidas con las gráficas expuestas anteriormente.

Exponer magistralmente el siguiente diagrama conceptual a modo de resumen de la temática abordada.



Relatar los alcances del trabajo de Sir. Isaac Newton en el cálculo.

Socializar la estructura de Toulmin (Plantin, 2012) para construir un argumento. Redactar con los estudiantes un argumento, con base en la estructura socializada, que de soporte a una de las tesis propuestas en respuesta a la práctica experimental.



Cierre

Aplicar el cuestionario de Pos – Test con el fin de obtener información respecto al cambio conceptual en la descripción del movimiento de los cuerpos respecto al tiempo.

Cuestionario, Tablero, Marcadores



Instrumentos Pos – Test

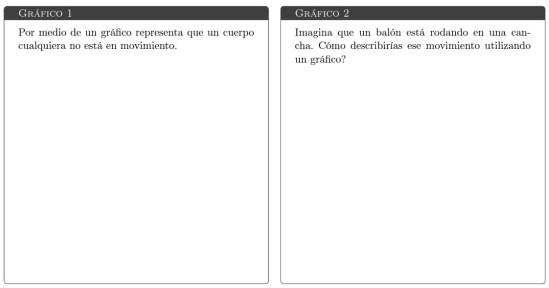


GRÁFICO 1

Por medio de un gráfico representa que un cuerpo cualquiera no está en movimiento.

GRÁFICO 2

Imagina que un balón está rodando en una cancha. Cómo describirías ese movimiento utilizando un gráfico?

Realizar las siguientes preguntas para obtener información de los niveles de argumentación.

➢ Un cuerpo que está en reposo ($\vec{v} = 0$) tiene MRU? Argumente su respuesta.

➢ Dos personas observan que un objeto cae desde una azotea y reflexionan al respecto. Uno de ellos opina que se trata de MRU ya que el objeto se está moviendo en línea recta, el otro opina que es MUA porque el cuerpo está aumentando su velocidad. Qué harías para determinar quién de los dos tiene la razón?

Realizar una práctica experimental como actividad final. Dicha actividad corresponde a tiro parabólico.

Se plantea la siguiente pregunta:

➢ Describir el movimiento de un balón que cae desde una terraza después de ser pateado horizontalmente.

Organizar a los estudiantes en grupos para que discutan qué plan seguir para dar solución al problema planteado.

Tablero, marcadores, cinta métrica, balón



Módulo EV3

Orientar al grupo al entendimiento de la independencia en los dos tipos de movimiento: MRU en el eje $\hat{x}$ y MUA en el eje $\hat{y}$. Enfatizar en la diferencia que existe entre *trayectoria* y *gráfica funcional*. Motivar a los estudiantes a realizar la práctica experimental según el plan propuesto por ellos en consenso.

Platear la siguiente modificación a la pregunta:

➢ Se patea horizontalmente dos balones al mismo tiempo desde la misma altura, pero a uno de ellos se le da mas impulso que al otro. Cuál balón cree usted que caerá primero? ¿Por qué?

Realizar la práctica experimental en grupos de tres estudiantes.

Orientar a los estudiantes mientras realizan la práctica en la sincronización de la acción de patear el balón. Sugerir la grabación en la tableta asignada para verificar el video posteriormente cuadro a cuadro y tener evidencia de la actividad realizada.

Realizar un foro final en el cual cada grupo redacta un argumente que apoye una de las siguientes tesis:

- ➢ Los balones caen al mismo tiempo.
- ➢ El balón que se impulsó mas fuerte cae después.

Evaluación

- ➢ Contrastar la descripción del movimiento del balón realizada por el estudiante con el marco conceptual (Serway y Raymond, 2009) y los niveles de argumentación con base en los niveles de argumentación (Tamayo, 2014).
- ➢ Quiz y talleres operativos de Encuentros y Persecuciones.
- ➢ Comportamiento en clases.

Referencias

Lawson, A. (2003). The nature and development of hypothetico-predictive argumentation with implications. *International Journal of Science Education*, pages 1387–1408.

MEN (2010). *Estandares Básicos de Competencias en Ciencias*. Ministerio De Educación Nacional, Colombia.

Plantin, C. (2012). *La argumentación: historia, teorías, perspectivas*. Biblos, Buenos Aires, Argentina.

Popper, K. (1999). *The Logic of Scientific Discovery*. J. International Ltd.

Serway y Raymond (2009). *Fśica para ciencias e ingeniería - Volúmen I*. Cengage Learning, 7ed, México.

Tamayo, O. E. (2014). Pensamiento crítico dominio específico en la didáctica de las ciencias. *TED*, pages 25 – 46.