



# Enseñando a construir modelos explicativos de física en torno a juguetes\*

## Teaching to build explanatory models of physics around toys

Olga Lucía Castiblanco Abril<sup>1</sup>, Xavier Parmenio Salinas<sup>2</sup>, Yuli Patricia León Acosta<sup>3</sup>,  
Diego Fabián Vizcaíno Arévalo<sup>4</sup>

**Para citar este artículo:** Castiblanco, O. L.; Salinas, X. P.; León, Y. P.; Vizcaíno, D. F. (2018). Enseñando a construir modelos explicativos de física en torno a juguetes. *Infancias Imágenes*, 18(1), 21-35

**Recibido:** 16-diciembre-2017 / **Aprobado:** 7-febrero-2019

### Resumen

Se presentan los resultados de una investigación cuya pregunta central fue ¿cómo fomentar en los niños de un curso de grado quinto de primaria el desarrollo de modelos explicativos de la física, basados en el diseño y uso de juguetes? La metodología de investigación fue de tipo intervención en cooperación entre el grupo de investigación en Enseñanza y Aprendizaje de la Física y un colegio público de la ciudad de Bogotá. Entre los resultados a destacar está la ganancia observada por la maestra titular en el desarrollo de un discurso científico alternativo en el aula y mayor integración con el proceso de aprendizaje de sus alumnos. Los niños, por su parte, dieron muestras de haber evolucionado en la construcción de sus modelos explicativos en torno al fenómeno de caída libre y de equilibrio, abordando conceptos como masa, peso, volumen, equilibrio, fuerza de fricción y empuje.

**Palabras clave:** enseñanza de la física, educación básica, juguete educativo, estrategia de enseñanza.

### Abstract

This paper presents the results of a research whose central question was; how to encourage the development of explanatory models of physics based on the design and use of toys in fifth grade children? The Research methodology was of type intervention in cooperation between the research group in Teaching and Learning of Physics and a public school of the city of Bogotá. Among the highlighted outcomes is the gain observed by the head teacher in development of an alternative scientific speech in the classroom and greater integration with the learning process of her students. Children, on the other hand, showed signs of having evolved in the building of their explanatory models around the phenomenon of free fall and equilibrium, addressing concepts such as mass, weight, volume, balance, friction force and thrust.

**Keywords:** physics education, basic education, educational toys, teaching strategy.

21

\* Esta investigación está concluida y hace parte del proyecto de investigación "Relaciones entre la investigación en enseñanza de las Ciencias y la práctica docente" con el apoyo del Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico y el Instituto de Estudios e Investigaciones en Educación, de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

1 Doctora en Educación para la Ciencia. Docente Investigadora, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo electrónico: [olcastiblancoa@udistrital.edu.co](mailto:olcastiblancoa@udistrital.edu.co)

2 Licenciado en Física. Correo electrónico: [xavi812921@hotmail.com](mailto:xavi812921@hotmail.com)

3 Docente titular del colegio Usme Brasilia-IED, Bogotá.

4 Doctor en Educación para la Ciencia. Docente de la Universidad Antonio Nariño. Correo electrónico: [d\\_vizcaino@yahoo.com](mailto:d_vizcaino@yahoo.com)

## Introducción

Uno de los problemas que hoy enfrenta el cambio de las estrategias de enseñanza en ámbitos escolares y especialmente en el contexto de la educación primaria es el poco diálogo que existe entre los resultados de investigación producidos por la academia en el ámbito universitario referentes a nuevas metodologías para la enseñanza de las ciencias y los docentes que están en ejercicio desarrollando diariamente la enseñanza.

De acuerdo con Martins y Variani (2012) es necesario superar la brecha que existe entre docencia e investigación, ya que de una parte los profesores se centran en la práctica, mientras los investigadores en la teoría, porque así se los exigen sus contextos, pero llevando a resultados en los que la práctica carece de nuevos horizontes y la teoría carece de referentes reales para continuar desarrollándose. Pero, sobre todo, no hay comunicación entre unos y otros con el fin de mejorar los procesos de enseñanza y tener mayor impacto en la sociedad.

22 También, para el caso de la formación de profesores de ciencias, autores como Souza y Nardi (2015) identifican que hay falencias para educar futuros profesores que asuman su acción docente como un objeto de estudio. Sin embargo, la literatura ya ha mostrado una diversidad de tendencias para relacionar la investigación con la docencia, que puede ser mediante la formación de profesores investigadores, el uso de resultados de investigación como principio de formación de profesores en los diferentes niveles y áreas, o la enseñanza de la reflexión y el análisis sobre la propia acción docente.

Es decir, las causas del poco diálogo entre la teoría y la práctica de la enseñanza de las ciencias están, de un lado, en la falta de formación de los maestros para el diálogo con la investigación, así como la falta de formación para la investigación en el ámbito docente. Pero también se explica en la falta de intercambio entre los investigadores y los docentes en ejercicio como resultado de las políticas de formación de docentes y de desarrollo de las escuelas.

En este trabajo hacemos una propuesta que aporta a la solución de esta problemática a través

del establecimiento de un diálogo directo entre un grupo de investigación instalado en la universidad y un docente en ejercicio de un colegio público. Dicho de otro modo, la intervención se hizo en el marco de un intercambio directo entre el grupo de investigación en Enseñanza y Aprendizaje de la Física y una profesora titular apoyada por su institución educativa, con el propósito de innovar en la enseñanza de la física en grado quinto de primaria.

En esta perspectiva, buscamos responder entre todos al problema planteado por la profesora titular, en el sentido de encontrar modos alternativos de la enseñanza de la física para sus estudiantes. Ella manifestó no tener conocimiento sobre esta área específica, pese a que afirma que la enseña basada en los libros de texto disponibles, lo cual le genera cierta inquietud, pues observa que sus alumnos no se motivan lo suficiente.

Luego de un análisis de los conocimientos del estudiante de licenciatura en física que realizó la intervención, junto con los intereses de la profesora, se decidió trabajar con los juguetes, pues se define la perspectiva de utilizarlos como material de laboratorio dentro del aula de clase dada la amplitud de posibilidades reflexivas, de análisis e interpretación que permiten, así como el papel activo que ofrece a los niños y también a la docente.

Como resultado de nuestras reflexiones concluimos que el aprendizaje de conocimientos científicos requiere de una interacción continua del individuo con diferentes formas de aprendizaje, de preferencia aquellas que posibilitan experiencias vivenciales en torno al deseo de descubrir, comprender y explicar situaciones dentro de su cotidianidad. Es necesario hacer de la clase de ciencias un espacio de interpretación y comprensión de situaciones que les permitan a los estudiantes no solamente ver de una manera más amplia el mundo que los rodea, sino también hacer uso de este conocimiento y sacar provecho en diversas situaciones.

En este marco de reflexión consolidamos la siguiente pregunta de investigación: ¿cómo fomentar en los niños el desarrollo de modelos explicativos de la física, basados en el diseño y uso de juguetes? Para proyectar la solución a esta pregunta realizamos lecturas en los temas relacionados a

continuación, sobre la enseñanza de las ciencias para niños, sobre el uso de los juguetes en la enseñanza y sobre la enseñanza por construcción de modelos explicativos.

## Marco de referencia

### La enseñanza de las ciencias para niños

Pujol afirma que “en la etapa de primaria, el alumno inicia los mecanismos que hacen posible la comunicación, allí el niño aprende progresivamente a expresar sus propias ideas y a comprender las de los demás” (2007, p. 155). La clase de ciencias debe contribuir con este proceso de formación, brindando al estudiante la oportunidad de expresar sus ideas naturales y a la vez aprender a escuchar, comprender y contemplar otros puntos de vista de un mismo fenómeno; de tal forma que se promueva un ambiente participativo, interpretativo y argumentativo, basado en una experiencia de construcción colectiva.

En esta misma perspectiva, Sanmartí (2002) y Sanmartí y Sarda (2010) reflexionan sobre para qué enseñar y qué enseñar de ciencias en la escuela, frente a lo cual concluyen que efectivamente va más allá de entrenar en unos determinados contenidos, pues se trata más bien de educar el pensamiento y enseñar para la vida diversos conocimientos en torno a la ciencia.

Las autoras concluyen que, en medio de procesos comunicativos, el niño experimenta mayor compromiso en la construcción de su conocimiento, al mismo tiempo que ordena sus ideas, obtiene una mayor claridad y descubre limitaciones en sus formas de explicar. Por este motivo, la clase de ciencias debe propiciar un ambiente que brinde al estudiante la oportunidad de expresar y socializar lo que observa, piensa y siente, a la vez que aprende de sus compañeros otras formas de ver un mismo fenómeno.

De otra parte, Viennot (2001) nos enseña que la construcción del conocimiento científico de la física en los niños y niñas no solo se reduce a la comprensión de fórmulas matemáticas, sino que requiere de la creación de ambientes que propicien la reflexión sobre el sentido común y el análisis de nuestros pensamientos por medio de un cúmulo de

experiencias, imágenes e inquietudes percibidas a través de nuestros sentidos. Por tanto, la reflexión sobre el sentido común brinda una primera entrada a la ciencia, la curiosidad y el conocimiento, para desarrollar procesos de elaboración de ideas cada vez más organizadas y coherentes para el propio sujeto.

### Los juguetes en la enseñanza de la física

Los juguetes cumplen un papel importante en nuestras vidas al ofrecer en diversos momentos, espacios de familiaridad, acercamiento a las relaciones sociales y apreciación de los momentos de esparcimiento, así como recreación y diversión. Razón por la cual, tanto en nuestras vidas cotidianas como en muchas escuelas, se emplean los juguetes con el fin de estimular desarrollos mentales, del cuerpo, de motricidad, afectividad, inteligencia, creatividad y sociabilidad.

Es por esto por lo que partimos del presupuesto de que el uso de los juguetes en el aprendizaje de las ciencias facilita el diseño de estrategias de enseñanza que posibiliten el desarrollo de habilidades científicas, como el desarrollo del pensamiento crítico, la estimulación de la curiosidad y la creatividad, la capacidad de interpretación de fenómenos físicos, entre otros. En esta línea encontramos autores como Canedo (2007), Cárdenas y Benavides (2011), García (2004), Varela y Martínez (2005), entre otros, que presentan experiencias con el uso de juguetes tanto para el estudio de diversos fenómenos físicos en contextos educativos como para la divulgación científica, y que nos arrojan luces sobre las grandes posibilidades de esta propuesta.

Es de resaltar que haciendo una revisión rápida de los juguetes que pueden existir en el ambiente de un niño, hay un buen número de ellos que basan su funcionamiento en principios y conceptos físicos, hecho que se puede aprovechar para permitir la manipulación directa en un ambiente conocido por los estudiantes que se asemeja a un laboratorio, pero que elimina ciertas barreras de rigurosidad. De esta forma, se promueve una mejor actitud hacia la interpretación de fenómenos involucrados, así como hacia la reflexión individual y colectiva.

## Enseñanza por construcción de modelos explicativos

Gilbert y Justi (2016) nos ofrecen una propuesta que actualmente se asume como una nueva tendencia pedagógica y didáctica en la cual se busca hacer del proceso de enseñanza un mecanismo de construcción y reconstrucción de modelos explicativos por parte del profesor para irlo ajustando al contexto de sus estudiantes. En consecuencia, se espera que el diseño metodológico del profesor a partir de esta perspectiva ofrezca posibilidades a los estudiantes para que desarrollen un proceso de modificaciones de sus propios modelos mentales explicativos en la medida en que van participando de las actividades propuestas por el maestro.

En esta perspectiva, el objetivo de enseñar ciencias no se centra en que los estudiantes se aprendan “bien” el discurso científico establecido por la ciencia. Se trata más bien de que, basados en las elaboraciones hechas por los maestros en torno al discurso científico, el estudiante pueda construir y reconstruir modelos explicativos que paulatinamente van ganando coherencia interna para cada sujeto y para el grupo.

Encontramos muy interesante la diferenciación entre los modelos conceptuales y los modelos mentales propuesta por Johnson-Laird (1983) en donde los modelos conceptuales se refieren al conjunto de conocimientos aceptados por una comunidad científica y expresados en formatos rigurosos, mientras que los modelos mentales son los que todas las personas tenemos para explicar algo que observamos y que ocurre en nuestro entorno. De este modo, entendemos que enseñar ciencias no se trataría de reemplazar los modelos mentales por los conceptuales, sino de orientar procesos basados en el conocimiento de los modelos conceptuales para que los profesores y estudiantes movilicen sus modelos mentales tanto como puedan hasta encontrar en ellos la mayor coherencia interna al ofrecer explicaciones.

## Metodología de investigación

Esta fue una investigación cualitativa de tipo intervención de acuerdo con la perspectiva de Strauss y Corbin (2002) quienes proponen que las técnicas

y procedimientos deben brindar una interacción directa, auto-reflexiva y creativa que favorezca la comprensión del fenómeno en estudio; el cual, para nuestro caso, es el tratamiento de conceptos de la física en un curso de grado quinto de primaria en torno a la construcción y análisis de juguetes.

En la primera fase de la investigación se desarrollaron dos charlas en conjunto entre el grupo de investigación Enseñanza y Aprendizaje de la Física y la docente titular de un colegio público de Bogotá, en donde se estudió el sentido de observar una clase. Allí se presentaron las variables que intervienen en una clase, tales como el discurso y actitud del maestro, el discurso científico en el que se fundamentan los contenidos a ser tratados, el discurso de los estudiantes y su cultura, así como el contexto escolar.

Con base en ello se estudió el significado de observar la clase vs. juzgar al maestro, dado que, en la primera, se va en búsqueda de informaciones que ofrezcan mayor comprensión de la situación y en la segunda se emiten juicios de valor que no necesariamente aportan a dicha comprensión. Esto se hizo con el fin de disminuir el temor de la profesora titular a ser simplemente juzgada.

En la segunda fase un estudiante de Licenciatura en Física, integrante del grupo, acompañó durante dos meses las clases de la docente en una observación no participante, por medio del diligenciamiento de una rejilla de observación (tabla 1), con indicadores previamente diseñados, con el fin de identificar modelos explicativos y formas de interactuar de los estudiantes en las clases de ciencias dirigidas por la profesora, así como sus percepciones frente al uso de juguetes. También se aplicaron entrevistas semiestructuradas a los niños para indagar sus intereses a la hora de seleccionar un juguete. Sobre los datos obtenidos en esta primera fase se diseñó la intervención que buscaba responder nuestra pregunta de investigación en torno a las posibilidades que ofrece el uso de los juguetes en la construcción de modelos explicativos frente a algunos fenómenos físicos<sup>5</sup>.

5 Para ampliación de los datos obtenidos en esta primera fase véase Salinas (2017).

Tabla 1. Rejilla de observación con indicadores

Fecha: _____ Hora: _____	
Tema	Evidencias de presencia/observaciones ausencia
Mención de juguetes	
Uso de juguetes	
Metodología	
Usos de la historia	
Palabras claves (docente)	
Palabras clave (estudiante)	
Analogías, problemáticas y aplicaciones de conceptos de física en clase	
Preguntas (docente)	
Preguntas (estudiante)	
Propósito de la clase	
Actividades motivadoras	
Inusualidades	
Métodos de evaluación	
Presencia de juguetes en el discurso del profesor	
Presencia de juguetes en el discurso del estudiante	
Razonamientos naturales en clase	
Contenidos didácticos	

Fuente: elaboración propia de los autores.

Es de aclarar que esta rejilla no constituye la toma de datos definitiva, sino que nos ofreció información sobre las características del contexto a ser intervenido. Así, a partir de los resultados de esta fase se realizó un trabajo en conjunto con la profesora titular y el grupo de investigación para definir la metodología de intervención.

Decidimos que dicha metodología debía aumentar la interacción entre estudiantes y docentes y fomentar la participación de todos los integrantes del curso. Para ello definimos que debía seleccionarse un juguete que no fuera conocido por ellos, en el que no se sintieran discriminados ni los niños, ni las niñas, pues se había detectado un sesgo sexista en los juguetes.

De igual manera, consideramos necesario que fuese de bajo costo no solo por cuestiones económicas, sino porque facilitaría que los niños pudiesen dañar cuantas veces fuera necesario sin preocuparse, ya que teníamos el propósito de generar mayor confianza y apropiación de la construcción del juguete con el fin de que en etapas posteriores pudieran modificarlo de acuerdo a su creatividad.

También consideramos la edad de los niños, pues el desarrollo de la motricidad fina juega un papel importante en la construcción del juguete, razón por la cual debíamos buscar uno cuya construcción no fuera muy compleja pero que resultara de interés para los niños y niñas. Finalmente, era fundamental que su funcionamiento estuviese basado en la ocurrencia de un fenómeno físico.

Luego de todas las consideraciones anteriores, decidimos que desarrollaríamos las actividades en torno a dos juguetes que denominamos “el paracaidista” y “el equilibrista”.

### Toma de datos

La toma de datos se llevó a cabo a lo largo del desarrollo de la secuencia de actividades planeadas para la intervención. Dicha intervención se dividió en tres fases: 1) construcción, 2) juego y 3) análisis del juguete. La construcción del juguete se hizo durante una hora y media aproximadamente por cada juguete; posteriormente se desarrolló la etapa de interacción y juego, que tomó alrededor de una hora y media; mientras que el análisis del juguete se desarrolló a lo largo de dos horas por juguete.

Este trabajo de investigación se desarrolló con una población de 37 estudiantes, los cuales se encontraban entre los 10 y 12 años de edad.

## El equilibrista

### *Construcción del juguete*

Se inició con un conversatorio sobre las ideas y conceptos que poseen los estudiantes alrededor del equilibrista y se propuso el proyecto de construir el juguete de acuerdo con la descripción hecha y con los materiales que fueron llevados a la clase. El profesor investigador, junto con la profesora titular, elaboraron su propio juguete mientras se daban las respectivas indicaciones y orientaciones a los niños.



**Figura 1.** Estudiantes decorando el equilibrista.

**Fuente:** elaboración propia de los autores.



(a)

## *Dinámica de juego*

Inicialmente se les propuso jugar sin restricción alguna, solo de acuerdo con sus intereses. En la segunda parte se realizó una competencia por grupos, en la cual debían construir la torre más alta con el mayor número de equilibristas, lo que significó el desafío a los niños en identificar aspectos que brindarían mayor estabilidad al equilibrista.

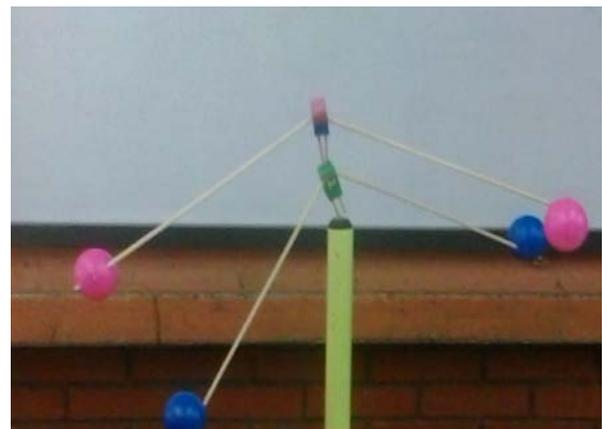
## *Análisis*

Se socializaron respuestas a preguntas, afirmaciones o insinuaciones elaboradas por estudiantes a lo largo del proceso, las cuales se resolvieron en grupos de cuatro estudiantes. En esta actividad los estudiantes describieron por medio del dibujo las características que contribuyeron con el mejoramiento del equilibrio del juguete. También registraron y resolvieron inquietudes hechas por sus compañeros en el proceso de construcción y análisis.

## El paracaidista

### *Construcción del juguete*

Se inició con un conversatorio sobre las ideas y conceptos que poseen los estudiantes alrededor del paracaidista y se propuso el proyecto de construir el juguete de acuerdo con la descripción hecha y con los materiales que fueron llevados a la clase.

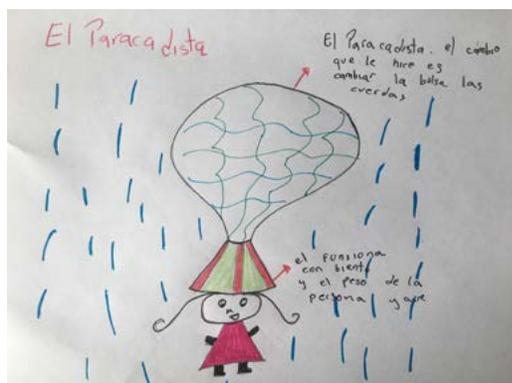


(b)

**Figura 2.** (a) Torre de equilibristas de grupo 1. (b) Torre de equilibristas de grupo 2.

**Fuente:** elaboración propia de los autores.

Al igual que en el proceso anterior, los profesores fueron elaborando su propio juguete mientras se daban las respectivas indicaciones y orientaciones a los niños.



**Figura 3.** Ejemplo de dibujo del paracaidista construido, con una representación del aire y una mejora hecha en las cuerdas y la bolsa.

**Fuente:** elaboración propia de los autores.

### Juego

En el primer momento el estudiante juega con su creación de tal manera que podía observar las características que posee su juguete a la vez que revelaba sus intereses sobre aspectos que le llamaron la atención, en un periodo de aproximadamente 20 minutos. Luego se procedió a poner un reto mediante la pregunta: ¿cuál es el paracaidista que dura más tiempo en el aire?

### Análisis

Basados en la experiencia anterior, en la cual varios paracaidistas mostraron algunas fallas por no ser la suficiente resistencia, o tener un paracaidista demasiado grande o demasiado pequeño para el respectivo paracaidista, se pidió a los niños que realizaran las modificaciones pertinentes para resolver el problema. En esta actividad los estudiantes explicaron y argumentaron los factores que contribuyeron con el retraso en el movimiento del paracaidista propiciando la construcción de modelos explicativos y la descripción de hechos causales que les permitieron describir un movimiento de caída libre con rozamiento.

## Resultados

Presentamos los resultados en torno a dos categorías de análisis: la primera sobre las ideas previas que los estudiantes presentaron al inicio del ejercicio; la segunda sobre los indicios que nos permiten identificar que hubo construcción de un modelo explicativo, con subcategorías sobre la identificación de variables, formulación de hipótesis y modificaciones en sus formas de explicar. Es decir, evidenciamos que la construcción y análisis de juguetes ofrece importantes posibilidades para la construcción de modelos explicativos de fenómenos físicos tanto para los estudiantes como para los docentes.

Concretamente, podemos decir que hubo modificación de las ideas previas de los niños sobre las fenomenologías presentadas, para hacerlas cada vez más consistentes, en donde los niños buscaban aceptación de sus ideas por parte de sus compañeros o del profesor. Igualmente, los estudiantes avanzaron en procesos de identificación de variables para caracterizar el sistema físico (juguete), así como en la formulación de hipótesis para resolver los problemas presentados a la hora de lograr los desafíos puestos por el profesor y por ellos mismos en algunas ocasiones.

### Ideas previas de los estudiantes sobre algunos conceptos involucrados

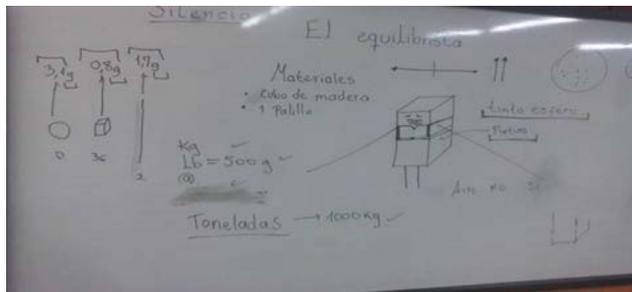
A continuación, se evidencian algunas tendencias y concepciones alternativas expresadas por los niños en relación con los fenómenos físicos involucrados en los dos juguetes, específicamente sobre conceptos como masa, centro de masa, equilibrio, peso, volumen, fuerza de fricción y empuje.

#### Masa

Se encontró que la mayoría de los niños asocian mayor masa con objetos sólidos y cero masa con objetos huecos, es decir, que si un objeto es hueco los niños dicen que es el que menos cantidad de masa tiene, pero si es macizo dicen que tiene mayor cantidad de masa. Este hecho se ilustra en la figura 4, allí se observan en la parte izquierda los dibujos de un ping pong, un cubito de madera de balsa y un palillo, el número debajo de las figuras

indica la cantidad de niños que votó por el que consideró que tenía mayor masa y en la parte superior se observa el resultado del valor de la masa una vez que ellos los llevaron a la balanza.

Es llamativo que 36 niños votaron por el cubo de balsa como el de mayor masa y, sin embargo, al medirlo resultó ser el de menor masa con tan solo 0.8 gramos, contrario al ping pong que tuvo cero votos como el más masivo, pero resultó tener 3.1 gramos, es decir, era el más masivo.



**Figura 4.** Resultados obtenidos al preguntar sobre cual objeto tiene mayor masa, de entre varios elementos dispuestos para construir el equilibrista.

28

**Fuente:** elaboración propia de los autores.

Este resultado generó un ambiente de discusión en torno al significado de masa pues quedaron un poco confundidos. Los estudiantes encontraron interesante medir la masa en la balanza y participaron con sus ideas, por ejemplo, sobre las unidades de masa que muchos asocian con el prefijo kilo, independiente de su complemento (gramo, metro, voltio, etc.). También se encontró que la mayoría consideraron que el equilibrista aumentaría de masa al ser pintado, ante lo cual surgió la idea de comprobarlo midiendo la masa de un equilibrista antes y después de pintarlo, lo cual indica una tendencia hacia la experimentación como ejercicio de comprobación de hipótesis.

A continuación, presentamos una parte de la conversación en este punto. Para efectos del registro y análisis de datos, utilizamos la letra P para identificar al profesor y la letra E para identificar a los estudiantes; asimismo, usamos un subíndice para diferenciar un estudiante de otro o se usa la palabra Estudiantes cuando son opiniones que dan la mayoría de los estudiantes hablando todos

al tiempo. Es de aclarar que no diferenciamos si es niño o niña, pero sí notamos que las niñas tuvieron una importante participación.

P: ¿Qué tiene más masa un palo de pincho, un cubo de balsa o un pingpong?

E<sub>1</sub>: El palo de balsa.

P: Y ¿el pingpong?

E<sub>2</sub>: No tiene masa

P: ¿Por qué?

E<sub>estudiantes</sub>: "Porque esta vacío", "porque no tiene nada por dentro", "porque está hueco por dentro"

P: ¿Qué cosa no tiene masa?

Estudiantes: "El aire", "el aire se siente pero no tiene nada", "el aire es muy liviano y no tiene masa".

P: ¿En qué unidades se mide la masa?

E<sub>1</sub>: El kilo.

E<sub>4</sub>: La libra o la tonelada.

E<sub>10</sub>: El kilovoltio.

P: ¿Al pintar un equilibrista la masa de este aumenta?

E<sub>estudiantes</sub>: Sí

P: Y ¿si lo pinto con tinta de esfera?

E<sub>20</sub>: ummmm... yo creo que sí.

E<sub>16</sub>: Sí, pero poquito.

E<sub>estudiantes</sub>: Sí.

### Centro de masa

Aun cuando no mencionaron directamente la expresión centro de masa, hicieron alusión a ella como una distribución del peso, o la manera como las partes que pesan deben estar colocadas para que haya equilibrio. Por ejemplo, manifestaron que entre mayor sea el número de pimpones o mayor sea el peso de los objetos ubicados en los brazos del equilibrista mayor es el equilibrio, es decir, que asocian una determinada distribución de la masa para generar mayor estabilidad. A continuación, presentamos algunas respuestas al preguntarles sobre la relación entre el equilibrio y el centro de masa.

P: ¿Cómo debe estar la distribución del peso para que haya equilibrio?

E<sub>19</sub>: Lo que hace que se equilibre son los pimpones, para que se equilibre más yo le pondría otros dos pimpones en los dos palos, le pondría un palo más grueso con dos pimpones más para más equilibrio.

$E_2$ : El equilibrista se puede equilibrar con algo pesado en las puntas y no se equilibra con algo que no sea pesado.

$E_{35}$ : Para que se equilibre más, yo le pondría una base más estable.

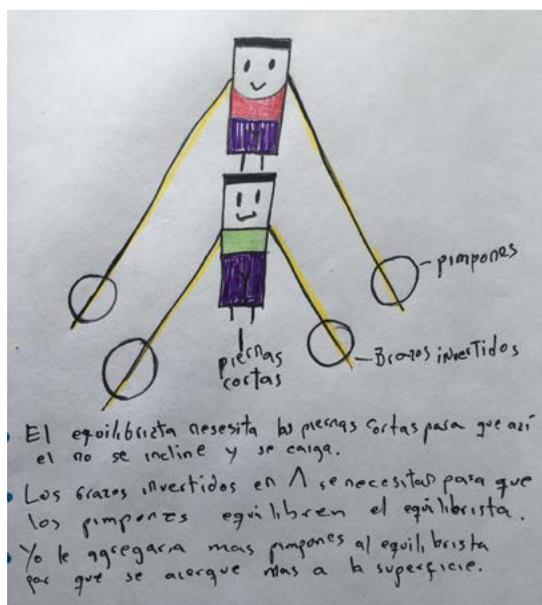
P: ¿Qué es el equilibrio?

$E_{estudiantes}$ : "Pss algo que no se cae", que no se cae, que se está quieto.

Luego, antes de iniciar la hora de juego en el patio, un estudiante se acerca y dijo:

$E_{23}$ : "Profe mire lo que descubrí, cuando los pimpones están en las puntas el juguete se equilibra, pero si los pimpones los pongo aquí (cerca al torso del equilibrista), el equilibrista se inclina hacia adelante y no se equilibra bien".

Las anteriores evidencias muestran los razonamientos que los estudiantes van desarrollando para construir un conocimiento en torno al equilibrista, en donde usan términos como la simetría, el equilibrio y la estabilidad. En la figura 5 se puede observar un dibujo en el cual el estudiante se esfuerza por dejar clara la simetría que debe existir entre los brazos y los pies del equilibrista.



**Figura 5.** Ejemplo de representación sobre la simetría en la ubicación de los pies y los brazos para garantizar el equilibrio del juguete.

**Fuente:** elaboración propia de los autores.

## Peso

En general, los niños consideran que un cuerpo con mayor masa tiene más peso y por lo tanto cae más rápido.

P: ¿Qué cae más rápido un paracaidista gordo o uno flaquito?

$E_{estudiantes}$ : El gordo

P: ¿Por qué?

$E_{estudiantes}$ : Porque tiene más peso.

$E_{18}$ : Porque tiene más masa.

P: Si yo me lanzara del último piso del edificio sin el paracaídas, ¿el aire retrasaría mi movimiento?

$E_{10}$ : No, porque no hay un espacio en el cual el aire se pueda meter como en el paracaídas.

$E_{34}$ : Si es flaco cae lento y si es gordo cae más rápido.

En este diálogo se observa también que mencionan la fuerza de empuje del aire, pero actuando sobre una superficie hueca como la del paracaídas y con un efecto que disminuye si los cuerpos que caen son más masivos. Estas ideas no concuerdan con lo que dictan las leyes del movimiento formuladas por Newton, pero el modo como los niños se van acercando a la fenomenología nos fue permitiendo introducir reflexiones y razonamientos sobre su propia experiencia, por lo tanto, no consideramos las ideas de los niños como errores sino como oportunidades de diálogo.

## Fuerza de empuje

Aquí observamos que el estudiante presenta al paracaídas como factor que influye en el retraso del movimiento del paracaidista, pero no está seguro de explicar las causas de porqué cuando el paracaídas se abre retrasa la caída.

P: ¿Qué hace que el paracaidista caiga más lento?

Estudiantes: El paracaidista.

P: ¿Por qué?

$E_{22}$ : Porque el paracaídas se abre y... no sé...

P: ¿Por qué cae más lento con paracaídas?

$E_{32}$ : Porque el aire que sopla debido a que hay una capa que no deja al aire seguir derecho... así que lo va frenando porque el aire trata de pasar derecho.

En este aspecto podemos decir que mediante la actividad se pudo determinar las ideas previas de los estudiantes frente a la fenomenología en estudio. Resaltamos que no hubo que usar un cuestionario para determinar las ideas previas y tampoco consideramos que las ideas previas sean errores, más bien, constatamos que todos los niños tienen formas propias de explicar lo que ven que ocurre con los juguetes y espontáneamente van introduciendo términos que consideran específicos para la situación, es decir, que van afinando su lenguaje y al mismo tiempo nos van permitiendo conocer sus formas de razonar.

### Construcción de modelos mentales explicativos

#### Identificación de variables

En este proceso se observó que los niños identifican las partes del juguete y su funcionamiento a través de la manipulación de materiales en la construcción y ensamble del juguete. Lo que les permite reflexionar y ponerse el reto de construir un modelo con el que puedan obtener una mayor comprensión del juguete para poderlo mejorar. Al comienzo es simplemente a ensayo y error y luego van viendo la necesidad de proponer ideas más generales.

Los estudiantes identificaron aspectos importantes para el funcionamiento del juguete, como los brazos, las masas que deben tener en las extremidades y el largo de las piernas, esenciales para el equilibrio. También le asignaron propiedades en el funcionamiento del juguete, tales como: necesita brazos para poder equilibrarse, el peso de los pimpanos debe ser el mismo en los dos brazos, debe tener pimpanos para que se sostenga mejor, las piernas deben tener forma en V, también descubren la importancia de la longitud de los palos de pincho ya que entre mayor sea su longitud mayor será su estabilidad o equilibrio. A continuación, algunas de las respuestas cuando se les preguntó por qué construyeron el equilibrista con esas características específicas.

*E<sub>estudiantes</sub>: Los brazos invertidos en V se necesitan para que equilibren el equilibrista.*

*E<sub>estudiantes</sub>: El peso de los pimpanos debe ser el mismo para que le ayude, porque cuando hay más peso en un lado que en otro se voltea y se cae.*

*E<sub>23</sub>: Necesita piernas cortas porque si las tiene largas se puede caer.*

*E<sub>15</sub>: El equilibrista necesita piernas cortas para que así el peso no se incline y se caiga.*

*E<sub>12 y 13</sub>: Nosotras para saber cuál pesaba más hicimos... colgamos los bultos en las dos puntas del equilibrista y nos basamos para el lado... y hacia donde se fuera más, esa era la que pesaba más.*

En el caso del paracaidista, los niños asumieron la masa del paracaidista como una variable que influye en la rapidez con la que cae; también identificaron la altura inicial como otra variable, dado que presumen que necesita una cierta altura para ser lanzado. De igual manera, reconocieron el aire como agente causal en el retraso del movimiento.

En el caso del equilibrista identifican la distribución equitativa del peso, así como la forma de los brazos y pies que debe ser simétrica en relación con el centro. También idearon una forma de comparar las masas para poderlas igualar.

#### Formulación de hipótesis

Los niños estuvieron permanentemente buscando nuevas maneras de explicar su juguete y para ello lanzaron hipótesis sobre lo que ocurriría o se esperarían que ocurriera al hacer cambios en el montaje. Pero, además, negociaron con sus compañeros ideas sobre diferentes puntos de vista y compararon su producto con el de los demás emitiendo juicios al respecto de por qué el otro está mejor o peor, o respecto a lo que observaron de interesante.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de los dibujos realizados cuando el profesor les solicitó que explicaran las mejoras que hicieron.

El autor de la figura 6 explica que tuvo que hacer tres mejoras que representó en el dibujo. En primer lugar, afirma que el paracaidista es muy liviano y por esa razón tuvo que colocar un muñeco de mayor tamaño, pero esto le llevó a la necesidad de utilizar una bolsa más grande, entonces pensó que necesitaría algo más resistente que atrapara el aire. Para resolverlo, reemplazó la bolsa por un



**Figura 6.** Dibujo de las mejoras hechas a un paracaídas, representa el reemplazo de la bolsa por un plato desechable, las cuerdas más largas y mayor peso que el inicial.

**Fuente:** elaboración propia de los autores.

plato desechable, esto lo lleva a tener que alargar las cuerdas ya que las puntas del plato no se doblan como sí lo hace la bolsa. Es decir, que basado en una hipótesis de que no funcionaba porque era muy liviano fue organizando una nueva manera de elaborar el paracaídas.

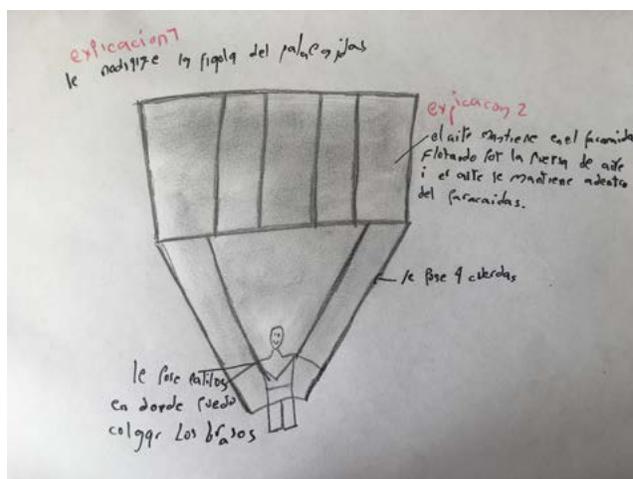
Contrario al caso anterior, el siguiente lanza la hipótesis de que su paracaídas cae muy rápido porque es muy pesado y lo ve como un problema que debe ser resuelto.

$E_9$ : profe el mío no vuela porque es muy pesado.

Cuando dice que no vuela se refiere a que no se sostiene en el aire un tiempo prudente, sino que cae como cualquier otro objeto que se suelta libremente y por lo tanto cambia el paracaidista por uno más liviano.

En el siguiente caso el estudiante tiene la hipótesis de que para hacer que el paracaidista siempre caiga de pie las cuerdas deben estar tensas y el paracaidista en la misma posición, es decir, que no se debe voltear, esto lo lleva a pegar el paracaidista con silicona y cambiar las cuerdas por palitos para que no se enreden. Estos cambios hacen que la bolsa utilizada no pueda tener cualquier forma y entonces la recorta de forma rectangular.

$E_8$ : *Le puse palitos en las cuerdas para que no se enredara y las pegué con silicona para que cayera de pie siempre.*



**Figura 7.** Modificaciones del paracaídas, sustituye cuerdas por palillos, hace una estructura rígida para sostener el paracaidista y cambia la forma de la bolsa del paracaídas.

**Fuente:** elaboración propia de los autores.

El siguiente caso tiene la hipótesis de que la bolsa debe ser más resistente para que soporte mejor el choque con el aire y también para que dure más, entonces decide ponerle dos bolsas y adicionalmente le da una forma decorativa para mayor estética.

$E_5$ : *yo le cambie la bolsa con doble capa para que sea más resistente al aire.*



**Figura 8.** Paracaidista modificado con doble capa de plástico y diseño estético.

**Fuente:** elaboración propia de los autores.

Otros estudiantes indican las mejoras que le hicieron con frases como:

*E<sub>4</sub>: Yo le hice modificaciones a todo.*

*E<sub>29</sub>: Yo también.*

*E<sub>31</sub>: Yo solo le cambie dos cosas.*

*E<sub>33</sub>: Mi dibujo es tipo Leonardo da Vinci.*

*E<sub>25</sub>: El paracaídas de María Fernanda si vuela bien chévere.*

En este momento de socialización algunos niños cantan y se divierten creando e imaginando situaciones de diversas índoles, películas, fútbol, canciones, etc. En general, se observó que todos los niños hicieron modificaciones a sus montajes, muchos a partir de hipótesis imaginando algún modo especial de comportamiento del juguete, otros para hacer que funcionaran mejor que los de sus compañeros y otros simplemente a ensayo y error pero siempre buscando mejoras o soluciones a problemas encontrados.

32

### *Reconfiguración de explicaciones*

Entendemos que un estudiante está en proceso de construcción de su modelo explicativo cuando es capaz de emitir juicios sobre su discurso y crear nuevas maneras de expresar lo que quiere decir y de determinar algún nivel de coherencia entre las diversas ideas que expresa. En este proceso observamos que los niños fueron de manera autónoma encontrando la necesidad de modificar la forma como explican lo que ocurría con los juguetes en las diferentes versiones que produjeron. En la siguiente conversación se puede notar cómo ya no imaginan solo el paracaídas como un simple juguete sino que lo analizan en función de los condicionantes que hacen que funcione.

*P: ¿Quién nota algo especial cuando se lanza el paracaídas?*

*E<sub>1</sub>: Que el paracaídas se abre cuando llega a cierta altura.*

*E<sub>2</sub>: Que se rompe muy fácil la bolsa.*

*P: Si tengo un edificio de 100 m de altura y yo me lanzara de este edificio, ¿qué ocurriría?*

*E<sub>estudiantes</sub>: “Se mata”, “Se muere”*

*P: ¿Por qué es que cae el cuerpo?*

*E<sub>estudiantes</sub>: “Por la gravedad”, “Por las fuerzas”, “Por que tiene masa”.*

*P: Ahora supongamos que la misma persona se lanza con un paracaídas, ¿qué cambia respecto al primer movimiento?*

*E<sub>7</sub>: Cuando usted se lanza con el paracaídas el peso que tiene hace que baje rápido y el viento que pasa hace que el paracaídas se habrá y caiga más despacio.*

*P: Ahora explícales a tus compañeros por favor.*

*E<sub>7</sub>: El peso hace que baje más rápido, pero como cuando usted baja rápido el viento pasa, la maleta se abre y hace que el paracaídas se abra.*

*P: ¿Y qué pasa cuando el paracaídas se abre?*

*E<sub>7</sub>: Cuando el paracaidista se abre usted comienza a flotar y cae a tierra bien.*

A través del proceso de argumentación el estudiante mejora su forma de expresarse e identifica dificultades que debe regular, propiciando mayor coherencia en el discurso y una mirada más aguda del fenómeno. El niño observa que el paracaídas no se abre instantáneamente, sino que se abre después de cierto tiempo después de empezar la caída. También identifica que el aire ejerce la fuerza necesaria para abrir el paracaídas y el efecto que produce es como de flotación.

Manifestaron algunas nociones acerca de las causas por los cuales caen los cuerpos y atribuyeron los efectos de frenado del aire y su velocidad, es decir, establecieron una relación entre la fuerza de empuje que experimenta el paracaídas y la velocidad relativa del aire. La autorregulación inicia a través de la identificación de dificultades y obstáculos conceptuales que generan una inestabilidad en el discurso argumentativo, lo cual genera un deseo de fortalecer estas dificultades y tener una mejor comprensión y claridad de lo que se quiere expresar. A continuación, un diálogo que ejemplifica este tipo de razonamiento.

*P: ¿Por qué cae más lento el paracaidista?*

*E<sub>17</sub>: ...uhhhm, porque la bolsa tiene menos masa y cae más lento.*

*E<sub>35</sub>: ¿Cómo puede caer más lento?*

*E<sub>32</sub>: Los globos cuando tienen aire caliente flotan y bajaría más lento...*

*E<sub>32</sub>: Si añadiéramos un globo al paracaídas caería más lento incluso subiría...*

*P: Pero en un globo el aire de dentro debe estar más caliente y en un paracaídas el aire está a la misma temperatura.*

*E<sub>32</sub>: Si de pronto hubiese aire caliente el paracaidista caería más despacio.*

*E<sub>35</sub>: El aire caliente hace que se eleve más.*

El ejercicio de tratar de explicar lo que ocurre permite al estudiante expresar sus ideas y explicaciones de diferentes maneras acudiendo a otros eventos que han visto o experimentado, así como dudar o afianzar sus modelos explicativos. Ellos concluyeron que el aire se almacena en el paracaídas, por lo cual conciben al aire como una sustancia que no puede atravesar el paracaídas y los induce a pensar que el aire está compuesto de algo que no permite atravesar la superficie del paracaídas, esto a su vez los lleva a pensar en los componentes del aire, algunos aluden al agua y al hidrógeno.

De otro lado, analizaron la forma del juguete como determinante en el retraso del movimiento, ya que, según ellos, esta influye en la capacidad que tiene una superficie de almacenar el aire. Es decir, algunos empiezan a cambiar el argumento del peso del paracaidista para que caiga más lento en el caso de ser más liviano o más rápido cuando es más pesado, para pensar en otras variables como el tamaño y la forma del paracaídas.

Sin embargo, en general los niños relacionaron el peso del paracaídas y la masa del paracaidista como otro agente causal del movimiento; es decir, si el paracaidista es liviano esto contribuye a que caiga más lento y si es más pesado a que caiga más rápido por la forma que toma el paracaídas, ya que el más liviano no hace que la bolsa se extienda y que no le entre aire.

Al finalizar la actividad se realizaron tres preguntas cuyas respuestas fueron socializadas en grupo, teniendo en cuenta los aspectos en que más insistieron para poder analizar junto con ellos la posibilidad de cambiar algunas ideas al respecto.

*P: ¿Qué es lo que hace que el paracaidista caiga más despacio?*

*E<sub>5</sub>: El aire que sopla debido a que hay una capa que no deja al aire seguir derecho así que lo va frenando porque el aire trata de pasar derecho*

*P<sub>5</sub>: ¿Si no hay aire que pasaría con el paracaidista?*

*E<sub>5</sub>: Si no hubiera aire no se podría porque ¡ya estaría muriéndose ahogado!*

*P: Tienes razón... pero imaginemos que si podríamos respirar sin aire.*

*E<sub>5</sub>: Pues caería más rápido, caería normal.*

*P: Es decir, que si no hay aire y deajo caer un gordito y un flaquito ¿qué pasa?*

*E<sub>5</sub>: Caen al mismo tiempo... Uhmmm aunque el gordito caería un poquito más rápido.*

*P: Ahora ya no hay aire, si deajo caer uno que tiene paracaídas y uno que no tiene paracaídas y no hay aire, ¿cuál cae primero?*

*E<sub>3</sub>: Los dos... Pues... ¡botemos el paracaídas y miramos!*

En este caso se observa que aun cuando fue una socialización con todo el grupo, fue un estudiante quien asumió el diálogo con el profesor y los demás estuvieron de acuerdo o al menos no manifestaron nada contrario. El niño se deja persuadir por el maestro para desarrollar un ejercicio de abstracción que le permite llegar espontáneamente a la conclusión de que dos cuerpos de diferente masa podrían caer iguales, aun cuando, deja una duda al decir que el gordito caería un poquito más rápido, lo cual es diferente a decir que si es el doble de gordo caerá el doble de rápido. Ellos responden con mucha seguridad de lo que están diciendo. El E<sub>3</sub> interviene y llama a que sea comprobado.

Otras respuestas a la misma pregunta dejan ver que los estudiantes van concluyendo que sin aire no se abre el paracaidista, pero además que los cuerpos caen al mismo tiempo, como se evidencia en este otro diálogo.

*E<sub>22</sub>: yo pienso que el viento hace que caiga más despacio*

*P: ¿Por qué?*

*E<sub>22</sub>: Porque el paracaídas es una bolsa y como la bolsa es livianita el viento hace que la bolsa vuele.*

*P: ¿Qué pasa con el paracaidista si no hay aire?*

*E<sub>22</sub>: La persona se puede caer y pierde el equilibrio.*

$E_{17}$ : No se abre el paracaídas y caen al mismo tiempo.

$E_{10}$ : Si no hay aire cae más rápido... y puede sufrir fracturas.

En este aspecto se observan como resultados que continuando el análisis del juguete más allá de su buen funcionamiento, los estudiantes se disponen a reflexionar sobre el fenómeno de la caída y la flotación de los cuerpos, poco a poco van integrando nuevos términos a su lenguaje. Estos resultados, obtenidos en un tiempo total de intervención de 12 horas, nos permiten pensar que de continuar con esta estrategia de manera permanente en el curso es posible estimular en mayor medida la construcción de modelos explicativos en los niños a través de la construcción de juguetes. De igual manera, la docente titular reconoció como positivo el cambio de actitud de los niños en el que se hacen más participativos e interesados en el tema que se está estudiando.

### 34 Conclusiones

La docente titular concluyó que las clases de ciencias necesitan material de apoyo que despierten el interés, contextualicen los contenidos a desarrollar y permitan la formación de habilidades cognitivas por medio de una interacción directa con el fenómeno. Encontró importante su relación con este grupo de investigación al permitirle ver la enseñanza de las ciencias de una manera alternativa.

Del análisis de resultados concluimos que a través de los juguetes se puede enseñar a los niños a identificar variables y establecer relaciones entre diferentes conceptos basados en la observación, las cuales acarrearán a una evolución conceptual y una ampliación del modelo explicativo. También confirmamos que fue posible crear un ambiente propicio para que los niños amplíen sus modos de comunicar las ideas, de lanzar hipótesis, y construir explicaciones consensuadas con sus compañeros.

Para el grupo de investigación fue importante contar con el conocimiento de la profesora, el problema que enfrenta en términos de enseñanza de la

física al no tener inicialmente conocimiento sobre como diseñar metodologías alternativas, así como el conocimiento sobre las maneras de comunicarse con los niños a partir de contenidos científicos. Fue enriquecedor ver que los planteamientos teóricos se pueden convertir en realidad al diseñar nuevas metodologías de manera consensuada y estableciendo un puente entre los planteamientos teóricos y la docencia en ejercicio.

### Agradecimientos

Este trabajo fue desarrollado en el marco del proyecto de investigación titulado "Relaciones entre los resultados de investigación en enseñanza de las ciencias y las prácticas docentes" financiado por el Instituto de Estudios e Investigaciones Educativas de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

### Referencias

- Canedo, X. (2007). Enseñanza de la física mediante el uso de juguetes. *Revista Boliviana de Física*, 13(13), 166-167.
- Cárdenas, C. y Benavides, M. (2011). *Una propuesta metodológica para la enseñanza de determinados fenómenos físicos a través de juguetes didácticos*. Tesis de pregrado, Universidad Santiago de Chile, Licenciatura en Educación de Física y Matemática, Chile.
- García, V. (2004). La física de los juguetes. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 17-30. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2004.v1.i1.02](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2004.v1.i1.02)
- Gilbert, J. K. y Justi, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education*. Nueva York: Springer.
- Johnson-Laird, J. P. (1983). *Mental Models*. Cambridge, Estados Unidos: Cambridge University Press.
- Martins, M. y Variani, A. (2012). Professor e pesquisador: considerações sobre a problemática relação entre ensino e pesquisa. *Diálogo Educacional*, 12(37), 647-680. <https://doi.org/10.7213/dialogo.educ.7196>
- Pujol, R. (2007). *Didáctica de las ciencias en educación primaria*. Madrid: Síntesis Educación.

- Salinas, X. (2017). *Enseñanza de conceptos de física en quinto grado a partir de la construcción y análisis de juguetes*. Monografía en modalidad investigación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Licenciatura en Física.
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis.
- Sanmartí, N. y Sarda, J. (2010). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 18(3), 405-422.
- Souza, A. y Nardi, R. (2015). The research on teachers' education: relations present in papers published in published at science education journals. En X. Enpec (ed.), *X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Águas de Lindóia, SP.
- Strauss, A. y Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Varela, M., y Martínez, J. (2005). Jugando a divulgar la física con juguetes. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 234-240. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2005.v2.i2.09](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2005.v2.i2.09)
- Viennot, L. (2001). *Reasoning in Physics: The Part of Common Sense*. Springer Netherlands.

