





**La abducción  
y la escritura científica:  
dos alternativas para favorecer  
el aprendizaje de la física**



# **La abducción y la escritura científica: dos alternativas para favorecer el aprendizaje de la física**

**Jainer Alfonso Acosta**

**Yanelis Hortencia García**



*Instituto de Investigación en Educación  
Facultad de Ciencias Humanas  
Sede Bogotá*



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

Acosta, Jainer Alfonso; García, Yanelis Hortencia.  
La abducción y la escritura científica: dos alternativas para favorecer el aprendizaje de la física/  
Jainer Alfonso Acosta, Yanelis Hortencia García. -- Primera Edición-- Bogotá : Universidad  
Nacional de Colombia (Sede Bogotá). Facultad de Ciencias Humanas. Instituto de Investigación  
en Educación, 2019.  
198 págs.

ISBN - 978-958-794-076-3 (papel)  
ISBN - 978-958-794-077-0 (digital)

CDD-21 370/2018

Dolly Montoya Castaño  
Rectora Universidad Nacional de Colombia

Luz Amparo Fajardo  
Decana Facultad de Ciencias Humanas

Enrique Rodríguez Pérez  
Director Instituto de Investigación en Educación

© Jainer Alfonso Acosta  
Yanelis Hortencia García  
© Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá  
Facultad de Ciencias Humanas

**Comité Editorial**

Enrique Rodríguez Pérez  
Silvia Alejandra Rey  
María Fernanda Silva  
Fabio Jurado Valencia

**Edición**

Catalina Sierra, coordinadora editorial  
Deisy Cristina Peñuela, gestión administrativa  
Nicolas Rojas, corrección de estilo  
Óscar Rodríguez, diseño y diagramación

**ISBN - 978-958-794-076-3 (papel)**  
**ISBN - 978-958-794-077-0 (digital)**  
Impreso y hecho en Bogotá, D. C., Colombia  
Primera edición, 2019

**Convenio de cooperación con la Gobernación de Guaviare, no. 459, de 2015.**

# Agradecimientos

Cuando se culmina una investigación en el campo educativo que se considera interesante e innovadora porque nutre nuestras perspectivas pedagógicas, se procura difundirla para que sea comentada por los colegas y adaptada a sus contextos educativos. Por ello nos sentimos muy agradecidos por la oportunidad de publicar este trabajo a través de la Universidad Nacional de Colombia, para que muchos docentes del campo de la física y de las ciencias naturales conozcan el potencial de atreverse a buscar otras formas de afrontar el proceso de enseñanza y aprendizaje en estas áreas del conocimiento.

Agradecemos a los asesores del proceso de investigación, Óscar Tamayo y Ana Atorresi, por sus determinantes aportes para materializar este proyecto y sus resultados. Igualmente extendemos un agradecimiento al profesor Fabio Jurado, quien nos propuso reescribir nuestras tesis de maestría, lo que nos permitió hacer un ejercicio de retrospectiva sobre la investigación, y a María Fernanda Silva, quien fue fundamental en el proceso de corrección del texto. Finalmente, agradecemos a todos los colegas lectores, que probablemente podrán entretejer nuevas investigaciones a partir de las reflexiones que les deje este libro.





# Contenido

<b>Prólogo</b>	13
<b>Introducción</b>	17
<b>PRIMERA PARTE</b>	
<b>La solución de problemas de física como estrategia para el desarrollo del razonamiento abductivo</b>	19
<b>I. El razonamiento abductivo y su relación con la física</b>	22
Solucionar problemas de tipo abductivo en clase de física	26
<b>II. Cómo transformar la clase de física a través de problemas abductivos</b>	28
La unidad didáctica: una construcción colectiva	28
<b>III. Investigación para hacer abducción</b>	32
Descripción de los casos	32
Los problemas planteados y el análisis de caso	33
Análisis de caso 1. Estudiante RA1	33

Análisis del caso 2. Estudiante RA2	57
Análisis del caso 3. Estudiante RA3	72
Análisis del caso 4. Estudiante RA4	80
<b>Conclusiones</b>	86
<b>Comentarios finales</b>	89
<b>Bibliografía</b>	91
<b>SEGUNDA PARTE</b>	
<b>La escritura de textos científicos para favorecer el aprendizaje de la física</b>	93
<b>Los textos científicos</b>	95
<b>Los niveles de teoricidad en los textos científicos</b>	100
<b>Las secuencias textuales predominantes en el texto científico</b>	102
<b>Cómo se logró escribir procesualmente en clase de física</b>	104
<b>Un proyecto de evaluación formativa y auténtica: la excusa para escribir en clase de física</b>	105
<b>El contexto escolar</b>	110
El espacio pedagógico y los sujetos participantes	110
<b>Logros alcanzados y dificultades detectadas</b>	112
Logros y dificultades de la fase 1	112
Logros y dificultades de la fase 2	132
Logros y dificultades de la fase 3	151
<b>Conclusiones</b>	183
<b>Bibliografía</b>	189
<b>Anexo</b>	191





# Prólogo

En 1980, Teun van-Dijk publicó el libro *Estructuras y funciones del discurso*, con el cual inicia el trayecto de las teorías sobre el texto, ubicadas estas en una ciencia en construcción (la ciencia del texto), si bien con antelación el autor holandés ya había publicado en revistas especializadas reflexiones sobre el análisis semiótico de los discursos (*Revista Poetics*, de carácter internacional, fundada por Teun van-Dijk en 1970, y la revista *Acta Poética*, de la UNAM, fundada por José Pascual Buxó, en 1980). *Estructuras y funciones del discurso* es la compilación de una serie de conferencias conectadas entre sí, escritas en español en Puerto Rico, alrededor de la configuración de los textos y las modulaciones discursivas.

En su orden, como resultado de sus investigaciones, vinieron a ser imprescindibles para los académicos y los teóricos de las ciencias del lenguaje libros como *Texto y contexto* (1980), *La ciencia del texto* (1983) e *Ideología y discurso* (2003). Teun van-Dijk no tuvo la pretensión de orientar sus teorías considerando los contextos educativos, aunque sus modos de explicar se acoplen a propósitos pedagógicos. El propósito pedagógico de estas teorías subyace en los casos y ejemplos abundantes que analiza, lo que de algún modo influyó para que muchos docentes (en principio universitarios y después, progresivamente, docentes de educación básica) se interesaran por sus planteamientos. En efecto, en la década de 1990, los planes curriculares ministeriales para el área de lenguaje en América Latina introdujeron categorías como las de macroestructura, microestructura, superestructura, coherencia local, lineal y global, cohesión, macro-reglas, entre otras, cuyo

origen se encuentra en el metalenguaje de las teorías que propuso Teun van-Dijk. Se trataba de trascender la lingüística de la oración y la gramática prescriptiva para abrir el campo hacia una lingüística de los discursos y una gramática de la lengua en uso. Esta referencia es fundamental porque el libro que aquí presentamos debe mucho a dichas teorías y a las que le anteceden, como las de Peirce, y las que se desencadenarán de los postulados de van-Dijk, como las de Jean Michel Adam.

Es una novedad que dos docentes de la asignatura de Física en los grados 10 y 11 (educación media, según la ley 115), en instituciones educativas de Guaviare, se interesen por poner a prueba, en las prácticas pedagógicas y en la investigación a nivel de maestría, las categorías que la semiótica y la lingüística del texto introdujeron para comprender los fenómenos del lenguaje; en efecto, en la perspectiva de describir los procesos de razonamiento de los estudiantes y las maneras como leen enunciados en el planteamiento de problemas de física y hacen adecuaciones a la producción escrita usando los códigos de la física, Yanelis García y Jainer Acosta se propusieron transformar los esquemas canónicos de la enseñanza para privilegiar los procesos de aprendizaje de los estudiantes y derribar los prejuicios y resistencias escolares sobre las ciencias naturales. El eje de las experiencias innovadoras en el aula lo constituye la asunción de la física como un lenguaje y, de cierto modo, reconocerse como docentes de lenguaje: docentes del lenguaje de la física.

Es por sí misma una intencionalidad pedagógica identificar al estudiante como un sujeto con la potencialidad para producir abducciones, es decir, un sujeto con las condiciones cognitivas previas para lanzar hipótesis y probarlas según sean los fenómenos observados y analizados. La capacidad abductiva es propia de la especie humana, dirá Pierce, y solo esta capacidad, inherente a la imaginación y la creación, ha posibilitado que la ciencia se desarrolle y el ser humano pueda así hallar soluciones a los problemas coyunturales en su devenir social. Reconocer que los niños y los jóvenes son sujetos abductivos en potencia y que las prácticas pedagógicas innovadoras sustentadas en proyectos fortalece dicha capacidad humana es un propósito de la investigación cuyos resultados se condensan en este libro.

El estudiante puede probar soluciones a los problemas que afronta y, aunque fracase, el fracaso mismo es un aprendizaje porque lo impulsa de

nuevo hacia otra estrategia posible. Esto implica que el docente conceda toda la confianza a los estudiantes para acometer como un reto constante el razonamiento, lo cual los conduce hacia alternativas de solución de los problemas que la vida les plantea. Se trata, pues, de problemas auténticos y no de problemas simulados, porque el pensamiento abductivo se activa si los problemas son sentidos o padecidos por los sujetos mismos. Así, entonces, desde una ciencia como la física, abordada en el contexto escolar a partir de problemas cercanos, esto es, del entorno, que demandan el pensamiento abductivo, el sujeto se perfila como ciudadano con pensamiento crítico.

Por otro lado, en lugar de aprender de manera nemotécnica las teorías de la física y sus definiciones particulares —como ocurre en la tradición instruccional de la educación formal—, la capacidad de observación, reflexión, asociación y conjetura aparece como la vía más expedita para fortalecer la potencialidad intuitiva —la que depende de los conocimientos ya aprendidos— convergente en el pensamiento abductivo, según sean también las interacciones entre los estudiantes y entre estos y el docente. Esto quiere decir que las definiciones aparecen después y no antes del proceso de observación y de razonamiento; las definiciones son construidas por los estudiantes y luego contrastadas con las que aparecen en los *thesaurus*, diccionarios, enciclopedias o en los libros de texto. He aquí el juego y el asombro en el acto de aprender a partir de proyectos, explicado con diversos ejemplos en la primera parte de este libro.

La segunda parte del libro está concentrada en mostrar cómo los estudiantes producen textos escritos usando los códigos de la física. Los estudiantes, a partir de la mediación del docente, asimilan en la práctica misma de la escritura los matices de las secuencias textuales (descripción, explicación, argumentación, narración) y su funcionalidad en la comunicación, como producir un artículo de divulgación científica (describir un fenómeno) en el marco de un determinado proyecto pedagógico (describir y explicar los eventos propios en las clases de educación física y deportes): “La semana deportiva: evento perfecto para aprender física”.

La estrategia pedagógica de producir textos según las necesidades y las características de las secuencias textuales (argumentación y explicación) y los géneros discursivos (la carta de invitación a un experto en una determinada

práctica deportiva), propició la evaluación formativa a partir de rubricas cuyos componentes son calibrados por los estudiantes a medida que avanzan en el proyecto; la explicación sobre la funcionalidad de las rubricas está apoyada en la obra de Atorresi y Ravela, fuente que fue objeto de trabajo durante la maestría. El docente anima a los estudiantes a ajustar el texto producido en aras de la universalidad de una carta de carácter formal; en consecuencia, el docente analiza y retroalimenta las distintas versiones de la escritura de las cartas. Esta retroalimentación hace parte de las clases mismas en el aula por cuanto se analizan los distintos tipos de argumentos que solventan las razones de la invitación (por qué, para qué) y la imbricación del tecnolecto deportivo (ángulo de tiro horizontal, trayectoria, cálculo de la posición y la fuerza, velocidad...).

La carta con estilo formal parece ser un género elemental; pero la experiencia con los estudiantes, analizada en este libro, muestra la complejidad de saber describir, explicar y argumentar, a un experto en deportes, la finalidad de la invitación para unas charlas o conferencias sobre los fenómenos físicos en actividades deportivas. Luego de la carta, los estudiantes tienen que diseñar un folleto a través del cual buscan promover conocimientos de la física a destinatarios no especializados, y para persuadir a los lectores se proponen casos/problemas relacionados con los deportes: la cancha de fútbol como un laboratorio de física (por ejemplo, analizar la trayectoria del balón según el golpe del pie dado al balón dirigido hacia la portería); asimismo aparecen los casos vinculados con el básquetbol y el atletismo. El interés por los deportes, tan natural en los niños y en los jóvenes, sirve de estrategia para activar el interés por la ciencia de la física: los estudiantes aprenden a comprender y a construir las fórmulas, como representaciones del conocimiento en física, con dinámicas naturales inherentes a los proyectos.

**Fabio Jurado Valencia**  
Instituto de Investigación en Educación



# Introducción

En la actualidad existen muchas investigaciones enfocadas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias escolares que describen y explican estrategias, métodos o propuestas didácticas alternativas para romper con los métodos tradicionales e impulsar innovaciones pedagógicas. Estas investigaciones son de gran provecho para la comunidad de docentes de ciencias, puesto que ofrecen nuevas perspectivas y herramientas para trabajar en el aula.

Un aspecto que deben tener en cuenta estas investigaciones sobre cómo innovar en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias es la forma en que proceden los científicos para realizar sus hallazgos. En su gran mayoría, los descubrimientos científicos parten de la búsqueda de solución a un problema. Acto seguido, los científicos proponen una hipótesis de trabajo que debe ponerse a prueba, ya sea para replantearla o convertirla en nuevas hipótesis; este proceso permite, poco a poco, ir develando las respuestas que se buscan. Además de lo anterior, las personas que se dedican a la ciencia registran por escrito su investigación paso a paso. Tras un proceso riguroso de revisión, estos registros se convierten en uno o varios textos que explican la solución del problema.

Este libro presenta dos investigaciones que buscan favorecer el aprendizaje de la física a partir de dos tareas propias del quehacer científico: el proceso de razonamiento necesario para resolver un problema y el proceso de escritura de un texto explicativo que surge de la resolución del problema. La primera propuesta aborda el razonamiento abductivo como

estrategia para favorecer el aprendizaje de la física a través de la solución de problemas de esta disciplina. Inicialmente, se presentan algunos planteamientos teóricos sobre el razonamiento abductivo, sus diferencias con otros tipos de razonamiento y sus conexiones con la solución de problemas en física. Luego se describe la unidad didáctica que fue implementada en el aula y cada uno de los problemas propuestos a los estudiantes, su objetivo y eje temático. Finalmente, a modo de estudio de caso, se lleva a cabo el análisis de las actividades realizadas por tres estudiantes que participaron en el proceso de investigación, y se presentan las conclusiones y recomendaciones generales del proceso.

La segunda propuesta se enfoca en la escritura procesual de corte científico como método para favorecer el aprendizaje de la física. Para ello empieza con la caracterización de los textos de corte científico y sus rasgos lingüísticos inherentes, y continúa con la descripción de la metodología utilizada para acompañar a los estudiantes en su proceso de escritura de textos científicos, con énfasis en la construcción procesual de secuencias descriptivas, argumentativas y explicativas. Luego de esto, se describen el espacio y los sujetos participantes, y se analizan los textos construidos por ellos. Al final se brinda un balance de las implicaciones de esta experiencia pedagógica en docentes y estudiantes.

Ambos proyectos se desarrollaron en instituciones públicas ubicadas en la zona urbana del municipio de San José del Guaviare. Los resultados que arrojaron, aunque diversos y no generalizables, demuestran la pertinencia de trabajar en el aula el razonamiento abductivo y la escritura procesual de textos de corte científico, como nuevas formas de aprender física en el aula.

**PRIMERA PARTE**  
**La solución de problemas**  
**de física como estrategia**  
**para el desarrollo del**  
**razonamiento abductivo**



Al conversar con estudiantes en formación y adultos que cursaron la educación media, nos encontramos con una serie de opiniones que, en su mayoría, expresan un rechazo hacia la física escolar. Tanto es el rechazo que muchos preferirían no repetir la experiencia del bachillerato solo por no toparse con esta asignatura. Es necesario hacer algo para que la experiencia de los estudiantes de hoy no sea igual. Con este propósito, se diseñó y desarrolló una propuesta de innovación pedagógica en el área de física en la Institución Educativa Concentración de Desarrollo Rural, del municipio de San José del Guaviare, durante los años 2014 y 2015. La propuesta se fundamentó en la resolución de problemas para favorecer el desarrollo del razonamiento abductivo de los estudiantes. Esta primera parte presenta, *grosso modo*, los hallazgos surgidos de esta experiencia.

En el primer capítulo se explica el sustento teórico de la investigación, integrado, principalmente, por los planteamientos de Charles Sanders Peirce (1955) sobre la abducción como una habilidad de pensamiento, que, en adelante, llamaremos razonamiento abductivo. Se presentan, además, algunas ideas generales sobre la resolución de problemas en clase de física, principalmente a partir de los aportes de José Joaquín García. Posteriormente, en el segundo capítulo se muestra el diseño metodológico de la intervención didáctica y se exponen los elementos que permitieron establecer los tres momentos en que se dividió el proceso de análisis cualitativo de los enunciados hipotéticos elaborados por los estudiantes.

Se exponen asimismo, en el último capítulo, los diez problemas de razonamiento abductivo que se usaron como instrumento para la recolección de la información, que construí con el apoyo del asesor de mi tesis, Óscar Tamayo, y del coautor de este libro. En la parte final se explican los principales resultados de la investigación y se plantean algunas recomendaciones para los interesados en trabajar el razonamiento abductivo en las aulas de clase.

## I. El razonamiento abductivo y su relación con la física

Antes de referirnos al razonamiento abductivo, definiremos el término *razonamiento* a partir de los aportes de autores como Peirce (2001), Kuhn (2009) y Lawson (2004). Al respecto, Pierce, en un escrito de 1901 titulado “Reasoning”, afirma:

El razonamiento es un proceso en el que el razonador es consciente de que un juicio, la conclusión, es determinado por otro juicio o juicios, las premisas, de acuerdo con un hábito general de pensamiento, que puede que él no sea capaz de formular con precisión, pero que aprueba como conducente al conocimiento verdadero. (2001)

Peirce considera que el razonador realiza un proceso en el que aparecen consecuentemente unos juicios formados a partir de unas premisas. También plantea que un juicio da paso a otro del mismo orden o de orden superior. Lo más importante aquí de la definición de Peirce es que en el razonamiento acontecen una serie de tareas cognitivas que llevan lógicamente a un resultado. En coherencia con las ideas de Peirce, Kuhn se refiere al razonamiento como un proceso o tarea para lanzar juicios o predicciones, con los cuales se puede provocar una crisis en el pensamiento común de los estudiantes. Esto es posible debido a que “tanto niños como adultos vienen a la razón más críticamente sobre la causalidad [...]. Si se les proporcionan oportunidades frecuentes para practicar la evaluación de la evidencia y hacer juicios y predicciones causales” (Dean y Kuhn, 2007).

Según Kuhn (2009), si a las personas les dieran la oportunidad de razonar frente a una determinada evidencia, sus juicios serían más responsables y críticos, lo cual indica que el pensamiento se puede formar en función de una tarea específica. Desde esta perspectiva, el razonamiento permite que el sujeto trascienda su cotidiano modo de pensar para elaborar hipótesis y realizar determinadas tareas en función de lo que quiere alcanzar. Una de esas tareas puede ser solucionar un problema escolar, personal, familiar o general, frente al cual el sujeto puede crear una serie de premisas que le conduzcan a la solución más adecuada.

Lawson (2004), por otro lado, manifiesta que el razonamiento como proceso conlleva tareas un poco más complejas que las mencionadas, ya que el razonador debe entender que el conocimiento puede ser puesto a prueba en contextos cercanos a él. En palabras del autor:

Se necesita el razonamiento no solo para la toma de decisiones y para [procesos] avanzados [de] resolución de problemas, sino también para comprender los conceptos y teorías complejas, rechazar conceptos erróneos científicos, y para entender la naturaleza de la ciencia y las matemáticas. (p. 309)

A partir de lo señalado por estos autores, podemos plantear que el razonamiento situado en el aula contribuye a que se desarrollen ciertas habilidades científicas en los estudiantes. Lo que potencia este desarrollo es precisamente la comprensión y el razonamiento sobre situaciones poco convencionales. El razonamiento en ciencias, particularmente en ciencias naturales, favorece el pensamiento y la comprensión de las construcciones científicas, como leyes, teorías y conceptos. Al razonar se produce una construcción mental que permite establecer criterios para aceptar o rechazar aquellas ideas o conceptos que se alejan del propio parecer, si bien algunos sujetos niegan las explicaciones científicas de los fenómenos, justamente porque no han reflexionado suficientemente sobre ellas.

Ahora abordemos específicamente el concepto central de nuestra experiencia de innovación: el razonamiento abductivo. Este concepto tiene su origen en los primeros estudios de Aristóteles, *Primeros y segundos analíticos*, y posteriormente fue retomado por Peirce en el siglo XIX. La *retroducción* o *presunción*, como inicialmente fue nombrada por Peirce,

aparece como una forma de generar nuevas ideas: “la presunción es la única clase de razonamiento que proporciona nuevas ideas, la única clase que es, en este sentido, sintética” (2001, p. 777). En cuanto a la abducción, término con el que se conoció después, señala Peirce (1988):

La abducción es el proceso de formar una hipótesis explicativa. Es la única operación lógica que introduce alguna idea nueva, pues la inducción no hace más que determinar un valor, y la deducción desarrolla meramente las consecuencias necesarias de una pura hipótesis. La deducción prueba que algo tiene que ser; la inducción muestra que algo es actualmente operativo; la abducción sugiere meramente que algo puede ser. Su única justificación es la de que a partir de su sugerencia la deducción puede extraer una predicción que puede comprobarse mediante inducción, y que, si podemos llegar a aprender algo o entender en absoluto los fenómenos, esto tiene que conseguirse mediante la abducción.

Por lo que puedo saber, no puede darse ninguna razón cualquiera que sea a favor de la misma; y no necesita razón alguna, ya que solo ofrece sugerencias. Un hombre tiene que estar categóricamente loco para negar que la ciencia ha hecho muchos descubrimientos verdaderos. Pero cada uno de los ítems particulares de la teoría científica que hoy se encuentran asentados lo deben a la abducción. (pp. 136-137).

La abducción implica la explicación de lo que a simple vista no se puede ver, así como la construcción de hipótesis innovadoras: “El razonamiento hipotético infiere muy frecuentemente un hecho no susceptible de observación directa”, anota Peirce. El razonamiento abductivo se relaciona con la noción de *proceso*, pero con el atenuante de ser de tipo inferencial complejo hacia lo creativo. El razonamiento abductivo implica una concepción del aprendizaje, asumido como un proceso abierto a nuevas hipótesis. Esto exige potenciar las habilidades de los estudiantes para pensar creativamente, explicar los fenómenos físicos, evaluar las variables de un problema, las premisas menores y las hipótesis necesarias para resolver un problema.

De acuerdo con Peirce, el conocimiento no puede construirse solo con un tipo de lógica en la que, dadas una regla general y unas premisas, se



obtiene una conclusión (descubrimiento). En el caso de la abducción, la lógica funciona diferente, porque nos obliga a fijarnos en los detalles si queremos acercarnos a los fenómenos a través del planteamiento de hipótesis. En la lógica de Peirce, una hipótesis abductiva 1) se debe poner a prueba y 2) debe ser económica. El primer aspecto se refiere a que la abducción necesariamente contribuye a la comprensión de un fenómeno o de un hecho si da razón de este. El segundo aspecto se refiere a que se debe considerar que la hipótesis puede ser una explicación incompleta del hecho, y que puede ser soportada por otra y posiblemente por otra más. Explica Aliseda que “las motivaciones del criterio de economía son dos: la respuesta al problema práctico de manejar un sinfín de hipótesis explicativas, así como la necesidad de contar con un criterio para seleccionar la mejor explicación dentro de las que son verificables (1998, p. 3).

Para Pierce, traducido por Narvárez (2009), si desconocemos el principio de economía, jamás daremos con la hipótesis verdadera. En el razonamiento abductivo se busca que el estudiante no solo plantee varias hipótesis, sino que *seleccione* la que explique mejor el fenómeno estudiado. Este criterio debe aprender a manejarse en la medida en que los estudiantes se enfrentan a problemas auténticos, porque en los problemas algorítmicos no necesariamente se pone a prueba la capacidad de hacer razonamientos abductivos<sup>1</sup>. Lawson (2004) afirma que, gracias al planteamiento de hipótesis, los estudiantes pueden conseguir buenos resultados en torno al razonamiento abductivo en el área de química. Algo similar ocurre en la clase de física, dado que ambas disciplinas tienen como propósito formar ciudadanos críticos, capaces de realizar inferencias sobre los fenómenos de su entorno, a través del planteamiento de hipótesis. Es ahí donde radica la necesidad de que la hipótesis sea el punto de partida para el desarrollo del pensamiento inferencial del que habla Kuhn (2009) cuando se refiere a “hacer juicios y predicciones casuales” (p. 25). Estos juicios o hipótesis le permiten al estudiante acercarse a los hechos de una

---

1 Un problema auténtico es una situación particular disciplinar que, expresada en un lenguaje sencillo, le plantea al estudiante un reto de análisis profundo al que debe dar solución. Las soluciones deben estar planteadas a través de enunciados hipotéticos; además, este tipo de problemas no siempre tienen una única solución posible. A diferencia de estos, los problemas algorítmicos conducen a una respuesta única.

manera diferente a la acostumbrada. Parafraseando una cita de Peirce realizada por Sebeok y Sebeok (1987), el razonamiento abductivo implica la construcción de conocimiento nuevo en nuestra observación: “hago una abducción siempre que expreso en una frase lo que veo. La verdad es que la fábrica de nuestro conocimiento, en su totalidad, es un espeso filtro de pura hipótesis confirmada y limada por la inducción” (p. 17).

La abducción no se presenta aislada de otras lógicas de pensamiento, como la inducción y posiblemente la deducción, pues el conocimiento puede surgir de más de una manera. Asimismo, estos autores atribuyen una gran importancia a la formulación y confirmación de hipótesis. Estas han sido fundamentales para el desarrollo de muchas disciplinas y el logro de múltiples descubrimientos científicos. De ahí la importancia de estimular a los estudiantes con problemas cuya resolución ponga en juego sus habilidades para formular hipótesis y encontrar la que ofrezca una mejor explicación de los fenómenos. El compromiso del docente es acompañar a sus estudiantes en el proceso de “hilar” un “tejido” consistente de abducciones hasta resolver los problemas que se les han planteado.

### **Solucionar problemas de tipo abductivo en clase de física**

En nuestra experiencia pedagógica se formularon problemas pensados para desarrollar el razonamiento abductivo de los estudiantes. Para su construcción, se tuvieron en cuenta estas condiciones: que tengan solución abierta, que den la posibilidad de manejar hasta cuatro variables físicas al mismo tiempo, que se puedan solucionar con una hipótesis surgida de otras hipótesis comprobadas previamente y que sean problemas propios del contexto de los estudiantes. En algunos problemas no se enunciaron todas las variables, al menos no de manera explícita, para retar al estudiante a que las infiriera (véanse los problemas 1 y 2). Para el diseño de la propuesta pedagógica se tuvieron en cuenta las siguientes premisas o principios orientadores de la práctica:

- *Es posible aprender conceptos, leyes y teorías al resolver problemas.* Como ya mencionamos, los problemas que indagan por la construcción de conceptos son problemas adecuados para contribuir al aprendizaje

de la física. De este modo se dan aprendizajes no lineales, pues el estudiante gestiona parte del conocimiento sobre las leyes, teorías o conceptos que el docente considera importantes; en todo caso, debe quedar claro que el estudiante no es quien construye por su cuenta el conocimiento, sino que es un actor importante en el proceso.

- *Desarrollar competencias y habilidades, no memorizar definiciones.* La física, como parte de un área fundamental en la Ley General de Educación (ciencias naturales), tiene la responsabilidad de contribuir al desarrollo del pensamiento científico y, en consecuencia, fomentar la capacidad de pensar analítica y críticamente (Ministerio de Educación Nacional, 2006, p. 105). En la educación media es posible alcanzar este tipo de aprendizaje de manera progresiva. Por tratarse de un acercamiento progresivo, es necesario trabajar en el desarrollo de habilidades mediante procesos, y no solo en la repetición de definiciones, como suele hacerse en las clases tradicionales de física.
- *Valorar y reconocer el contexto como principio del conocimiento.* En esta propuesta pedagógica se reconoce que el contexto de los sujetos media en su acercamiento a la ciencia, de modo que este debe involucrarse en los procesos pedagógicos, por ejemplo, a través del planteamiento de problemas auténticos que introduzcan fenómenos propios del contexto de los estudiantes. Valorar el contexto como un medio de constante aprendizaje contribuye a que los estudiantes se desempeñen de manera crítica y autónoma frente al conocimiento.
- *Provocar la capacidad de asombro.* La solución de problemas hace posible que los sujetos exploren diversos caminos hasta llegar a una solución y que se asombren al descubrir relaciones y formas de razonamiento que no habían contemplado. Para ello es necesario que el docente deje de lado la enseñanza basada solo en la memorización y estimule la capacidad de los estudiantes para hacerse preguntas y razonar por sí mismos hasta llegar a una respuesta verificable. Es clave mantener el asombro de los estudiantes frente al conocimiento, pues este los ayuda a estar motivados a aprender. El planteamiento de problemas es una estrategia potente para mantener esa motivación.

## II. Cómo transformar la clase de física a través de problemas abductivos

### La unidad didáctica: una construcción colectiva

En este apartado describiremos los aspectos metodológicos de la propuesta pedagógica, que permitió esclarecer los siguientes interrogantes: ¿de qué manera la solución de problemas en física permite el desarrollo del razonamiento abductivo de los estudiantes? ¿Y qué tipo de problemas de física lo posibilitan? Para responder estas preguntas hicimos un estudio de caso en el que un grupo de estudiantes de grado once resolvió 10 problemas de física: 7 de termodinámica y 3 de mecánica ondulatoria. La propuesta se llevó a cabo durante un año con un grupo de 30 estudiantes de una institución educativa del municipio de San José del Guaviare, cuyas edades oscilaban entre los 15 y los 18 años.

La investigación fue de carácter cualitativo y se enmarcó en un estudio comprensivo. Debido al proceso de análisis escogido (análisis de contenido), a las evidencias recolectadas y a los alcances y propósitos de la investigación, consideramos suficiente analizar los textos de cuatro estudiantes. El análisis realizado para cada una de las categorías (razonamiento inductivo y solución de problemas) se basó en los siguientes criterios:

- *Razonamiento inductivo.* Para evaluar esta categoría, se tuvo en cuenta el tipo de problema a solucionar, la calidad de los enunciados hipotéticos (el contenido físico y la relación explícita o implícita de las variables), el número de enunciados hipotéticos (experimentos y posibles resultados) y la presentación de las ideas en la construcción de argumentos donde se explicitara el uso del lenguaje disciplinar. Por ejemplo: *El enunciado hipotético propuesto por RA1 no muestra estas características a pesar de que indica la variable a estudiar (naturaleza de la sustancia) y la manera como la analizará (comparación entre agua y alcohol)* (véase el análisis de caso 1).
- *Solución de problemas.* Para evaluar esta categoría, nos propusimos observar en la solución general de cada problema lo referente a la relación

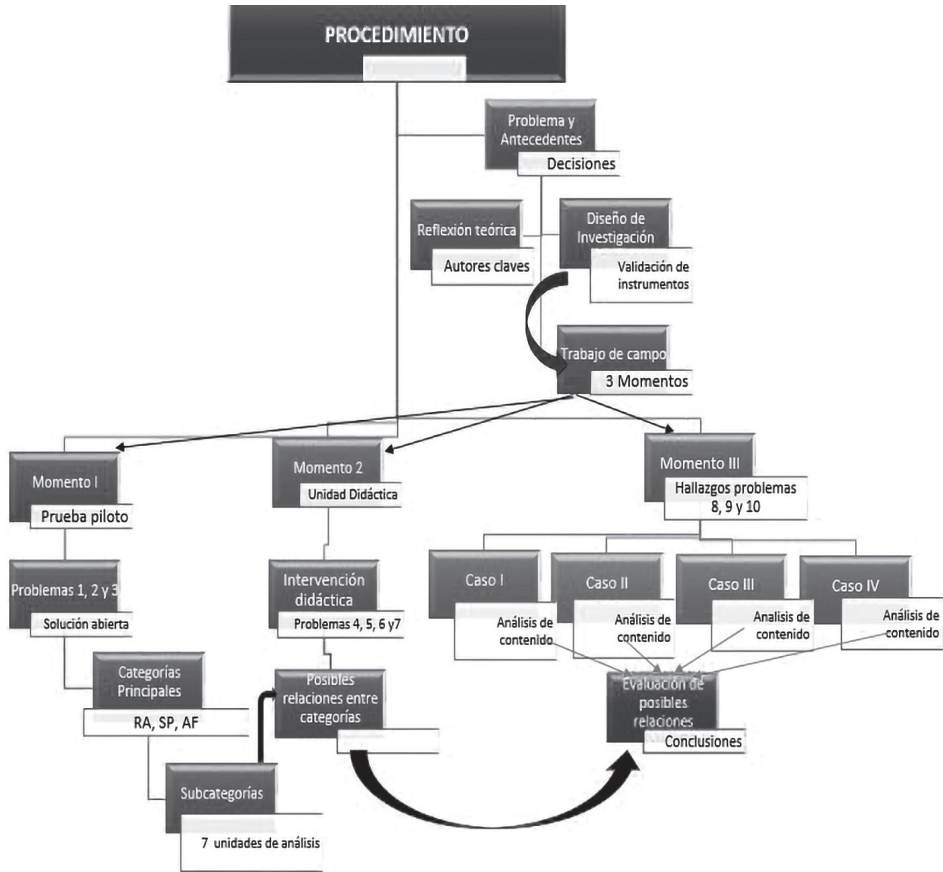
que los estudiantes pudieron establecer entre cuatro y más variables a la vez (masa, elongación, elasticidad de un resorte, fuerza restauradora, entre otras). Además de ello, se cuestionaron los desarrollos experimentales de los estudiantes a la luz de la comprensión de los fenómenos físicos estudiados. En sus escritos se encontraron, en algunos casos, las huellas de aprendizajes relacionados con el razonamiento abductivo. Un ejemplo de ello podría ser el siguiente fragmento: *Podemos ver, entonces, que la masa puede producir un cambio significativo en el valor de la aceleración e incluso influye en el valor del desplazamiento sin necesidad de cambiar la constante  $k$  del resorte.* A pesar de lo anterior, el estudiante solucionó el problema a partir de los datos recogidos en el proceso experimental, cuyo fin era verificar el segundo enunciado hipotético. En el análisis se evaluó de manera cualitativa si se presentaron rasgos del razonamiento abductivo en las respuestas de los estudiantes, por medio de la identificación de enunciados construidos correctamente o, por el contrario, alejados por completo de la solución. Centramos nuestra atención en estos últimos, ya que deseábamos comprender qué factores impedían que los estudiantes realizaran razonamientos adecuados.

Estas categorías fueron evaluadas con base en las categorías de análisis que surgieron en el primer momento de la investigación, correspondiente a la prueba piloto. A partir de estas categorías se establecieron los criterios para evaluar los enunciados construidos por los estudiantes. Posteriormente, procedimos a seleccionar los casos a estudiar para establecer posibles relaciones entre la solución de problemas, el razonamiento abductivo y el aprendizaje de la física. Dichos criterios se presentaron como las subcategorías después de hacer una revisión grupal (tabla 1).

Categorías	Subcategorías	Descripción
Razonamiento abductivo	Uso de hipótesis h1 y h2	Número de enunciados hipotéticos
	Enunciados hipotéticos nivel 1	Uso del lenguaje cotidiano con algunos rasgos disciplinares
	Enunciados hipotéticos nivel 2	Uso del lenguaje disciplinar con dos variables
	Enunciados hipotéticos nivel 3	Uso del lenguaje grueso de la disciplina
	Síntesis de las ideas	
	Plantear más de una posible solución teórica	
Solución de problemas	Variables	Uso de diferentes variables físicas para solucionar cada problema
	Da importancia al procedimiento en la solución	Actuación frente a la solución

**Tabla 1.** Resumen y descripción de las subcategorías del estudio  
**Fuente:** elaboración propia.

Diseñamos 10 problemas de solución abierta (véase el anexo) como instrumento para recolectar la información, lo que nos permitió identificar categorías secundarias como insumo para registrar el razonamiento de los estudiantes. Cada problema respondía a una lógica que iba desde las respuestas de “lápiz y papel” hasta la comprobación experimental de hipótesis. Para ajustar y validar los instrumentos utilizados, los sometimos a juicio de expertos (un docente de física, un investigador y la autora de este trabajo) y aplicamos al grupo una prueba piloto. Se utilizó la técnica de análisis de contenido para interpretar la información obtenida. También se empleó el diario de campo, ya que era necesario recoger información adicional para aclarar aspectos de las soluciones dadas por los estudiantes. En la figura 1 se resume el proceso de la investigación:



**Figura 1.** Esquema del proceso de investigación.

**Fuente:** elaboración propia.

RA: razonamiento abductivo; SP: solución de problemas; AF: aprendizaje de la física.

### III. Investigación para hacer abducción

Los datos fueron analizados a partir de dos criterios: rendimiento académico (desempeño académico en la asignatura) y mayor número de respuestas dadas a los problemas de la prueba piloto, con el propósito de mostrar la habilidad de cada estudiante en términos de razonamiento abductivo. A los estudiantes se les asignaron los códigos RA1, RA2, RA3 y RA4 respectivamente (razonamiento abductivo 1, 2, 3 y 4).

#### Descripción de los casos

El estudiante RA1 tiene un nivel de desempeño alto, ya que logra proponer enunciados hipotéticos escalonados que dan cuenta de cierta apropiación del razonamiento abductivo. En la medida en que describamos el análisis de este caso, argumentaremos con más detalle por qué su desempeño puede valorarse como alto.

Por su parte, el estudiante RA2 presenta características interesantes en torno al razonamiento, debido a que utiliza enunciados con lenguaje científico y relaciona variables importantes en el proceso de solución de los problemas asignados. Como en el caso anterior, nos interesan los enunciados que permitan describir las acciones de pensamiento realizadas por el estudiante en términos abductivos.

El estudiante RA3 presenta un desempeño cognitivo de nivel bajo específicamente en cuanto al aprendizaje y al razonamiento abductivo. Dicho análisis se realiza con el propósito de comprender, o cuando menos identificar, las razones por las que hubo más retrocesos que avances en el proceso.

Finalmente, RA4 tiene un desempeño bajo porque las premisas que expone en algunos problemas no son abductivas. A pesar de que en ciertos enunciados aparecen rasgos asociados a las categorías propuestas, el razonamiento del estudiante dista de las características indicadas por García respecto a este tipo de problemas, a saber: 1) problemas que no corresponden a ejercicios exclusivamente operacionales; 2) problemas que deben



estar en consonancia con el proceder de la ciencia, es decir, deben estar enmarcados en la cultura científica; 3) retos de construcción individual y colectiva para los estudiantes, y 4) problemas flexibles, de tal manera que el estudiante pueda generar hipótesis plausibles.

De acuerdo con Reigosa y Jiménez (2000), los estudiantes se enriquecen solucionando problemas que los involucran y, además, se apropian mejor de los aprendizajes si ejecutan esta tarea en grupo, puesto que existe la posibilidad de avanzar con las ideas de otros. El estudiante RA4 no logró construir todas las hipótesis solicitadas, por lo cual se revisaron aquellas que se consideraron pertinentes para aclarar las posibles razones por las cuales no logró hacer razonamientos abductivos.

## **Los problemas planteados y el análisis de caso**

En lo que sigue, presentamos los problemas planteados en esta experiencia pedagógica y analizamos las soluciones construidas por los cuatro estudiantes que conformaron la muestra de la investigación.

### **Análisis de caso 1. Estudiante RA1**

#### **Primer momento**

El estudiante planteó la primera hipótesis para el problema 1 (figura 2) enunciando las variables “cantidad de sustancia”, “temperatura ambiente”, “presión” y “naturaleza de dos líquidos diferentes”, que podrían ser el agua y el alcohol.

Normalmente para hervir el agua usamos una estufa, y sabemos que en este proceso se forman burbujitas y vapor que nos indican que el agua se está evaporando o, como decimos comúnmente, está hirviendo. El punto de ebullición de un líquido puede depender de la naturaleza de la sustancia, la cantidad, la temperatura del lugar donde se encuentra y la presión. Describe en forma detallada lo que harías para saber cuál de estos factores es el que más influye en la ebullición del agua. Si fueras al laboratorio, menciona los pasos o experimentos que realizarías para responder esta pregunta.

**Figura 2.** Problema 1.

**Fuente:** elaboración propia.

La enunciación de las variables mencionadas se hizo de manera inconexa, es decir, sin establecer ninguna relación entre ellas; sin embargo, se encuentra la intención de simular estas condiciones para observar su comportamiento. Esta acción del estudiante nos indica que cuenta con la disposición cognitiva para afrontar la tarea. He aquí el enunciado propuesto:

*Enunciado hipotético 1.1 de RA1:* Apoyándome en los experimentos que realizó J. Black al calentar agua y mercurio en igual cantidad yo me inclinaría a pensar que el factor que más influye en la ebullición de una sustancia es su naturaleza. Para poder sostener mi respuesta realizaría un experimento, en el cual pudiera simular cada una de las situaciones como son la cantidad, la temperatura ambiente, la presión y la naturaleza de dos líquidos diferentes que podrían ser el agua y el alcohol.<sup>2</sup>

Este enunciado no se considera una hipótesis porque, como ya se mencionó, desde la perspectiva del razonamiento abductivo, las hipótesis deben establecer relaciones entre mínimo cuatro variables, y las premisas deben ser pertinentes y suficientes para solucionar el problema; condición que, como veremos, no cumple del todo RA1 en las hipótesis que propone. El enunciado hipotético propuesto por RA1 no muestra estas características, a pesar de que indica la variable a estudiar (naturaleza de la sustancia) y la manera como la analizará (comparación entre agua y alcohol). De

---

<sup>2</sup> Este y los demás enunciados contruidos por los estudiantes se transcriben tal como ellos los escribieron.

manera similar, encontramos que la segunda y tercera hipótesis no son enunciados hipotéticos de nivel 1, 2 o 3, sino “explicaciones” en las que se observa el uso del lenguaje disciplinar.

A pesar de lo anterior, en su informe final, el estudiante presentó una solución al problema, construida a partir de los datos recogidos durante el proceso experimental que fue realizado para probar el segundo enunciado hipotético. En dicha solución se nota que, a partir de lo observado en la experimentación, analiza su enunciado hipotético inicial e identifica nuevos factores que resultan determinantes para la solución y comprensión del problema. Esto se observa en el siguiente fragmento: “la hipótesis es correcta, sin embargo, hay factores independientes de la naturaleza de la sustancia que alteran su punto de ebullición del agua”.

El estudiante se convierte en un pensador efectivo, ya que al analizar el problema debió considerar estrategias de solución para llegar a las hipótesis; además, fue necesario que focalizara su atención en la variable propuesta en su hipótesis inicial y en otras variables, tal como lo insinúa en el fragmento. Esta forma de proceder hace que el estudiante se involucre en el proceso y que su razonamiento sea cada vez más sólido y concreto en la medida en que avanza de un enunciado hipotético hacia otro.

Diseña tres experimentos usando la campana de vacío con los cuales quede confirmado que el punto de ebullición de una sustancia depende de la presión a la cual esta se encuentre.

**Figura 3.** Problema 2.

**Fuente:** elaboración propia.

Para el problema 2 (figura 3), RA1 propuso y describió de manera auténtica tres experimentos para observar lo que sucede con la ebullición de varias sustancias sometidas a cambios de presión externa a través de una campana al vacío. Los resultados cualitativos fueron usados para revisar los enunciados hipotéticos iniciales. El primero de ellos es el siguiente:

*Enunciado hipotético 2.1 de RA1:* En la campana de vacío introduciremos 2 vasos de precipitado, el vaso de precipitado 1 tendrá agua con sal y el vaso de precipitado 2 tendrá agua y los dos vasos de precipitado estarán acompañados con termómetros y capilares. Resultado del experimento: espero que la mezcla y el agua ebullean al mismo tiempo.

Nuevamente, aparece la categoría “empleo de variables” en el enunciado; sin embargo, el estudiante no se atrevió a proponer una hipótesis para explicar el porqué de los resultados que espera obtener. No estableció una correlación entre la composición de los líquidos y su temperatura de ebullición. Quizás el hecho de que, a simple vista, el agua y el agua con sal no parecen tener diferencias hizo que el estudiante pensara que sus temperaturas de ebullición son iguales. Cabe resaltar que el estudiante logró falsear su predicción al hacer una evaluación de los resultados, como vemos en la siguiente conclusión: *El resultado [del] experimento 1 es falso porque el agua a temperatura ambiente ebulló primero, mientras que la mezcla agua con sal no alcanzó su punto de ebullición en el tiempo transcurrido.*

Este es un hecho valioso porque muestra los avances del estudiante en la comprensión del fenómeno y en la estructuración cada vez más sólida de su razonamiento; no obstante, no encontró la causalidad en lo ocurrido porque su conclusión no explica qué le impidió llegar a los resultados esperados. Esto nos permite afirmar que aún no ha realizado procesos de abducción. El segundo y tercer experimento son similares al primero en la forma de proceder, y los resultados esperados en estos enunciados coinciden, a diferencia del primero, con lo observado en la experimentación. Veamos los enunciados y sus respectivas conclusiones:

*Enunciado hipotético 2.2 de RA1:* En la campana de vacío introduciremos 2 vasos de precipitado, el vaso de precipitado 1 tendrá agua y el vaso de precipitado 2 tendrá aceite mineral y los dos vasos de precipitado estarán acompañados con termómetros y capilares. Resultado del experimento: espero que el aceite mineral ebulle en más tiempo que el agua.

*Conclusión:* El resultado experimental 2 es verdadero ya que el agua sí alcanzó su punto de ebullición mientras que el aceite mineralizado no ebulló en el tiempo transcurrido.

*Enunciado hipotético 2.3 de RA1:* En la campana de vacío introduciremos 2 vasos de precipitado, el vaso de precipitado 1 tendrá agua fría y el vaso de precipitado 2 agua a temperatura ambiente y los dos vasos de precipitado estarán acompañados con termómetros y capilares. Resultado del experimento: espero que el agua a temperatura ambiente ebulle primero que el agua fría.  
*Conclusión:* El resultado experimental 3 es verdadero, ya que en el agua a temperatura ambiente ebullo y el agua fría no alcanzó su punto de ebullición en el tiempo transcurrido.

Aunque el estudiante evaluó sus enunciados a partir de los resultados de la experimentación, no necesariamente realizó un razonamiento de tipo inductivo. Lo que sí se observa es que su razonamiento avanza en consonancia con ciertas categorías citadas al inicio de este análisis: uso de hipótesis h1 y h2, número de enunciados hipotéticos, enunciados hipotéticos de nivel 2 y uso del lenguaje disciplinar con dos variables. Otra evidencia que ratifica lo anterior es la coherencia y pertinencia de conclusiones más generales construidas a partir de consultas teóricas hechas por RA1, como la que sigue:

Aún en el vacío los diferentes tipos de sustancias difieren en su punto de ebullición, debido a la unión intermolecular que en unas son más fuertes que otras dependiendo de la naturaleza.

El razonamiento del estudiante muestra coherencia lógica en un nivel alto y creatividad en la forma de alcanzar un conocimiento antes desconocido para él, en el sentido de que es capaz de articular los conceptos físicos involucrados en el fenómeno estudiado y los procesos mentales que desarrolla a nivel cognitivo. Lo anterior se expresa con un lenguaje disciplinar apropiado para el nivel académico del grado o un lenguaje duro —como es llamado en los lineamientos curriculares del área de ciencias naturales (1998)—, el cual se observa en el uso de términos como “punto de ebullición” y “unión intermolecular”.

Vamos a un montallantas y, luego de despinchar la llanta, el trabajador le pone 35 libras de presión. Una vez le pone la llanta al carro y le mide la presión a la llanta reparada, el resultado es de 35,05 libras. ¿Por qué crees que esto sucede si el carro tiene una masa (peso) de 1500 kilos? Describe una serie de experimentos que te lleven a determinar si es verdad o mentira que la llanta arreglada por el trabajador marca 35 libras antes y después de montarla nuevamente.

**Figura 4.** Problema 3.

**Fuente:** elaboración propia.

Proseguiremos ahora con lo hallado en el problema 3 (figura 4), en el que los estudiantes debían describir un escenario experimental sin ponerlo a prueba, lo cual lo distingue de los anteriores. En esta oportunidad, RA1 realizó la descripción detallada de dos experimentos, a manera de solución del problema, e indicó su forma de proceder para solucionarlos. En la hipótesis inicial presentó el siguiente enunciado hipotético:

Lo que se espera es que la bomba a la cual le hemos aplicado peso tenga una mayor presión que el globo que está afectado solo por la presión atmosférica.

El estudiante comprendió la tarea de describir los experimentos para determinar la verdad o falsedad del fenómeno, pues habló en términos hipotéticos para solucionar progresivamente el problema y ubicó en el mismo escenario tanto variables que explicarían la ocurrencia del fenómeno (peso, presión, presión atmosférica) como las que ayudarían a solucionar el problema (volumen del globo afectado por la presión, fuerza). Asimismo, estableció una relación coherente entre las variables, lo cual hace de su respuesta un enunciado potente. El estudiante planteó una segunda hipótesis:

Tomaremos registro de la presión en el interior de una bomba, luego, inflamamos la bomba y registramos su presión. Con la misma bomba inflada tomaremos un cuaderno o una superficie plana y lo presionaremos un poco hacia abajo y tomamos el nuevo registro.

En esta hipótesis, el estudiante dejó entrever lo que podría suceder si el experimento sufriera algunas modificaciones y, aun cuando no se realizó, propuso un mayor control de variables; por ejemplo, reemplazó la fuerza humana por un objeto de masa constante. El estudiante muestra que la primera solución puede verse desde otro ángulo y que los resultados estarían relacionados con la modificación misma. De ahí la importancia de plantear más de una hipótesis en los problemas de solución abierta, en los que el estudiante puede revisar su proceder y replantear sus ideas de solución iniciales. RA1 dijo:

*Experimento. Descripción:* Inflaremos dos globos y con ayuda del manómetro verificaremos que ambos tengan la misma presión (aunque tal vez cambien por la tensión superficial de las bombas), cada bomba estará dentro de un recipiente, a la bomba 1 le aplicamos una masa de 1 libra y a la bomba 2 una masa de libras y registraremos la presión final.

Con lo analizado hasta el momento, podemos sostener que el razonamiento del estudiante RA1 tiene las siguientes características:

- Comprensión de los problemas propuestos, porque en sus respuestas revela coherencia y pertinencia.
- Apertura cognitiva hacia la física, porque su actitud fue de disposición para resolver la tarea, de búsqueda de respuestas cada vez más finas y de interés constante por desentrañar los interrogantes que surgían durante el proceso.
- Claridad en el uso del lenguaje de la física, porque utiliza los términos de manera pertinente y coherente, reconoce y diferencia variables asociadas a cada problema planteado, y sus explicaciones mantienen coherencia local y global.

De acuerdo con estas características, mostramos que las categorías de análisis identificadas en cada solución dieron cuenta de que nos encontramos con un estudiante que desarrolló un proceso adecuado de razonamiento. Sin embargo, se sostiene que no realizó procesos de abducción en este primer momento, pues sus avances a nivel del razonamiento se distancian del conocimiento que aparece como nuevo para el estudiantado.

## Segundo momento

A continuación describiremos el análisis del siguiente grupo de problemas. En este segundo momento encontramos las primeras huellas de razonamiento abductivo por parte de RA1. Tal hallazgo nos permite identificar las condiciones en las que es posible favorecer el aprendizaje de la física a través de problemas abductivos. Vamos a analizar, entonces, sus respuestas a los problemas 4, 5, 6 y 7.

Por la exposición continua al calor, ciertas sustancias sufren un fenómeno llamado dilatación, es decir, "aumentan de tamaño", como en el caso de un pedazo de alambre. La ecuación que permite describir lo que le sucede al alambre es la siguiente:

$$\Delta L = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T$$

¿Hasta qué valor teórico límite de temperatura puede darse la dilatación de un alambre de cobre sin que cambie de estado?

**Figura 5.** Problema 4.

**Fuente:** elaboración propia

Los resultados que RA1 le dio al problema 4 (figura 5) fueron interesantes debido al alto grado de complejidad del problema. Decimos *interesante* porque el estudiante propuso afirmaciones teóricamente bien argumentadas, lo que es determinante para la adecuada solución del problema. En la primera línea del enunciado, el estudiante indicó que existe un valor de temperatura en el que el cobre cambia de estado; esto significa que es consciente de los límites del fenómeno de la dilatación y que ha comprendido el problema. Al mencionar que existe un valor límite de dilatación, se infiere que sabe que la temperatura es la clave para solucionar el problema. Veamos el enunciado que propuso:

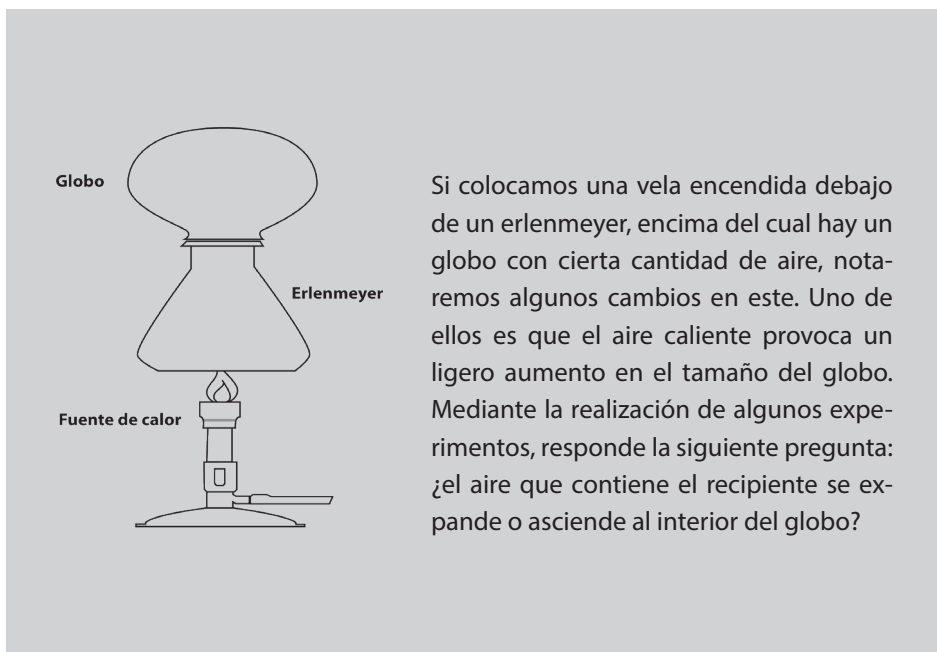
*Enunciado hipotético 4.1 de RA1:* Debido a que el punto de fusión del cobre es 1085 °C lo más prudente sería que su dilatación máxima se alcance a una temperatura menor que esta, para ser más prudente lo he bajado dos unidades, aunque es sólo un valor teórico.



El enunciado revela la complejidad de los razonamientos realizados por el estudiante, además de las categorías de la solución de problemas que se establecieron en el proceso. Nos referimos a la categoría “empleo de variables” porque mencionó la temperatura y el punto de fusión, y “enunciado hipotético de nivel 2”, puesto que, además de usar dos variables, las relacionó y utilizó esta relación para solucionar el problema.

Durante el proceso de solución del problema 4, el estudiante mostró autorregulación de su razonamiento porque se cuestionó constantemente para llegar a conclusiones claras y bien sustentadas. De acuerdo con García (2003), la autorregulación es fundamental cuando los estudiantes se enfrentan a un problema, ya que favorece la comprensión y el desarrollo de sus habilidades de pensamiento.

El problema 5 (figura 6) exige realizar una prueba experimental para determinar si al calentar un recipiente tapado con un globo se produce la expansión o el ascenso del aire cuando está confinado en un cuerpo elástico; en este caso, un globo.



**Figura 6.** Problema 5.

**Fuente:** elaboración propia.

RA1 logró establecer relaciones certeras e hizo una contextualización teórica para explicar los posibles resultados:

El aire que se encuentra en el interior del recipiente (Erlenmeyer) es calentado por la vela y esto hace que ascienda provocando el incremento de tamaño del globo.

En la descripción del procedimiento, el estudiante muestra la necesidad de repetir algunos pasos para tomar nuevos datos, esperando que suceda lo mismo que en la primera hipótesis:

Al cabo de unos minutos notaremos el cambio en el tamaño del globo, una vez que esto suceda realizaremos los mismos pasos con los globos restantes.

El enunciado permite suponer que el experimento tuvo varias pruebas en las que se trabajó en función de otras hipótesis. El estudiante consideró que, después de cierto tiempo, habría un cambio notable en el volumen inicial del globo una vez se le agregara calor. La evaluación de cada hipótesis formulada por el estudiante nos permitió ver la posición asumida frente a los datos del problema y la forma en que realizó las pruebas necesarias para llegar a una solución. Veamos la siguiente hipótesis construida por el estudiante:

*Enunciado hipotético 5.4 de RA1:* La hipótesis es correcta, aunque en realidad el aire asciende y se expande a la vez, puesto que el calor hace que las moléculas se muevan más rápido y se separen, haciéndose más ligero el aire caliente y ascendiendo al fondo del globo.

La afirmación es coherente tanto lingüística como analíticamente. La categoría “empleo de variables” es correcta debido a que el estudiante relaciona por primera vez las tres variables: cantidad de calor, velocidad de las moléculas y cambio de volumen. De hecho, en otros enunciados muestra relaciones más explícitas entre las variables; por ejemplo: “Entre mayor cantidad de energía se transfiera, más rápido se dilatará el aire y aumentará el tamaño del globo”.

Las categorías “empleo de variables” y “enunciados hipotéticos nivel 3” (hipótesis más estructurada que permitiría llegar a un resultado; véase la tabla 1) dan una forma procedimental clara a la búsqueda de solución del problema. Los datos se analizan y a la vez se explican las causas de su ocurrencia. Es clave recalcar el valor de esta respuesta en términos de razonamiento, ya que sus premisas tienen como objeto llegar a comprender científicamente el fenómeno estudiado.

Aunque el enunciado corresponde más a una explicación, se nota la intención de sustentar las hipótesis valiéndose de la teoría y no solo de la experiencia cotidiana, lo que representa un avance hacia la construcción de habilidades científicas. De acuerdo con Peirce (2001/1901), estas tareas cognitivas de razonamiento le dan más importancia al proceso y a las habilidades desarrolladas durante el proceso que al resultado mismo.

Una ley física es una regla general que se usa para explicar la ocurrencia de un determinado fenómeno. Sin embargo, existen algunas condiciones del fenómeno que pueden cambiar haciendo parecer que dicha ley podría no cumplirse en determinada situación. Una de esas leyes físicas es la primera ley de la termodinámica, la cual establece que “cuando el calor fluye hacia o desde un sistema, el sistema gana o pierde una cantidad de energía igual a la cantidad de calor transferido” Construye, describe y comprueba algunas situaciones para demostrar que lograste comprender dicha ley.

**Figura 7.** Problema 6.

**Fuente:** elaboración propia.

El problema 6 (figura 7) es algo diferente a los cinco anteriores, pues la comprensión de una ley física (la primera ley de la termodinámica) a través del funcionamiento de un artefacto le implica al estudiante conjeturar, en varias oportunidades, la operatividad de dicha ley. La respuesta de RA1 fue la más estructurada de las que fueron analizadas, pues presentó tres enunciados hipotéticos bien estructurados desde la física, lo que demuestra su comprensión del fenómeno. Su explicación se apoyó en elementos

teóricos y se formalizó en un lenguaje propio de la disciplina. Al usar un artefacto construido por él, logró poner a prueba sus construcciones científico-lingüísticas para explicar su funcionamiento. Sin embargo, no describió por escrito la construcción de su artefacto.

Una característica constante en los enunciados de RA1 fue el uso del lenguaje específico de la física, característica muy positiva para el nivel de escolaridad en el que se encuentra. El siguiente enunciado da cuenta de ello:

Estos cables volviendo al proceso principal conducen la energía eléctrica a los diodos LED donde se transforma la energía eléctrica en energía lumínica y energía calórica.

Cabe mencionar en este punto que los problemas fueron desarrollados de forma individual por los estudiantes. No obstante, en varios momentos se les pidió que interactuaran con sus compañeros de clase para aclarar dudas, afinar sus hipótesis y compartir información de diferentes fuentes (videos de las experiencias de laboratorios, libros de texto, internet, entre otros).

Como actividad adicional, les pedimos a los participantes socializar su trabajo con un grupo de niños de primero de primaria; para ello, debieron utilizar un lenguaje más cotidiano, sin perder el rigor conceptual al explicar la primera ley de la termodinámica. Esta exposición frente al grupo de niños de primero fue realizada en el teatro de la institución educativa. Los expositores construyeron una máquina térmica para explicarles la primera ley de la termodinámica. Inicialmente, presentaron la ley de forma teórica usando ejemplos coherentes, discutidos y concertados con su docente, y posteriormente hicieron una demostración con el artefacto. Esta fue una oportunidad para confirmar los avances de los estudiantes en relación con su proceso de aprendizaje y su capacidad para comunicar lo aprendido.

En los ejercicios analizados se observa que el estudiante RA1 realiza procesos cognitivos, como el razonamiento; da cuenta de la construcción de enunciados hipotéticos potentes, tanto en lo físico como en lo procedimental; muestra el análisis de los datos recolectados en las experimentaciones realizadas y el planteamiento de conclusiones estructuradas. Aunque no lo explicita en la primera parte de su explicación, el estudiante

presenta el modelo de su artefacto y deja entrever cómo funcionan los componentes principales en los que se aplica la ley física. Veamos:

Cuando giramos la manivela producimos el movimiento de una serie de poleas que sería la energía mecánica, sin embargo, en estos movimientos hay constante rozamiento por lo que una pequeña parte de la energía mecánica es transformada por el motor.

En síntesis, la resolución adecuada de un problema se relaciona directamente con el manejo que el estudiante le dé a las variables, con que estas sean necesarias y suficientes para su solución, y con la capacidad de establecer relaciones adecuadas entre ellas. He aquí la relación con los planteamientos de Peirce: la habilidad de razonar permite al aprendiz encontrar la utilidad de las variables o premisas propuestas como posibles soluciones.

Un reloj elaborado con un sistema masa-resorte (suspendido) oscila de tal manera que 1 segundo en él equivale a 4 segundos en un reloj de manecillas. Describe las maneras en que se podría lograr que los tiempos medidos por ambos sean iguales.

**Figura 8.** Problema 7.

**Fuente:** elaboración propia.

En la primera hipótesis de solución a este problema, RA1 propuso estudiar las maneras de lograr que los tiempos medidos por relojes de construcción diferente fueran iguales (figura 8), y dejó claro que, al realizar cambios en algunas variables, se podía observar el comportamiento de otras, como se ve a continuación:

Para poder igualar los tiempos medidos por los dos tipos de relojes, podemos modificar los valores de las variables que afectan el período del reloj con un sistema-resorte, en este caso podríamos modificar tanto la elasticidad del resorte como la masa, que son los elementos principales del sistema y de los que depende el período del mismo.

En el registro se evidencia que el estudiante fue coherente tanto en la forma de razonar como en la solución dada al problema, a pesar de que el experimento con los relojes nunca se realizó. Su respuesta corresponde a una hipótesis plausible y evaluable en términos procedimentales, lo cual es positivo en función de las categorías de análisis principales. Aunado a lo anterior, el estudiante se apoyó en ejemplos teóricos y utilizó ecuaciones para complementar su análisis, lo que indica que es capaz de realizar operaciones cognitivas complejas.

En la segunda hipótesis, el estudiante incluyó cuatro variables, las cuales debió usar para proponer una segunda propuesta de solución, sintetizada de esta manera: “La elasticidad del resorte es otro valor que podríamos modificar para disminuir el período del sistema masa-resorte”. Podemos concluir que, durante el proceso, el estudiante mejoró en la construcción de las premisas, ya que pasó de una simple revisión del problema al planteamiento de más de una solución posible.

De acuerdo con Peirce, en su texto *Inducción, deducción e hipótesis* (1970/1878), las hipótesis deben ser validadas o refutadas al contrastarlas con los resultados de las experimentaciones. Esto permite construir sucesivos razonamientos a partir de los resultados hallados, pero seleccionando aquellos que verdaderamente ayudan a la solución del problema. Un ejemplo podría ser el siguiente enunciado de RA1:

Podemos ver entonces, que la masa puede producir un cambio significativo en el valor de la aceleración e incluso influye en el valor del desplazamiento sin necesidad de cambiar la constante  $k$  del resorte.

El razonamiento es claro conceptualmente y muestra que el estudiante ha comprendido el sistema mecánico expuesto en el problema. La articulación de los enunciados es una muestra de su habilidad para comprender el problema y buscar su solución. En el aula de clases, este problema, a simple vista sencillo, se tornó difícil para los estudiantes, pues muchos de ellos no lograron construir más de dos hipótesis para su solución, como veremos más adelante.

## Tercer momento

Ahora analizaremos las respuestas de RA1 a los problemas 8, 9 y 10 para establecer si hubo avances significativos en relación con lo alcanzado en el momento 1. Se busca identificar si el estudiante hace razonamientos más estructurados que puedan catalogarse como abductivos. El balance general es que, en efecto, se presentan variaciones en el nivel de las premisas que llevaron al estudiante a plantear sus hipótesis, las cuales son cada vez más elaboradas y precisas en función de los fenómenos estudiados en el aula de clase.

### **Dibujar una onda sinusoidal con un péndulo simple**

Un péndulo dibujante oscila en varias direcciones cuando se le aplica un impulso, lo que permite que se dibujen algunas figuras como, por ejemplo, las gráficas del seno y el coseno. Pero para ello se necesitan algunas condiciones en el movimiento del péndulo, como el periodo de oscilación, la longitud de la cuerda, entre otras.

Utilizando un dispositivo que te permita realizar este tipo de dibujos, realiza las pruebas necesarias para comprobar que funciona (escribe una hipótesis antes de realizar cada una), es decir, si dibuja o no la onda sinusoidal armónica o amortiguada.

**Figura 9.** Problema 8.

**Fuente:** elaboración propia.

Dibujar una onda sinusoidal con un péndulo dibujante y arena fue el reto propuesto a los estudiantes (figura 9), cuyo propósito apuntaba a mostrar algunos comportamientos de las ondas según los medios analizados. El problema se contextualizó con una exposición en clase en la que se mostraron ejemplos de la descripción del movimiento de un péndulo; posteriormente, se les pidió a los estudiantes que presentaran el primer enunciado hipotético del dispositivo que cada uno debía diseñar previamente. El enunciado debía establecer claramente si el dispositivo realizaba o no la onda sinusoidal.

RA1 construyó la hipótesis con dos enunciados bien estructurados, tanto gramaticalmente como físicamente. Los enunciados orientaron las condiciones de trabajo en la solución del problema, debido a que indicaban la forma de proceder en el siguiente experimento a realizar. A pesar de ello, las variables de análisis no aparecieron completamente, pues se enfatizó más en aspectos procedimentales que en el fenómeno mismo; sin embargo, se observa que el estudiante comprendió la tarea, pues propuso nuevos datos para avanzar. Lo anterior se evidencia en expresiones como esta:

En el primer intento de dibujar una onda senoide utilizando un péndulo simple, será posible que no sea exitoso, puesto que es poco probable debido al hecho de que será la primera vez en realizarlo y no se tendrá práctica.

Para avanzar hacia la segunda hipótesis, RA1 refiere la necesidad de corregir errores que él mismo notó en la experimentación realizada, al relacionar las variables adecuadas tanto para comprender el fenómeno como para llegar a una solución posible:

En el segundo intento se tratará de corregir los errores del primero, en este segundo intento se podrá apreciar mucho mejor el dibujo que hará la arena sobre las hojas, se podrá ver una onda senoide amortiguada.

RA1 generalizó el fenómeno y usó esto último como el punto al cual se quería llegar. Esto se puede ver en el siguiente planteamiento:

Efectivamente en el segundo intento se corrigió el contacto con el péndulo y se dibujó una onda senoide, sin embargo, no fue amortiguada sino armónica.

Aunque no obtuvo el resultado que esperaba, la experiencia le permitió tomar conciencia de su proceder para llegar a la solución y hacer los ajustes necesarios (procedimentales o respecto a la hipótesis misma). Esta visión del fenómeno incluso le llevó a revisar en la evidencia (videos tomados durante la experiencia) si la longitud de la cuerda o el impulso con que fue soltado el péndulo produjeron movimientos adecuados para producir la onda esperada.



A este indicador de razonamiento podríamos llamarlo de tipo abductivo, puesto que exige encontrar, a partir de las premisas iniciales, las hipótesis que hacen verdadera o válida la solución de un problema; en este caso, qué tipo de onda esperaría encontrar dadas las condiciones que inicialmente planteó al experimento (dirección del movimiento del péndulo, longitud de la cuerda, cuerda, entre otras). RA1 logró determinar, a partir de los resultados, que su proceder pudo interferir con ellos, como se observa en el anterior enunciado, y al tener plena conciencia de ello mostró que andar por otra vía de solución eliminando obstáculos le llevaría a la meta esperada con el primer experimento. Lo anterior sugiere que, en situaciones cotidianas similares, el estudiante generaría nuevas opciones que lo conducirían a resolver problemas cotidianos de una manera adecuada.

La siguiente hipótesis de RA1 fue:

El tercer y último será el mejor, el péndulo dibujante con su movimiento hará una onda sinusoidal amortiguada.

En el enunciado aparece una idea más precisa del trabajo con el dispositivo y se indica con claridad el resultado esperado, lo que es posible después de realizar una serie de análisis que le permitieron comprender las condiciones necesarias para obtener la onda sinusoidal. Se debe aclarar que la comprensión se expresa en la riqueza de los enunciados, la identificación de variables, el control de estas y la capacidad de establecer relaciones entre ellas.

La exigencia de este problema, en términos de razonamiento, está más enfocada hacia lo procedimental que hacia la comprensión del fenómeno físico; sin embargo, en el marco teórico utilizado para apoyar el estudio de la sinusoidal y del movimiento periódico se discutieron características de lo que se iba a experimentar con el péndulo y la arena.

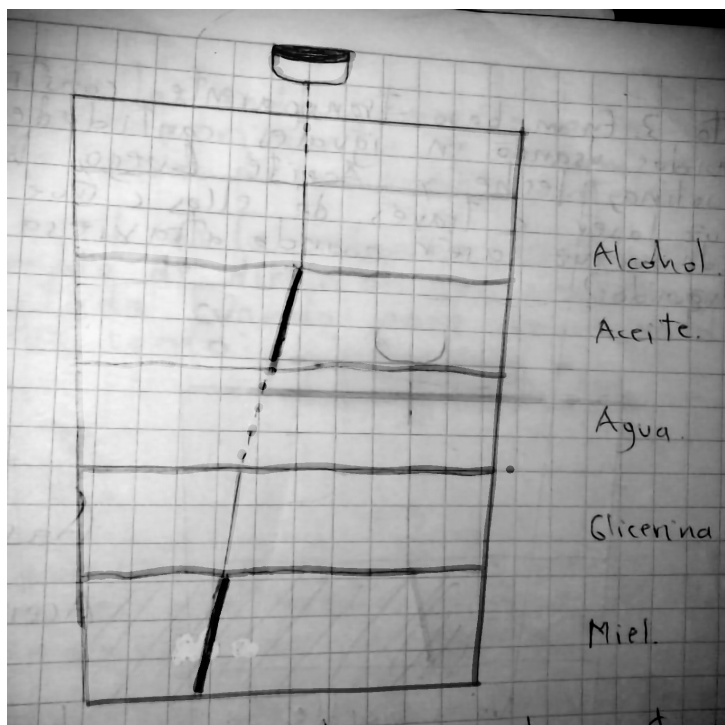
La luz es una onda electromagnética que puede atravesar medios transparentes como los líquidos. Cuando esto sucede la luz cambia de dirección; a dicho fenómeno se le llama refracción. Con tres líquidos no miscibles construye una columna y haz pasar un haz de luz láser a través de ella. Diseña tres experimentos que te permitan averiguar qué sucede con el recorrido de la luz cada vez que atraviesa cada uno de los líquidos si la columna está formada por cinco líquidos diferentes.

**Figura 10.** Problema 9.  
**Fuente:** elaboración propia.

Llegados a este punto, avanzamos en el estudio del concepto de ondas, esta vez abordando el fenómeno de refracción para la luz visible. Por ello diseñamos un problema relacionado con los líquidos inmiscibles (figura 10). Les pedimos a los estudiantes formar columnas de líquidos inmiscibles con distintos líquidos transparentes (alcohol, agua, aceite, vinagre, entre otros). Contextualizamos el problema en una experiencia previa en la que se usaron solo tres líquidos transparentes; luego les pedimos que diseñaran tres experimentos con cinco líquidos transparentes diferentes, de tal forma que pudieran averiguar qué sucede con el recorrido de la luz a medida que atraviesa cada uno de los líquidos de la columna.

En esta oportunidad, RA1 incluyó una pregunta en la descripción del procedimiento, como si fuese el punto de partida para comprender el fenómeno y poner a prueba la hipótesis, lo que no había hecho en las soluciones anteriores. Veámosla: “¿Qué sucede con el recorrido de la luz láser cuando atraviesa cada uno de los líquidos?” Este interrogante nos indica que el estudiante es inquieto frente a la realidad que lo rodea. En este sentido, el problema 9 le permitió hacer inferencias a partir de la observación y experimentación con los objetos; sin embargo, se pudo establecer que una condición particular del problema (establecer el orden adecuado de las sustancias para evitar mezclas) significó un reto para él. Cuando estaba resolviendo el ejercicio, RA1 mostró preocupación por no poder terminar la tarea en el tiempo asignado inicialmente, a pesar de lo planteado en la hipótesis 1 (figura 11):

En un vaso transparente construimos una columna de líquidos usando en iguales cantidades agua, alcohol, aceite, glicerina y miel. Luego, haz pasar un rayo de luz láser a través de ellos.

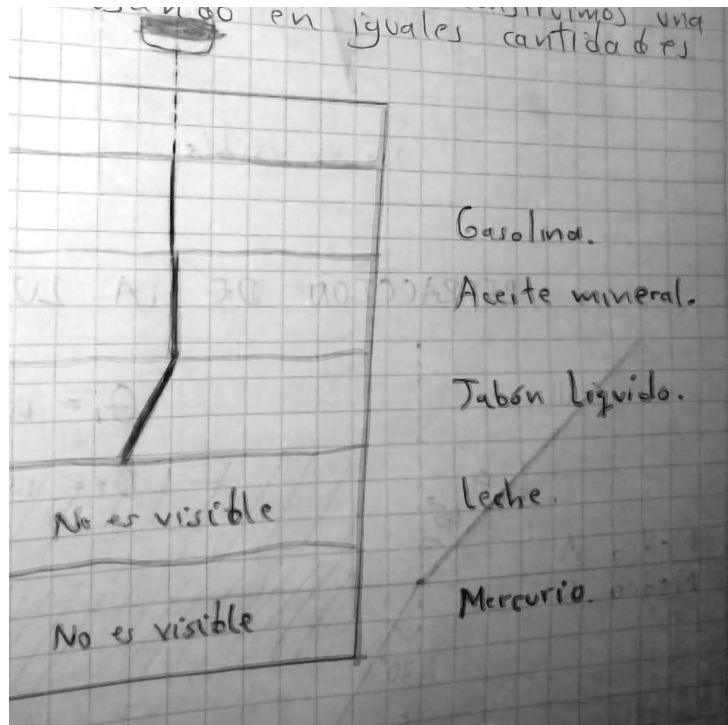


**Figura 11.** Hipótesis 1 representada con un dibujo del rayo luminoso refractado.  
**Fuente:** elaboración propia.

El estudiante se mostró inquieto por lo que estaba proponiendo en la hipótesis, pues esta no necesariamente funciona la primera vez y hay que hacer nuevos intentos basados en los datos obtenidos en las distintas etapas de experimentación. Estas reflexiones son coherentes con lo que establece la lógica peirciana, esto es, que para acercarnos al descubrimiento científico debemos partir del planteamiento de hipótesis, pues ello conduce a la comprensión de los fenómenos de la realidad.

En la segunda hipótesis encontramos que la trayectoria trazada para el haz luminoso cambia, debido a las propiedades de las sustancias líquidas

utilizadas y de acuerdo con la Ley de Snell; en algunos casos, la refracción se dará en función del índice de refracción de cada medio (figura 12).



**Figura 12.** Hipótesis representada con un dibujo del rayo luminoso refractado (cambio de sustancias).

En la imagen, el estudiante plantea otra hipótesis como solución del problema y traza una trayectoria de la luz algo diferente a la primera. Las sustancias a usar hipotéticamente no deben mezclarse para conservar la columna de los líquidos, por lo que el estudiante supone que al ser la leche y el mercurio sustancias no transparentes, el rayo no será visible, como muestra el dibujo. RA1 planteó sus hipótesis 2 y 3 con consciencia de esta información y tal vez quiso salirse del molde con su respuesta (figura 13).

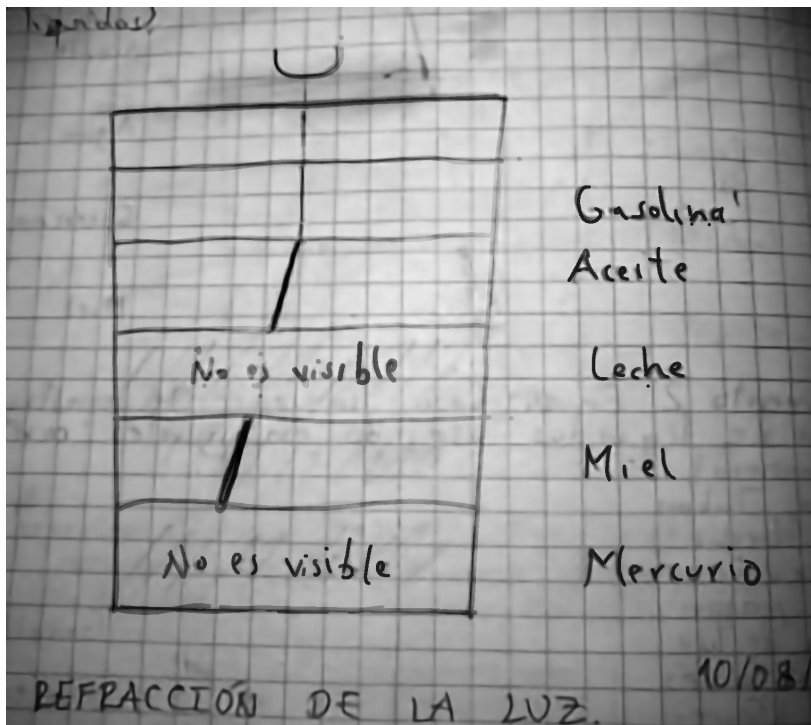


Figura 13. Enunciado hipotético representado con un dibujo del rayo luminoso refractado.

En la tercera hipótesis se conservan sustancias de la hipótesis 2 y se incorporan dos líquidos no transparentes: mercurio y leche, lo cual estaba por fuera de los criterios propuestos para el problema. Al introducir los líquidos mencionados, se esperaba que el estudiante indicara la trayectoria del rayo en su interior; sin embargo, como se observa en la figura 12, no logró hacerlo. Se infiere que no analizó con profundidad el fenómeno, ya que era posible interpretar de forma diferente la coloración de los líquidos; por ejemplo, tener presente que, debido a su densidad, unos podrían mezclarse de forma homogénea y se perdería la columna de líquidos. Esto dista del tipo de razonamiento que venía realizando.

Lo rescatable de la solución dada por el estudiante es que es abierta, un aspecto importante desde el punto de vista de los problemas descritos en este estudio. Aunque el último fue poco pertinente en función del

fenómeno de la refracción, cada enunciado constituye una posibilidad de solucionar el problema. Cabe resaltar el hecho de que el estudiante haya terminado la tarea con tres hipótesis.

### **Sonido**

Los instrumentos musicales poseen sonidos característicos que están determinados por la frecuencia de vibración que emite cada uno cuando es utilizado y a lo que poca importancia le damos. Sin embargo, de no existir diferencias entre dichas frecuencias, los instrumentos sonarían de forma similar, lo que sería poco divertido.

Usando una aplicación de teléfono inteligente muestra cómo podrías representar sonidos característicos de cuatro instrumentos musicales a partir del análisis de su onda. Plantea una hipótesis inicial de trabajo y evalúala a partir de los datos obtenidos para el primer instrumento y repite este paso con cada uno.

Figura 14. Problema 10.

El último problema (figura 14) consistía en describir las características básicas de las ondas sonoras generadas por cuatro instrumentos musicales, con ayuda de unas aplicaciones de Android (frecuencímetros, sonómetros). Ante esto, RA1 tuvo que realizar algunas tareas adicionales o preparatorias para llegar a la solución mostrada. Según lo expresado por García (2003), las estrategias de solución son importantes al resolver un problema, sobre todo si se busca que el estudiante se vuelva hábil seleccionando las más acertadas.

El estudiante presenta cuatro enunciados hipotéticos en forma de gráficos descriptivos (figura 15). La aplicación utilizada (sonómetro o analizador de frecuencia) determinó algunas características de la “onda” particular de los cuatro instrumentos utilizados (flauta, tambor, pandereta y guitarra). Tales enunciados tienen relación con el procedimiento en la experimentación y, por tanto, se articulan con la selección de métodos o estrategias pertinentes para solucionar el problema.

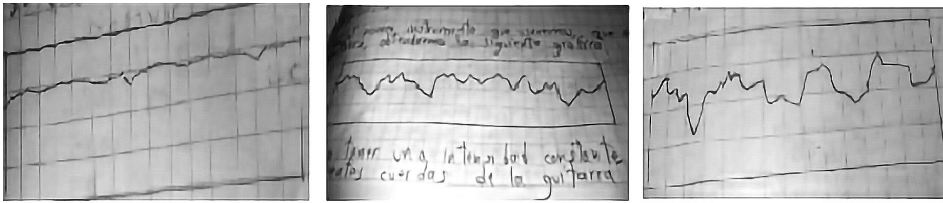


Figura 15. Enunciados hipotéticos representados gráficamente.

Veamos el primer enunciado:

*Enunciado hipotético 10.1 de RA1:* No va a tener una intensidad constante, debido a que las diferentes cuerdas de la guitarra tienen diferentes intensidades, debido a la tensión y grosor de la cuerda varía para que cada una produzca un sonido diferente según la frecuencia. En resumen, la gráfica nos dará valores altos y bajos.

Puede notarse que el estudiante reconoce características de su objeto de estudio (frecuencia e intensidad de la onda) y señala la relación entre tensión y frecuencia en el movimiento vibratorio del instrumento. Cuando afirma que la gráfica dará valores altos y bajos, indica valores de amplitud que describen la oscilación. En este sentido, la hipótesis 1 recoge elementos de las categorías de análisis ya discutidas. En la solución del problema, el estudiante menciona algunas variables, como se observa en este fragmento:

Cada cuerda de la guitarra está configurada con diferentes tensiones y son de diferente material, esto modifica en cada una la velocidad, timbre, intensidad y [número de] veces que oscila, aplicando un tono diferente a cada cuerda.

El análisis tiene en cuenta la causalidad y el efecto del movimiento ondulatorio, lo que es un indicador del razonamiento realizado para cumplir con la tarea. Este hecho refleja la correlación entre el aprendizaje del fenómeno físico y la habilidad para solucionar el problema con los elementos que el estudiante tenía a su disposición (instrumentos, aplicación de teléfono inteligente, hipótesis y otros). Asimismo, el hecho de reconocer elementos diferentes en el mismo instrumento, como la variación de las tensiones en

las cuerdas, da cuenta de un razonamiento que se fija más en los detalles que en la generalidad.

Ya en los anteriores problemas nos ha llamado la atención el lenguaje utilizado por el estudiante. Cabe mencionarlo de nuevo, pues se ha hecho cada vez más elaborado, así como el análisis realizado. Aunque tiene algunos errores de puntuación, el texto es coherente en la expresión de las ideas. En otra parte del análisis, el estudiante dice:

En la gráfica 1 se puede observar cómo los valores de intensidad varían, sin embargo, la mayoría de los picos de la onda están en un promedio de 70 dB, lo que significa que la intensidad del sonido bajaba cuando se tocaban notas más agudas (o cuerdas más tensas) y subía al máximo cuando se tocaban las más graves.

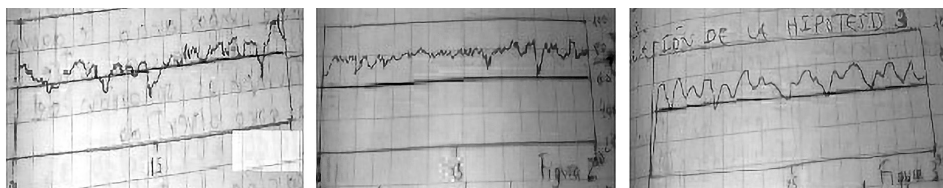
Si sometiéramos este enunciado a la estructura lógica de la abducción, encontraríamos que sus premisas guardan una relación entre sí; es decir, el estudiante logró inferir el hecho de que, a partir del cambio de los valores de la intensidad, es posible concluir si un sonido es grave o agudo. Esto muestra una asociación de variables y la intencionalidad del procedimiento en la comprensión profunda del fenómeno; además, puede notarse que la solución del problema no es cerrada:

*Enunciado hipotético 10.2 de RA1:* Los platillos que producen ondas sonoras, al contacto estarán en constante movimiento, golpeándose entre sí, por lo que deberán producir una intensidad constante, que en ocasiones variará debido a la fuerza con que se sacuda la pandereta.

Como se ve, el estudiante señala el elemento de análisis (la onda sonora) e indica variables como la intensidad y su relación con la fuerza aplicada por el intérprete. Son varias las tareas que deben realizarse para formalizar enunciados hipotéticos, como darles una estructuración lógica, identificar y establecer correlaciones entre variables y ser coherente en la enunciación de los planteamientos hipotéticos y las explicaciones. Si observamos las representaciones hipotéticas elaboradas por el estudiante, notamos que bien podrían ser respuestas desligadas, ya que no existe entre ellas mayor



semejanza; no obstante, evidencian la búsqueda de RA1 por mostrar la diferencia entre los instrumentos a través de las gráficas (figura 16):



**Figura 16.** Resultados obtenidos en la aplicación de sonómetro.  
**Fuente:** elaboración propia.

Finalmente, el estudiante presenta análisis similares sobre las ondas registradas, y menciona variables útiles para resolver el problema, como la intensidad, la amplitud, la frecuencia y el tiempo. Además, menciona otras características del sonido, como el tono y el timbre, y establece las relaciones pertinentes entre ellas y la frecuencia de la onda obtenida (diferenciar a partir de las características el sonido de un instrumento u otro).

## **Análisis del caso 2. Estudiante RA2**

En su proceso de razonamiento, el estudiante RA2 mostró características interesantes, como el uso de enunciados con lenguaje científico y el establecimiento de relaciones entre variables físicas importantes en el proceso de solución de los problemas. Como en el caso anterior, nos interesa identificar los enunciados que den cuenta de procesos de razonamiento inductivo.

### **Primer momento**

Los enunciados elaborados por RA2 para plantear la solución de los problemas 1, 2 y 3 tienen las siguientes características:

- a. Son enunciados hipotéticos de nivel 1 o 2.
- b. Son enfáticos en presentar de forma detallada los procedimientos realizados.
- c. Reflejan algunas categorías de análisis.

Iremos abordando estas características a medida que avancemos en el análisis. Cabe recordar que cuando hablamos de “enunciados hipotéticos de nivel 1 o 2” nos referimos a razonamientos que no son de carácter abductivo, a pesar de que contienen ciertos términos propios del lenguaje de la física, muestran un buen grado de coherencia e indican variables propias de cada problema.

Para la solución del primer problema, RA2 construyó tres enunciados hipotéticos en los que eligió la variable “presión” como la que más afecta la ebullición del agua. Todos los enunciados se caracterizan porque establecen una relación entre presión y temperatura de ebullición, lo que da cuenta de que el estudiante tiene claro en qué debe fijarse; sin embargo, las condiciones en las que debe realizar las pruebas experimentales no se aclaran, lo que significa que aún no reconoce la relación de dependencia entre una variable (presión) y otra (temperatura de ebullición). Esto se observa en el tercer enunciado hipotético propuesto por el estudiante:

*Enunciado hipotético 1.3 de RA2:* Para que el agua alcance su punto de ebullición es necesario que la presión atmosférica y la presión ejercida por el vapor del agua interactúen sobre el líquido, dependiendo de la altura del lugar, el punto de ebullición aumenta o disminuye.

Este enunciado nos muestra cuatro variables: presión atmosférica, presión del vapor de agua, altura del lugar y temperatura de ebullición; pero también muestra la poca claridad que tiene el estudiante sobre las relaciones de dependencia entre ellas. Al respecto, García (2003) señala que la construcción de modelos desde lo teórico ayuda al aprendiz a autorregularse en el proceso de solución de los problemas, ya que no basta con plantear cualquier idea que se nos ocurra, sino que esta debe cumplir con unas condiciones mínimas para convertirse en una solución.

Por otro lado, en lo que tiene que ver con el énfasis procedimental de los enunciados, se debe decir que el estudiante consideró una prioridad el procedimiento utilizado para resolver la mayoría de los problemas, puesto que, en varias de las respuestas, se presentó cierto comportamiento reiterativo. Es decir, en algunos momentos el estudiante se ocupó más

de definir cómo llevaría a cabo la experimentación que en llegar a la respuesta, como se nota en el siguiente párrafo:

Este experimento consistirá en comprobar directamente el planteamiento del problema 3. Ir a un montallantas e inflar una llanta de vehículo a una presión determinada, instalarla sobre el vehículo y volver a tomar el valor de presión que posee la llanta. Verificar que los datos obtenidos se relacionen con los datos del problema 3, obteniendo el valor de la presión mayor cuando la llanta ya está instalada.

El procedimiento es muy importante en la solución de cualquier problema; sin embargo, se debe aprender a reconocer la importancia de todos los elementos que contribuyen a llegar a la meta, esto es, solucionar correctamente un problema. En este caso, RA2 parece haberse estancado en este aspecto de la solución, lo cual compromete la coherencia de su razonamiento.

Una tercera característica identificada en las respuestas de RA2 es que, aunque los enunciados no son del todo hipotéticos, presentan convergencia en ciertas categorías que nos permiten decir que existe un punto de partida desde el cual lo abductivo parece tener cabida en su manera de razonar. Dichas categorías son: “empleo de variables”, “da importancia al procedimiento en la solución” y “enunciados hipotéticos nivel 2”, las cuales se expresan en las siguientes afirmaciones:

Podemos observar que el volumen disminuye pero la presión aumentará debido a que las moléculas estarán mas cerca que antes una de la otra, se moverán más rápido las moléculas y la presión aumentará. Observaremos qué cambios tuvo el émbolo de la jeringa.

La presión porque a medida que incrementamos la temperatura del agua tiene una ebullición más rápida o lenta dependiendo del nivel de la llama.

En ambos enunciados se cumple el uso de variables expuestas en los problemas (véanse las figuras 1 y 3), así como el establecimiento de relaciones entre ellas. En el primero se muestra una causalidad entre la disminución del volumen y el aumento de la presión y la velocidad de las moléculas en un gas. El segundo a su vez indica o deja entrever la dependencia entre

la temperatura de ebullición y el tiempo en el que se alcanzará según la cantidad de calor suministrada. Por otra parte, la categoría sobre la importancia del procedimiento se observa claramente en el primer enunciado hipotético, pero no en el segundo.

Las respuestas de RA2 son el resultado de un esfuerzo cognitivo notable que favorece su habilidad de razonar y le permite confrontar sus puntos de vista con los de otros compañeros de manera espontánea. En el problema del montallantas, la solución debía darse de forma individual, y sus respuestas en general (enunciados hipotéticos) indican que utilizó ciertos recursos hipotéticos para proponer formas de llegar a la solución. Veamos los diferentes enunciados hipotéticos:

*Enunciado hipotético 3.1 de RA2:* Obteniendo el valor de la presión mayor cuando la llanta ya está instalada.

*Enunciado hipotético 3.2 de RA2:* Podemos observar que cuando la presión aumenta el volumen disminuye y cuando la presión disminuye el volumen aumenta. En este experimento el volumen del globo aumentará y la presión disminuye.

*Enunciado hipotético 3.3 de RA2:* Podemos observar que el volumen disminuye, pero la presión aumentará debido a que las moléculas estarán más cerca que antes una de la otra, se moverán más rápido las moléculas y la presión aumentará. Observaremos qué cambios tuvo el émbolo de la jeringa.

*Enunciado hipotético 3.4 de RA2:* Inflar el balón con una presión determinada, y efectuando una fuerza sobre él, medir la nueva presión, y observar que aumenta.

En tres de las respuestas se utiliza la expresión “observar” como la acción que permitirá obtener la solución al problema. Esta actitud científica está presente en su estilo de aprendizaje, hecho que consideramos destacable. No obstante, el nivel de razonamiento mostrado en las fallidas conclusiones posteriores indica que debe afinar más su capacidad de análisis de lo observable para proponer mejores enunciados explicativos. Otro aspecto relacionado con el razonamiento es la forma en que describe lo procedimental, ya que es común que establezca relaciones de causa-efecto entre las variables proporcionadas

en el problema. Siguiendo los postulados de Peirce sobre la presunción, el estudiante RA2 debe aprender a razonar de forma consciente para desarrollar nuevas ideas y buscar más y mejores soluciones, es decir, debe pensar en la tarea y cómo la está realizando, comportamiento que se alcanza a perfilar de forma incipiente en su solución a los problemas propuestos.

Por ende, el procedimiento constituye un elemento importante en la formación del carácter científico de los estudiantes, puesto que orienta las presunciones que van construyendo a medida que se enfrentan a la situación que deben resolver.

## Segundo momento

En este apartado analizaremos las respuestas del estudiante RA2 a los problemas 4, 5, 6 y 7. En estos problemas, como veremos, revelaron una evolución en su razonamiento. El primer enunciado que analizaremos es la respuesta al problema 4:

*Enunciado hipotético 4.1 de RA2:* El cobre es un material que alcanza su punto de fusión a una temperatura de 1083°C, sería el valor límite de la temperatura que puede darse en la dilatación de la misma, por lo tanto cuando el alambre de cobre se expone a esta temperatura alcanzaría el aumento máximo de su longitud e iniciaría a cambiar de estado. Teóricamente lo puedo expresar de la siguiente manera:

$$\Delta L = \alpha * l_o \Delta T$$

Por lo tanto se puede establecer que la elongación de la longitud del alambre de cobre antes de cambie su estado está determinado por su temperatura de fusión. Teóricamente la establecemos como el aumento de temperatura sobre el objeto y el aumento de la longitud del mismo.

El valor teórico límite de temperatura es de 1083 °C y su elongación puede llegar hasta 1,8 cm y lo establecemos de la siguiente manera

$$\Delta T = \frac{\alpha * l_o}{\Delta L}$$

Luego el alambre cambia de estado.

Cuando usa la segunda expresión matemática, pareciera sustentar la posibilidad de obtener un valor teórico para la temperatura de máxima dilatación. Aun así, creemos que no llega a una comprensión del fenómeno, pues la respuesta no muestra claramente cómo articuló las variables de dicho estado físico; por tanto, esta parece más una estimación cualitativa.

El reconocimiento de fuentes teóricas muestra que el estudiante no se conforma con dar una simple respuesta, sino que trata de buscar elementos de juicio que le ayuden a concretar una solución adecuada. El estudiante no formula hipótesis separadas para este problema, sino que sus enunciados se entretajan para formar una gran hipótesis-solución. Estos enunciados parecen a primera vista una solución muy bien argumentada, pero dejan de lado el tratamiento matemático que se requeriría. Se reconoce que RA2 ha identificado algunas claves importantes en la solución, pero omite, por ejemplo, el proceso que le permite asegurar que la elongación será de 1,8cm, valor considerable dado el coeficiente de dilatación del cobre. En todo caso, el estudiante presenta un primer enunciado hipotético extenso en el que reconoce variables y establece los límites correspondientes teniendo en cuenta referentes conceptuales adecuados.

Cuando le preguntamos en el problema 5 por lo que le sucede al aire encerrado en un globo una vez se calienta el recipiente al que se encuentra sujeto, el estudiante expresó lo siguiente:

*Enunciado hipotético 5.1 de RA2:* El aire que contiene el recipiente asciende, ya que cuando se calienta el aire, este se vuelve más ligero y asciende hacia el globo, ocasionando que el globo aumente su volumen. El aire es calentado, tiende a subir ocasionado que el globo se eleve poco a poco y al final el volumen del globo ha aumentado.

El enunciado es coherente en términos del razonamiento y de la explicación física, porque ubica en el mismo contexto las variables necesarias para solucionar el problema: temperatura, presión y cambio de volumen. El razonamiento expuesto articula premisas que se acercan mucho más a una hipótesis. Esta solución de RA2 podría ser coherente con lo expresado por Peirce, porque el entrelazamiento de premisas da consistencia al argumento presentado.

El estudiante debía avanzar en algo más que la elaboración de una hipótesis; por el procedimiento descrito, inferimos que tuvo que observar después el fenómeno y razonar según los resultados que esperaba encontrar en sus propios experimentos. La evaluación de la hipótesis anterior muestra cómo reflexiona el estudiante en la comprensión de lo observado y la contrastación de la hipótesis. Las variables incluidas en el proceso experimental son usadas por RA2 para establecer relaciones en el análisis posterior, como vemos a continuación:

Bomba 1. Esta bomba tuvo una particularidad referente a las otras, el tiempo transcurrido desde el inicio cuando se le aplica calor al Erlenmeyer hasta cuando la bomba logra elevarse, es casi el doble que las otras dos bombas...

De acuerdo con García (2003), en la solución de un problema, al planear y ejecutar un plan de trabajo, el estudiante debe tomar decisiones frente a los posibles caminos de solución. En este sentido, la abducción realizada por el estudiante es pertinente en lo hipotético y procedimental, puesto que las categorías detectadas en sus respuestas muestran un paso hacia la construcción de mejores enunciados, como los de tipo 2.

En los informes del estudiante RA2 se observó que cada hipótesis planteada se contrastó con los resultados del proceso experimental, lo cual hace interesante el aprendizaje de la física porque se da importancia a la forma en que se ha construido la ciencia. Se detectó, además, que el uso del lenguaje científico se volvió más apropiado para construir la solución escrita a través de las hipótesis. RA2 logró interactuar con los usos del lenguaje y la categoría de análisis “Uso de hipótesis de nivel 1 y 2”. En otros enunciados (conclusiones del informe) falta consistencia, como en el siguiente:

Este experimento consiste en demostrar que al calentar el aire el volumen es menor, consiste en ingresar un globo en la nevera durante varios minutos, cuando la sacamos después de un periodo de tiempo podemos observar que el volumen del globo disminuye.

Entre mayor temperatura tenga el Erlenmeyer el globo se inflará mucho más. Por lo que cuando se aumenta la temperatura el globo se infla mucho más rápido.

Sin embargo, es de resaltar que el razonamiento del estudiante, aun cuando lo expresado no tenga total correspondencia con lo esperado, muestra, de acuerdo con Peirce, premisas que, aunque algo imprecisas, son necesarias para acercarse a la solución del problema. En otros enunciados, como los que veremos a continuación, el estudiante utiliza criterios personales para establecer relaciones de causa y efecto sobre el fenómeno estudiado:

A través de esta experiencia se puede demostrar que no es necesario soplar directamente una bomba para poderla inflar, podemos utilizar muchos experimentos, que nos afirmen que el aire que contiene el recipiente asciende al interior del globo.

Poder usar criterios personales para tratar de encontrar una solución al reto propuesto por el docente es pertinente, según Reigosa y Jiménez (2000), porque esto garantiza que el problema es cercano al estudiante, creíble y solucionable, lo cual le permite apoyar y soportar científicamente sus aprendizajes. Nuestro análisis muestra que el problema 7 reta al estudiante cognitivamente porque lo obliga a pensar en el funcionamiento normal de un reloj en la acción simple de marcar la duración de un suceso. No obstante, a los estudiantes les tomó un buen rato ubicar cognitivamente en el mismo escenario un segundo reloj, que debía realizar la misma tarea que el primero (lograr que registren el mismo tiempo), pero en un ritmo bastante diferente (véase la figura 8).

En el primer enunciado se establece una relación correcta entre las variables que permiten solucionar el problema, lo que constituye una hipótesis plausible, de acuerdo con los planteamientos de Peirce. Cabe resaltar este hecho debido a que, por primera vez, el estudiante logra presentar una relación usando hasta cuatro variables:

*Enunciado hipotético 7.1 de RA2:* Otra forma muy eficiente de lograr que los tiempos medidos por ambos relojes sean iguales es modificar al reloj con el sistema masa resorte, cambiar el resorte anterior por uno que posea mayor constante elástica, de esta manera se logrará que la fuerza que ejerce la masa sobre el resorte sea compensada por la constante elástica del mismo y la fuerza restauradora del resorte aumentará de tal manera que se aumentaría la velocidad del sistema masa resorte del reloj. Y el sistema del reloj masa resorte realizará una oscilación completa en más tiempo, logrando que los tiempos medidos por ambos se igualen.



Este avance en el razonamiento demuestra que la abducción se puede desarrollar en el contexto escolar. Tanto Peirce como García consideran importante la situación real a partir de la cual se pueden alcanzar mejores aprendizajes. Peirce (1901) afirma que es posible aproximarse a la verdad a través de las suposiciones, planteamiento que es confirmado, de cierto modo, por el proceder de RA2 al proponer el anterior enunciado hipotético. La realidad es un fuerte referente para plantear soluciones a los problemas, pues, de esta manera, el sujeto logra desarrollar habilidades nuevas durante el proceso de solución. En contraste con esto, RA2 no logra formular una nueva hipótesis porque el enunciado 7.2 no constituye una hipótesis. Cuando pasa al enunciado 7.3 tiene en cuenta otro elemento no considerado en los enunciados 1 y 2: la gravedad bajo la cual operarían los dos relojes según las condiciones del lugar. Respecto a esto, el estudiante dijo:

Otra forma de lograr que los tiempos medidos por ambos relojes sean iguales es colocar al reloj con el sistema masa resorte en un lugar donde la gravedad sea mayor...

Dicho enunciado va mucho más allá en la solución, que además es abierta, y muestra cómo el efecto gravitacional sobre el movimiento de los relojes le ayudó al estudiante a inferir lo siguiente:

[...] ya que la masa aumentaría su peso por que ha aumentado la fuerza de gravedad, ocasionando que la masa caiga más rápidamente y la fuerza restauradora del resorte aumente lo cual aumentará la velocidad del mismo, permitiendo que ambos relojes logren igualar sus tiempos medidos.

El enunciado presenta debilidades en el plano sintáctico debido a que la puntuación no es adecuada, lo cual refleja que RA2 no logra expresar sus ideas con total claridad. Además, si bien un aumento en la constante gravitacional causa mayor peso en la masa oscilante, no afectará el periodo del sistema, puesto que este último depende exclusivamente de la masa (no del peso) y de la constante elástica del resorte, variable esta última que no es afectada por cambios de gravedad. En todo caso, no deja de sorprender la manera aguda en que el estudiante propone su hipótesis.

Hasta este punto del análisis hemos encontrado que RA2 es capaz de formalizar ideas con un nivel enunciativo que le permite acercarse a los fenómenos, leyes y teorías físicas, usando articuladamente la solución de problemas. Se observa en sus respuestas un grado de apropiación coherente con lo establecido en los estándares curriculares (2006) y los lineamientos de ciencias naturales (2003).

### **Tercer momento**

En el análisis del siguiente grupo de problemas expondremos el nivel de razonamiento alcanzado por RA2 en la etapa final del estudio. Los hallazgos encontrados permitieron perfilar algunas de las recomendaciones que presentaremos más adelante. Los enunciados construidos por RA2 sobre el uso de un péndulo adherido a un dispositivo de madera para dibujar ondas senoidales (dispositivo que fue proporcionado por la docente) dan cuenta del poco avance del estudiante respecto al razonamiento, puesto que concentró su atención en la obtención de la onda senoide, pero no señaló nada con respecto a las características de la onda obtenida o sobre cómo algunos cambios en el dispositivo alteraban las características de la onda. Es decir, en lo único que hubo avances fue en las condiciones que debía tener en cuenta para poner en funcionamiento el dispositivo, pero no en el análisis de la onda mecánica resultante. Veamos dos de los tres enunciados de RA2:

*Enunciado hipotético 8.2 de RA2:* En este intento el péndulo simple si lograra dibujar la onda senoide, ya existe una experiencia anterior, el péndulo al realizar oscilaciones logra que las partículas de arena caigan a la hoja, mientras desplazamos la hoja de un lado a otro, y se lograra dibujar la onda senoide.

Resultados: esta hipótesis es verdadera ya que efectivamente sucede lo descrito en la hipótesis 2, el dispositivo logra dibujar la onda senoide sobre el papel y el funcionamiento del dispositivo es correcto. Por lo tanto se puede afirmar que la onda senoide es formada por las oscilaciones del péndulo simple. ...

*Enunciado hipotético 8.3 de RA2:* En este intento se espera que efectivamente se repita lo sucedido en la hipótesis 2, en este intento el péndulo simple en sus oscilaciones dibujará una onda senoide gracias al funcionamiento del sistema.

Resultados: esta hipótesis es verdadera por que el dispositivo a través de su funcionamiento logró dibujar una onda senoide y se reafirma la dicho en la hipótesis 2.

En ambos enunciados, el estudiante solo espera que se produzca la onda, pero no menciona nada sobre sus características (amplitud, frecuencia o longitud). Podemos decir, entonces, que RA2 falla en la tarea asignada porque pierde de vista las variables del problema que debía analizar; tal vez esto se debe a que no comprendió la indicación, lo que finalmente se convierte en un obstáculo para solucionar el problema. Consideramos que la estructura de la indicación dada en el problema está relacionada con dicho obstáculo.

Son diversas variables las que pudo haber tenido en cuenta el estudiante, pues se esperaba que reflexionara sobre elementos del movimiento ondulatorio como la velocidad, el periodo y la frecuencia. Sin embargo, el estudiante analizó, sobre todo, el funcionamiento del dispositivo. En este sentido, podemos afirmar que solucionó el problema de manera atípica en relación con la forma en que venía resolviendo los problemas anteriores. No obstante, en su informe general, el estudiante sí analizó algunos de estos elementos.

En estos enunciados no se muestran grandes esfuerzos cognitivos por parte del estudiante, lo que no es relevante para los fines de nuestro estudio por dos razones: primero, porque la solución está muy lejos de corresponderse con el fenómeno estudiado, y, segundo, porque el tipo de enunciado no da cuenta de que el estudiante haya realizado tareas más elaboradas en comparación con las que ya venía realizando.

Ahora hablaremos sobre las descripciones de tres experimentos planteados por el estudiante RA2 como respuesta al problema 9. Los enunciados hipotéticos son planteados a través de dibujos descriptivos. En el primero, se observa un recorrido casi lineal de la luz al atravesar los líquidos, excepto por el último tramo, lo que indica que el estudiante no cree que la luz se desvíe demasiado cuando pasa por los cuatro primeros líquidos: alcohol, miel, jabón líquido y aceite mineralizado (figura 17).

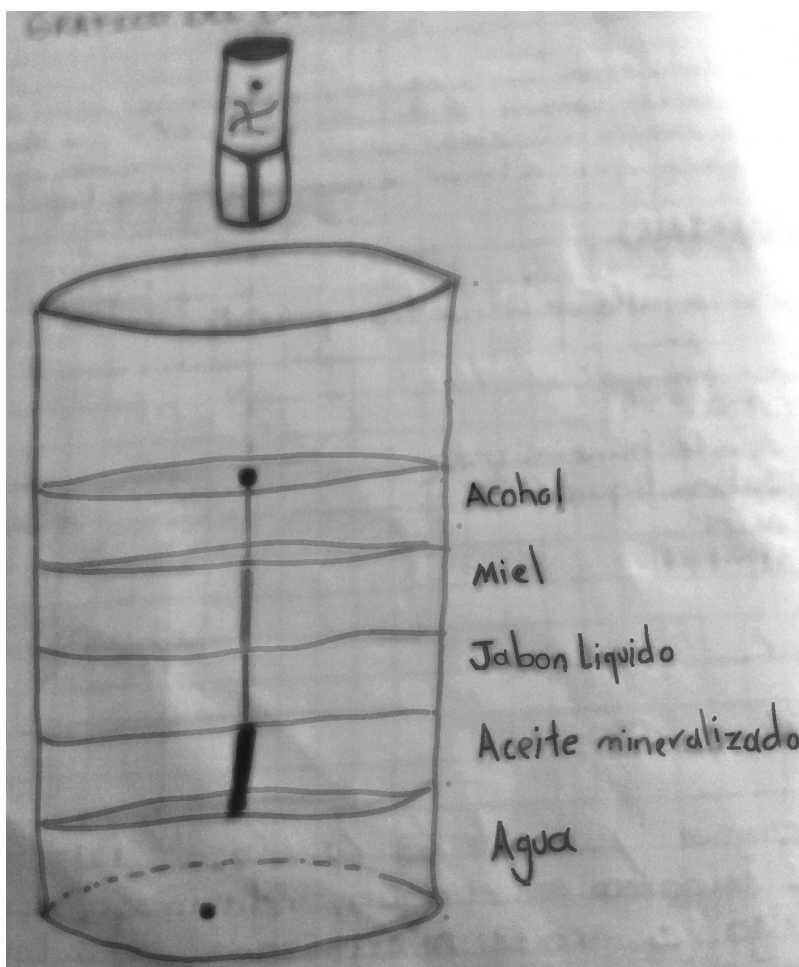


Figura 17. Enunciado hipotético 8.1.  
Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, el estudiante aclara en los resultados de su informe que “cuando el rayo de luz láser atraviesa los líquidos la luz cambia de dirección dependiendo de la densidad del líquido como se muestra en la siguiente figura”. Cuando intenta mostrar, mediante el dibujo, lo que espera que suceda con el recorrido de la luz, insinúa indirectamente que existe una relación entre la dirección del rayo de luz y la naturaleza de los líquidos. El enunciado escrito por el estudiante después de realizar la parte experimental señala una relación causal entre el cambio de dirección de la luz

y la densidad de los líquidos. A pesar de que tal relación es acertada, en el dibujo no se ve una desviación en todos los líquidos, salvo en el último.

Entonces, dadas las características de razonamiento realizado por RA2 en problemas anteriores, cabe preguntarnos por qué en este caso no fue más allá, por qué no cuestionó los resultados obtenidos en las diferentes experiencias que realizó. Naturalmente, debemos reconocer que se esperaba más de RA2 en la solución de este problema. Por ende, se puede ver que la abducción no es algo que necesariamente logren hacer estudiantes de nivel académico alto, como RA2, sino que se produce cuando cualquier estudiante logra avizorar relaciones entre varias variables, explicar las razones por las que estas tienen lugar y prever otros saberes posibles.

En los siguientes enunciados, RA2 indica dos variables que, según él, están relacionadas con el comportamiento de la luz al atravesar los líquidos y con la inmiscibilidad. Estas variables son la tensión superficial de los líquidos y la densidad. La primera variable está fuera del contexto de este fenómeno y no permite explicar el fenómeno en cuestión (inmiscibilidad), pues este es un tema de fuerzas cohesivas, mas no de tensión superficial. Veamos el enunciado:

*Enunciado hipotético 9.3 de RA2: Tomando las experiencias N° 1 y N° 2, observamos que los líquidos quedarían separados unos del otro por sus densidades, se procuró que no se rompa la tensión superficial y se forma una columna de densidades, y al ubicar el láser la luz cambiara de dirección.*

El análisis en este grupo de problemas debe tener correspondencia con las categorías identificadas para el estudio (razonamiento abductivo, solución de problemas, aprendizaje de la física). En este sentido, es difícil afirmar con total certeza que este estudiante realizó un proceso de inducción, pues no todas las categorías se presentan al mismo tiempo y, sobre todo, se siguieron mostrando avances y retrocesos en los enunciados presentados como hipótesis o solución a los problemas.

Es de resaltar que el estudiante se aproxima a los conceptos físicos, que, en los problemas 8, 9 y 10, conllevan un nivel de complejidad mayor, por lo que representa cada uno: una ley, una teoría, un fenómeno particular. RA2 los ubica como cercanos en la solución dada a los problemas, pero

en el razonamiento abductivo los avances no son notorios, en comparación con su buen desempeño académico: ubica la información requerida, la aborda teóricamente, indaga, completa la tarea y realiza consultas más allá de lo solicitado por el docente.

Los enunciados del problema 10, en cambio, gozan de mayor riqueza en lo que a razonamiento se refiere. Quizás el interés que se suscitó en el aula por la solución de este problema generó un mejor desempeño de RA2 en comparación con el problema anterior. Como se ha dicho, este problema fue complejo e interesante en la medida en que demandó varias tareas, como la de descargar, comprender y utilizar una aplicación para analizar ondas sonoras. En esta oportunidad, RA2 presentó cuatro enunciados de nivel 2 y 3, según la exigencia del problema, sustentados de forma visual. Cada dibujo muestra un posible resultado, que fue evaluado como verdadero o falso.

En su primer enunciado, gracias a la contextualización previa, señala elementos propios de las ondas, como crestas, valles y amplitud. La hipótesis se apoya en un elemento gráfico que hace referencia a un valor para la intensidad, respecto a lo cual el estudiante afirma lo siguiente:

Obtendremos una grafica variable, cuya amplitud disminuirá y aumentará constantemente debido al cambio de intensidad de la guitarra, su amplitud cambia constantemente, existirán en la onda más crestas que valles y se obtendrá una intensidad de 70 dB.

Esto muestra que el estudiante comprende por qué la gráfica que obtendrá presentará las variaciones ya mencionadas; así mismo, reconoce claramente el fenómeno físico (ondas) en la solución del problema. Esta acción denota un razonamiento situado en el aula, en la medida en que logra proceder según dichos enunciados, los cuales expresan el comportamiento de un fenómeno particular. El hecho de que el estudiante mencione el valor específico para la intensidad de 70 decibeles nos permite inferir que previamente realizó mediciones con la aplicación, puesto que su estimación, en efecto, está dentro del rango obtenido en el proceso de medición, lo cual da cuenta de que puede predecir cómo será la onda producida por un instrumento musical particular,

en este caso, la guitarra. Esto se observa en el primer enunciado hipotético cuando afirma:

[...] mi hipótesis es verdadera porque obtuvimos una gráfica variable, su amplitud aumenta y disminuye, existieron más crestas que valles y se obtuvo una intensidad entre los 60 dB-80 dB.

En el segundo enunciado, el estudiante RA2 establece una correlación entre los registros obtenidos con la guitarra y los que prevé obtener con la pandereta, ya que compara los posibles niveles de intensidad de ambos instrumentos y menciona implícitamente la razón de la ocurrencia del fenómeno:

[...] ya que el nivel de intensidad del instrumento será un poco baja aproximadamente 50-60 dB comparado con la guitarra. Sus sonajas al vibrar producen el sonido característico de la pandereta.

La relación entre las variables se da de la siguiente manera:

La velocidad de propagación de la onda sonora producida por la pandereta debe tener un valor mayor a 340m/s, debido a que la temperatura en la cual se realizó la experiencia poseía un valor aproximado a 32°C y 340 m/s es un valor estándar para la propagación del sonido a 20°C.

De esta manera se evidencia la relación directa que establece entre valores de temperatura y velocidad del sonido. Esta relación es de asociación, puesto que la variable “temperatura” es tomada en cuenta para calcular la velocidad del sonido producido por instrumentos; pero, por otra parte, la relación con la intensidad (amplitud de la onda) no es evidente en esta explicación.

En el enunciado hipotético 3, el estudiante se acercó a la solución del problema estableciendo lo siguiente:

*Enunciado hipotético 10.3 de RA2:* Al igual que los anteriores 2 procedimientos obtendremos una gráfica variable, cuyas crestas y valles no serán constantes su intensidad no sería alta, su longitud y amplitud aumentan más

que la pandereta y su intensidad oscila entre 60-80 dB. Dependiendo de los huecos que se tapan de la flauta su tono cambia.

Lo anterior nos permite concluir que RA2 tuvo en cuenta procesos y resultados anteriores para predecir los siguientes. El uso de las hipótesis y los resultados para construir conocimiento está presente en la estructura lógica de la abducción. Según Peirce (1878), esta estructura lógica parte de una regla, llega a un resultado y finaliza con el estudio de un caso (hipótesis). Aunque todos estos elementos no se hicieron evidentes en el razonamiento del estudiante, se puede concluir que avanzó significativamente en su proceso de desarrollo de la habilidad de la abducción.

### **Análisis del caso 3. Estudiante RA3**

#### **Primer momento**

Ahora presentamos el análisis de las respuestas del estudiante RA3, quien tuvo un desempeño cognitivo de nivel bajo en cuanto al aprendizaje de la física y el desarrollo del razonamiento abductivo. El análisis se realiza con el propósito de comprender o, cuando menos, identificar las razones por las que hubo más contramarchas que avances en su proceso. En general, las respuestas dadas por el estudiante no corresponden a la categoría de “enunciados hipotéticos”, ya que no establecen las relaciones necesarias entre las variables para solucionar los problemas 1, 2 y 3. Los enunciados de los problemas 1 y 2 (véanse las figuras 2 y 3) son producto de impresiones cotidianas de los fenómenos observados, lo que muestra que el estudiante realizó pocos razonamientos estructurados para comprenderlos. A continuación veremos los únicos enunciados propuestos por RA3 para los problemas 1 y 2, respectivamente:

*Enunciado hipotético 1.1 de RA3:* Pues el que más influye es la temperatura. Pues lo haría de la siguiente manera para demostrar que sí puede ser la temperatura. Obviamente puedo decir que es la temperatura por al obtener una temperatura máxima para poder que el agua comience a evaporizarse o también echar burbujitas.



Si no resivimos buena temperatura tanpoco vamos a obtener una cantidad máxima del agua o tanpoco la vaporación del contenido de la temperatura tenemos que obtener una buena temperatura para poder encontrar bien la respuesta.

*Enunciado hipotético 2.1 de RA3:* La leche puede ebulir a menos grados centígrados que el agua.

Lo dicho por RA3 es incoherente tanto en el significado como en la forma, razón por la cual no nos explayaremos en su análisis; sin embargo, como nos interesa encontrar las razones por las que la abducción no ocurre, podemos decir que lo que se evidencia en las afirmaciones anteriores es que el estudiante no comprende el problema, aun cuando la docente investigadora intentó aclararlo de la mejor manera. A partir de lo observado en las clases, se puede agregar que RA3 presenta dificultades de comprensión de lectura, obstáculo que determinó el desempeño del estudiante RA3 en la resolución del problema.

En cuanto al enunciado hipotético del problema 3, el estudiante describe un posible experimento para llegar a la veracidad o falsedad de lo propuesto (véase la figura 4) y, aunque plantea que la solución del problema es “falso”, no hay elementos concretos en los enunciados que indiquen una elaboración cognitiva compleja. Por lo tanto, el nivel de razonamiento abductivo de RA3 es escaso, lo que se sustenta en el hecho de que en sus respuestas no se puede identificar el “empleo de variables” necesarias para la solución del problema, otra de las categorías de análisis establecidas en la investigación. Veamos el enunciado hipotético en cuestión:

*Enunciado hipotético 3.1 de RA3:* Como podemos ver mi esperimento ba hacer la cicla boy en una velocidad y se despincha la llanta trasera y la llevo a un montayantas y el señor la despincha y después el señor le pone 29 libras de presión una vez al estar midiéndole la presión a la llanta reparada el resultado que boy a poder obtener mientras que el señor le puso la llanta traperera de la cicla y la verdad no se demora nada poniéndola su presión es de 29 por que la presión no va a disminuir y ni aumenta de pronto la presión disminuiria si la llanta estuviera con un escape pero si no tiene escape obiamente no va a disminuir o también la otra ceria que el peso mio sea de 58 kilos obiamente

puede estar disminuyendo por todo el peso que le hacemos a una llanta y pues yo digo que la presión ya no va a ser la misma de antes por que disminuir al ponerle el peso del cuerpo y pues la verdadera presión es de 27,6 entonces yo digo que el anterior experimento es falso por que lo que nos está diciendo que tiene de presión 35 libras y de peso 1500 kilos obviamente va a disminuir obteniendo todo ese peso puede estar disminuyendo en 0,02 por que no aguanta el peso y su presión es muy baja.

Las otras categorías de análisis también están ausentes en las soluciones dadas por RA3 para este primer grupo de problemas. Un aspecto para resaltar en las tres respuestas del estudiante es que la forma en que solucionó los problemas es cercana a una solución de estos por sentido común, pero no desde la física; debido a esto, su comprensión de los fenómenos es bastante difusa. El lenguaje poco científico y la realización incompleta de la tarea nos llevan a pensar que RA3 tuvo muchas dificultades en el proceso, tal vez por factores internos y externos. Entre los factores internos tenemos su bajo nivel de lectura inferencial, su inexperiencia en la solución de problemas, su dificultad para expresarse por escrito y para hacer representaciones mentales sobre los fenómenos físicos. Entre los factores externos encontramos la ausencia de hábitos de estudio, el contexto socioeconómico y la poca alfabetización científica recibida en los años de escolaridad.

Para García (2003), resolver problemas requiere de un análisis cognitivo del problema, lo cual implica tener en cuenta aspectos como el objetivo del problema, los procesos subyacentes en su solución y el punto al cual se pretende llegar con ello. En este sentido, RA3 carece de estos elementos, puesto que no es posible identificarlos en los enunciados que construyó.

## **Segundo momento**

En principio, para el siguiente grupo de problemas (4, 5, 6 y 7) se esperaba un cambio estructural en las respuestas de RA3 con respecto a las que dio frente a los problemas 1, 2 y 3. Encontramos cambios incipientes, pues tímidamente aparecieron algunas categorías de análisis. Por ejemplo, en el problema 4 (véase la figura 5) apareció, hasta cierto punto, la categoría “empleo de variables”, ya que el estudiante relacionó un valor de

temperatura con la longitud de dilatación. A pesar de esto, dicho empleo de variables es incorrecto:

*Enunciado hipotético 4.1 de RA3:* El valor de temperatura es de 17 cm y al darse la dilatación sin que cambie de estado el alambre de cobre puede estar aumentando o creciendo.

El problema exigía una tarea difícil: analizar un fenómeno bajo una perspectiva teórica. Tal tarea requería un esfuerzo cognitivo de parte de todo el grupo; en este aspecto, RA3 mostró pocos avances. No obstante, apareció la categoría “enunciado hipotético de nivel 1” en la estructura de la respuesta, porque se incluyeron conceptos físicos como temperatura, dilatación y cambio de estado. En resumen, RA3 comenzó a mostrar un razonamiento más elaborado que antes a través de la correcta identificación de algunas variables involucradas en el análisis del problema.

En el problema 5 (véase la figura 6), RA3 plantea dos enunciados hipotéticos como solución al problema, en los cuales expresa sus ideas con un lenguaje más científico. Algunas ideas sugieren que el estudiante empieza a relacionar hechos; por ejemplo: “pudimos observar cómo el calor de la vela inflaba el globo”. El estudiante muestra rasgos de comprensión del fenómeno, pero persisten las incoherencias locales y globales:

*Enunciado hipotético 5.1 de RA3:* Fue una práctica que durante el proceso pude ver o contener por medio del aire o calor la temperatura con mucha precisión al estar encendida la vela y como podemos ver miramos la temperatura que tenía el globo mediante el Erlenmeyer y también pudimos observar cómo el calor de la vela inflaba el globo sin ayuda de alguna persona por eso pudimos ver la temperatura que puede tener ese pequeño experimento.

En este enunciado se evidencian confusiones entre magnitudes como presión y temperatura, o la sinonimia equívoca entre materia (aire) y magnitudes (calor); incluso habla de la posibilidad de “ver la temperatura”, como si se tratara de un objeto real. Como ya mencionamos, estos errores revelan la incapacidad del estudiante de organizar coherentemente una idea por escrito; por un lado, por su desconocimiento del lenguaje de las

ciencias y, por otro lado, por las dificultades para reconocer la estructura básica de una frase o una oración.

En cuanto al enunciado hipotético 5.2, debemos manifestar que no corresponde precisamente a una hipótesis porque carece de un elemento fundamental de este tipo de enunciados, a saber: el empleo de las variables correctas. Lo que se observa en los fragmentos analizados de RA3 es que se describen, de manera imprecisa, el experimento y las observaciones realizadas, y se deja claro que se presentó una relación de causa y efecto entre la posición del globo y el resultado. Esto se puede ver en este fragmento:

De lo que pude ver fue posible realizarlo bien cuando obtuve mejor posición de la bonba y pues la verdad ya que pude octener bien puesta la bonba hay sí pude mejorar mucho más el esperimento de la bonba.

Asimismo, el estudiante expresó la importancia de analizar el fenómeno en un sentido menos cotidiano al afirmar: “Fue una experiencia más que pude ver para analizar la temperatura en otro sentido como el que se necesita físicamente”. En el problema 6, el estudiante no presentó ni hipótesis de trabajo ni solución del problema, sino dos enunciados hipotéticos cuyo análisis sigue a continuación.

En el enunciado 7.1 se muestra una descripción del posible experimento en la cual no aparece ninguna de las categorías de análisis:

*Enunciado hipotético 7.1 de RA3:* Yo digo que no vamos a obtener la misma capacidad o resultado de un reloj o manecilla hacer mucho más lento que la manecilla y no vamos a octener los minutos o segundos en el resorte porque no nos funciona no tiene la mínima capacidad.

El análisis presentado como solución por RA3 no avanzó con respecto a los resultados anteriores, pues no aparecen elementos nuevos del lenguaje que indiquen progreso en su razonamiento. Para ilustrar lo anterior, veamos un fragmento del texto del estudiante:

Entonces podría decir que sí nos puede funcionar a la medida que el resorte sube y baja con el mayor peso podemos ver si funciona como un reloj y puede marcar más rápido los segundos.

La última parte del análisis corresponde a lo hallado en las soluciones de los problemas 8, 9 y 10, en los cuales se presenta el estado final del proceso de razonamiento del estudiante.

### **Tercer momento**

Resolver problemas es una tarea compleja debido a que requiere estar en capacidad de identificar variables, relacionarlas correctamente, plantear los pensamientos propios y hacer juicios de valor. Las dificultades señaladas anteriormente con respecto al estudiante RA3 fueron abordadas pedagógicamente con el objetivo de mejorar sus enunciados, tanto en la coherencia como en el establecimiento correcto de relaciones entre las variables. Esto se hizo sin descuidar, por supuesto, los límites de nuestra intervención; es decir, no se buscó encontrar otras habilidades científicas, como la inducción y la deducción, aunque estas habilidades inevitablemente aparecen en los procesos del razonamiento abductivo. Aparecieron avances en la manera en que el estudiante presentó por escrito sus enunciados; sin embargo, en cuanto a razonamiento se refiere, no se presentaron los avances esperados.

Para el problema 8 (véase la figura 9), RA3 presentó solamente un enunciado hipotético inicial, pero consignó algunas observaciones o conclusiones realizadas tras cada prueba experimental. Para nuestros propósitos, tales conclusiones se analizarán como si fuesen los enunciados hipotéticos propuestos. Los tres enunciados presentados para el problema 8 parecen ser la solución completa del problema desde el punto de vista del estudiante, ya que en sus observaciones experimentales manifiesta que ha obtenido resultados cada vez más acertados del fenómeno estudiado. Veamos las descripciones hechas por RA3 tras realizar dos de las tres pruebas experimentales:

*Conclusión del enunciado hipotético 8.2 de RA3:* En el segundo intento no fue el mejor resultado que esperaba pero sí pude ver me salió la onda pero entrecortada en unos pedazos no salió completa pero fue un poco mejor que el primer procedimiento.

*Conclusión del enunciado hipotético 8.3 de RA3:* En la tercera fue un resultado que no lo esperaba porque me salió muy bien hay sí supe lo que estaba haciendo que era ver una onda dibujada con el péndulo y pues me dio un mejor resultado comparado en las anteriores y pues me salió como lo había escrito en mi hipotesis.

Junto a los enunciados, RA3 incluye una evaluación de cada conclusión. Esto lo consideramos novedoso porque devela que el estudiante hizo una reflexión sobre los avances realizados en torno al procedimiento. Esto se ve en el siguiente fragmento del texto:

En la segunda parte de pronto me saldrá mucho mejor que en la primera por que ya obtuve el procedimiento de la primera entonces ya me puede dar pues no también el resultado pero si tengo idea.

A pesar de lo dicho por RA3, ninguno de sus enunciados permite afirmar que el estudiante haya logrado interpretar el reto del problema, esto es, verificar si la configuración obtenida con la arena corresponde a una onda senoide armónica. Por lo tanto, el enfoque de la solución se situó en la funcionalidad o no del dispositivo, y descuidó por completo la relación entre el periodo del péndulo y la frecuencia de la onda descrita, que es necesaria para llegar a la solución del problema.

El fragmento que se muestra a continuación muestra la intención del estudiante de obtener mejores resultados, a pesar de que no focaliza su atención en las características de la onda, sino simplemente en la posibilidad de obtener una representación gráfica más clara o simétrica que las obtenidas en pruebas anteriores. Esa intención está relacionada con la categoría acerca de que “da importancia al procedimiento”.

*Enunciado hipotético 8.3 de RA3:* En la tercera práctica me puede ir mucho mejor que en la 2 y porque ya se puede decir que intenté para que en la última tenga un resultado espectacular y me puede salir como espero.

En relación con el problema 9 (véase la figura 10), el estudiante logra proponer tres enunciados hipotéticos, lo cual es un indicador de la categoría de razonamiento abductivo “plantear más de una posible solución

teórica”. Sin embargo, como en otros casos, los enunciados son confusos en cuanto a la comprensión del fenómeno físico incluido en el problema propuesto, confusión que se manifiesta en la falta de argumentación de la solución propuesta. Observemos los tres enunciados:

*Enunciado hipotético 9.1 de RA3:* Mi experimento sería en un vaso hecho la gasolina después al echar la gasolina le agrego aceite al ver que la mezcla no se a mesclado le agrego gaseosa después alcohol y a lo último le agrego el agua.

*Enunciado hipotético 9.2 de RA3:* Mi segundo experimento sería con el jugo de limón con aceite cristal luego le agrego ácido nítrico luego alcohol y a lo último le agrego hidróxido de aluminio.

*Enunciado hipotético 9.3 de RA3:* Iniciando le agregaría primero alcohol luego le agrego ácido nítrico, luego le agrego aceite después gasolina y después vinagre.

La habilidad científica de razonamiento abductivo no fue desarrollada por RA3, a pesar de que logró algunos aprendizajes durante el proceso en cuanto a interpretación de textos, elaboración de predicciones, identificación de variables. Ninguno de los enunciados presentados por el estudiante como hipótesis presentó la estructura lógica de la abducción; además, tampoco logró expresar con claridad la relación correcta entre las variables mencionadas en cada problema.

El razonamiento es un proceso determinado por otros juicios que el razonador debe ser capaz de revisar cuidadosamente, como resultado de un hábito de pensamiento. Esta idea de Peirce (1901) nos aclara los resultados del estudiante RA3: si como aprendiz no tiene el hábito de razonar profundamente, es comprensible que las tareas que le fueron asignadas le representaran un obstáculo de comprensión complejo de superar. Por ello, esta habilidad científica no logra desarrollarse plenamente en estudiantes que carecen de ciertos elementos que debieron aprenderse a lo largo de la vida escolar.

## **Análisis del caso 4. Estudiante RA4**

Ahora se expone el caso del estudiante RA4, cuyo desempeño se consideró de nivel bajo porque las premisas que expuso no poseen el carácter de abducción. A pesar de que para algunos de los enunciados aparecen rasgos asociados a las categorías propuestas, el razonamiento del estudiante dista de las características indicadas en los casos anteriores. Al igual que RA3, RA4 tampoco logró construir todas las hipótesis solicitadas; por tanto, se revisaron aquellas que sirvieron para aclarar las posibles razones de sus dificultades para el razonamiento abductivo.

### **Primer momento**

Para el problema 2 (véase la figura 3), los tres enunciados se refieren a los resultados esperados tras experimentar en más de una oportunidad el mismo fenómeno. Se mencionan variables como el punto de ebullición de una sustancia, pero en el enunciado no es posible identificar ninguna categoría de análisis. Además, en las respuestas no hay novedad, pues el estudiante repite la misma idea; en las últimas dos premisas ni siquiera menciona de qué sustancia se trata. Asimismo, a pesar de que previamente se hicieron las aclaraciones necesarias, como señalar el nombre de las sustancias usadas en la experimentación y su temperatura inicial, RA4 no menciona la presión en sus incompletas predicciones.

*Enunciado hipotético 2.1 de RA4:* Esperamos que el agua llegue a su punto de ebullición.

*Enunciado hipotético 2.2 de RA4:* Esperamos obtener la ebullición de esta sustancia.

*Enunciado hipotético 2.3 de RA4:* Esperamos que la sustancia llegue a su punto de ebullición.

En el enunciado del problema 3 (véase la figura 4), el estudiante da cuenta de dos variables: cantidad de aire y presión, y las relaciona correctamente. Además, aunque no lo expresa de manera directa, el enunciado refiere el cambio de volumen del globo. Veamos:



*Enunciado hipotético 3.1 de RA4:* Una bomba echándole aire a un globo a medida que la bomba le va echando aire al globo él va recibiendo mucha más presión que a la que creciera más.

La hipótesis no es suficiente para solucionar el problema. Por un lado, porque no se argumenta a favor o en contra de lo ocurrido con la llanta y, por otro, porque, a pesar de que se vale de una analogía, no indica si la presión en el interior del globo aumentará al realizar sobre él una presión externa. Vemos, entonces, que establece una relación de causalidad entre dos variables: presión y cambio de volumen; sin embargo, no pone en juego la condición indicada en el problema (decir que es verdad o mentira que la llanta arreglada por el trabajador marca 35 libras antes y después de montarla nuevamente).

En la segunda hipótesis, el estudiante intenta, al parecer, mostrar que la conclusión expuesta en el planteamiento del problema es falsa. No obstante, en la parte final indica que, al agregar más peso a la llanta (dos personas en vez de una), no le ocurrirá lo mismo que cuando tenía poco aire, debido a que se le había suministrado la suficiente cantidad. Esta aseveración nos permite inferir que la relación causal entre peso y disminución de volumen de la llanta no es clara. Además, el estudiante concentra su atención en la disminución de volumen y no explica por qué la medida de la presión será diferente. El enunciado muestra, entonces, una relación de causa y efecto, pero no se relaciona con ninguna categoría de análisis. Si se lee con atención el enunciado 3.2, se notará que el lenguaje, la argumentación y la solución corresponden a una respuesta bastante cotidiana del fenómeno:

*Enunciado hipotético 3.2 de RA4:* Si usted tiene una moto y miras que está bien. Pero no es así porque al subirte tú la llanta se apachurrará por el motivo del peso que se le da y si le echas más aire hasta quedar en el punto exacto que quede disponible y vuelves y te montas tú con otra persona más la llanta quedaría igual porque ya estaría recibiendo a un más peso entonces es mentiras.

Al final, el estudiante resumió su respuesta al problema con la expresión “es mentiras (*sic*)”, lo que indica que despejó la duda sobre el fenómeno;

sin embargo, como hemos dicho, las premisas que presenta carecen del entrelazamiento entre hipótesis al que hace referencia Peirce.

### **Segundo momento**

El estudiante RA4 propone un enunciado para los problemas 4 y 5; para el 7 construye dos y no resuelve el problema 6. En algunos de los enunciados establece relaciones entre variables, pero, tal como sucedió en los problemas anteriores, no desarrolla sus ideas desde el punto de vista de la física. En el enunciado 4.1 afirma que el cambio en la longitud del alambre depende de una temperatura muy alta, lo que deja ver que establece una relación entre dos variables: longitud y temperatura; sin embargo, no precisa en qué consiste esta relación:

Para que el alambre tenga un cambio y esté en dilatación tiene que obtener temperatura muy alta para que él dé un gran tamaño.

Este enunciado corresponde a la categoría “enunciado hipotético de nivel 1”, porque incluye lenguaje de la física en la construcción lingüística, aunque con dificultades de orden sintáctico.

En la hipótesis 5.1, RA4 indica una causalidad entre el calor y el crecimiento de volumen; sin embargo, la estructura del enunciado presenta nuevamente incoherencias sintácticas, además de semánticas. El planteamiento del estudiante no es coherente, ya que confunde términos como vapor y presión, ascensión y crecimiento, y le cuesta describir con solvencia sus ideas. Esta dificultad (las incoherencias gramaticales y semánticas) fue identificada en varios de los estudiantes que participaron en el estudio. Observemos la hipótesis 5.1:

*Enunciado hipotético 5.1 de RA4:* Pensé que al momento de que le echáramos un poco de aire al Erlenmeyer cubriendo con la bomba ensima para que el aire no se salga, y que al momento que la pusiéramos ensima de la vela encendida la bomba al resivir vapor o presión del fuego ella ascendería mucho mucho más hasta quedar totalmente inflada.

Esto puede ocurrir porque el razonamiento del estudiante es estático, es decir, se le dificulta avanzar hacia el planteamiento de nuevas hipótesis. A pesar de las pocas categorías presentadas en sus enunciados, logramos identificar que tiene una disposición hacia la ciencia, lo que se manifiesta en su interés y entusiasmo al realizar las pruebas experimentales. En el problema 7 (véase la figura 8), el estudiante propone dos enunciados hipotéticos en los que establece condiciones para la ocurrencia del fenómeno planteado: la sincronía de dos relojes de mecanismos diferentes. Establecer una condición es un gran avance si se tienen en cuenta las dificultades que RA4 presentó en los problemas anteriores; no obstante, la condición propuesta para cada enunciado hipotético no es del todo precisa. Veamos:

*Enunciado hipotético 7.1 de RA4:* El reloj masa resorte al realizar cada movimiento de arriba hacia abajo es un segundo para que este reloj alcance al de la manecilla debería subir y bajar más rápido.

*Enunciado hipotético 7.2 de RA4:* Para que el reloj masa resorte fluya debería tener la masa normal y un contrapeso.

En los enunciados concurren las categorías de análisis de “enunciados hipotéticos nivel 1”, “plantear más de una posible solución teórica” y “empleo de variables”, lo que representa un avance en el proceso de aprendizaje del estudiante. Aunque el nivel de las soluciones es algo insuficiente (porque no especifica cómo el sistema masa-resorte debe ir más rápido o cuál es la función del contrapeso en el sistema), RA4 logró expresar con más claridad sus ideas. No obstante, el salto cualitativo en su proceso de razonamiento no se sostuvo en el siguiente momento, pues en este sus enunciados fueron parecidos a los construidos en el primer momento.

### **Tercer momento**

Las respuestas del estudiante a este grupo de problemas ratifican que para él fue difícil avanzar en el razonamiento, tal vez porque no comprendió el enunciado en profundidad o porque no tenía los conocimientos previos

necesarios para resolverlos. Observemos uno de los enunciados iniciales de este grupo de problemas:

*Enunciado hipotético 8.1 de RA4:* Yo pienso que en el primer intento no se va a dar el dibujo de la onda senoide, porque en el intento nosotros no haríamos las condiciones para el movimiento que se necesita para lograr la onda senoide.

Como vemos, la estructura lógica peirciana no está presente en el enunciado porque aquí no se desprenden las premisas que deben darle forma a dicha estructura. Para dar claridad al respecto, se propone una adaptación personal con lo propuesto en el problema 1 que contiene dicha estructura de la abducción de Peirce:

$s$  es  $m$

$m$  es  $p$

*Resultado:*  $s$  es  $p$

*Regla:* La ebullición del agua depende de la cantidad de sustancia, la naturaleza de la sustancia, la temperatura del lugar donde se encuentra la sustancia y la presión.

*Resultado:* Estas variables afectan la ebullición

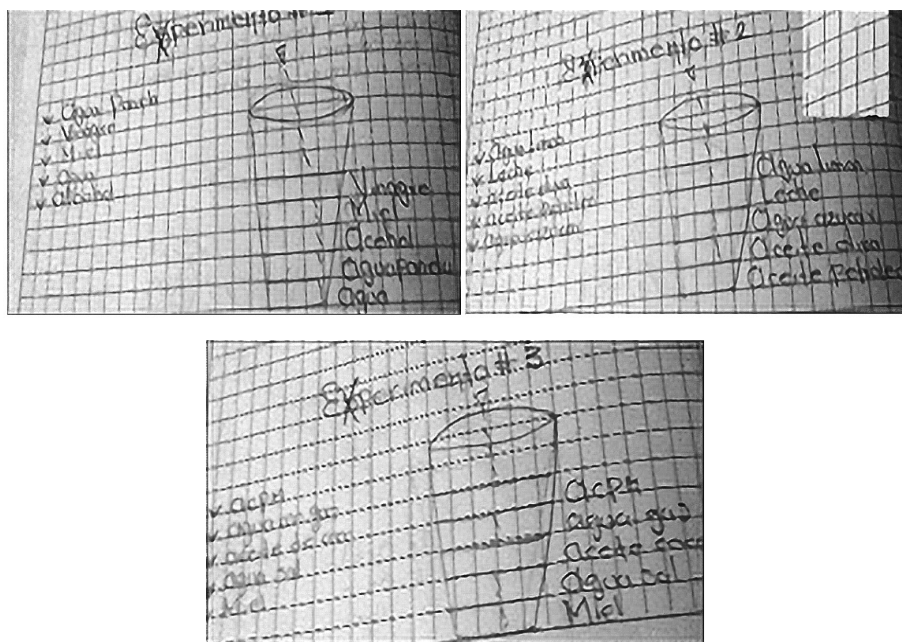
*Caso (hipótesis):* La ebullición del agua depende... (se escoge una de las posibilidades)

El lenguaje utilizado por el estudiante carece de fundamentos tanto físicos como teóricos, lo que ocurre en el caso de otros enunciados. Se observa, además, que RA4 no se preocupa por dar una respuesta adecuada a las condiciones iniciales del problema. Inferimos, entonces, que la forma de razonar del estudiante avanza con altibajos, tal vez porque no logra aplicar los conocimientos alcanzados en nuevos contextos de aprendizaje. El único avance que se identifica es el uso de un lenguaje menos cotidiano y la inclusión de términos propios de la física:

*Enunciado hipotético 8.3 de RA4:* En el último intento sí se podrá lograr una buena onda senoide porque al estudiar y ver los errores de los otros dos intentos ya podríamos dar una onda deseada.

También se puede observar que el estudiante enuncia un porqué en su respuesta, lo que ha sido frecuente en varios de los análisis realizados. El problema es que no se trata de una relación de causalidad física, en la que se conecten las premisas y se llegue a una regla que permita la comprensión de los fenómenos; para RA4, el reconocimiento del proceder equivocado solo es visible en lo experimental. Podemos inferir que se dieron avances en el aprendizaje, pero no fueron los esperados.

Para García (2003), el paso de un razonamiento basado en evidencias, en seguridades, a un razonamiento hipotético exige que el estudiante se convierta en un evaluador de las evidencias que lo conducen al conocimiento. Como hemos visto, RA4 se esforzó por llegar a un razonamiento acorde con los postulados de García, pero no fue más allá de explicar los fenómenos a partir de su propia experiencia. La figura 18 recoge los experimentos propuestos por RA4 como una solución al problema 10 (véase la figura 14). Hay que aclarar que ninguna de las tres figuras estuvo acompañada de explicaciones adicionales.



**Figura 18.** Representación de RA4, como enunciado hipotético, de un rayo de luz que atraviesa cinco líquidos transparentes.

En ninguna de las tres imágenes es clara la trayectoria del rayo de luz dentro de los líquidos, lo cual impide saber si el estudiante es consciente del fenómeno físico que observó al realizar los experimentos. Recordemos que, para este problema, los estudiantes solo hicieron pruebas con tres líquidos y la propuesta de trabajo consistía en proponer hipótesis acerca de lo que ocurriría en el caso de una columna de cinco líquidos. Respecto a la refracción, no hay cambios evidentes entre una respuesta y otra, más bien se observa una respuesta única para tres columnas diferentes. Nuevamente, esto da cuenta de que el estudiante no hizo una relación entre el ángulo de refracción y el tipo de sustancia que atraviesa el rayo de luz. Según García, cuando el aprendiz da una respuesta coherente basada en argumentos teóricos sólidos puede proponer hipótesis cada vez más elaboradas, pero vemos claramente que RA4 no da muestras de ello. En síntesis, los enunciados presentados por RA4 no cumplen las características propias de una estructura abductiva.

Aquí finaliza el proceso de análisis a la luz de las categorías establecidas. El razonamiento abductivo como posibilidad pedagógica para favorecer el aprendizaje de la física y, en general, de la ciencia es una opción en la que creemos firmemente; sin embargo, reconocemos que no es sencillo desarrollarla con éxito en el aula de clases. A continuación presentamos un balance general de los logros, limitaciones y recomendaciones de la experiencia pedagógica.

## Conclusiones

El razonamiento abductivo es una habilidad científica de alto nivel cognitivo. Quien la desarrolla es capaz de analizar fenómenos de manera profunda, establecer relaciones entre variables y construir explicaciones sólidas. Para desarrollar esta habilidad se requiere que el sujeto actúe de forma no convencional, es decir, que revise en detalle el objeto de estudio para descubrir cosas nuevas o establecer relaciones poco previsibles. ¿Se puede desarrollar esta habilidad en la escuela? Creemos firmemente que sí, y un buen camino para lograrlo es permitir que los estudiantes asuman un rol dinámico: que observen, organicen y analicen datos, pongan a prueba sus predicciones, identifiquen sus errores para hallar nuevos caminos de comprensión de los

fenómenos físicos y comuniquen a otros sus hallazgos para que sean retroalimentados. Ese fue el camino recorrido en nuestra experiencia de aula, y aunque la construcción de hipótesis plausibles por parte de los estudiantes fue un proceso lento y para nada fácil, las evidencias permiten ratificar que es posible desarrollar el razonamiento abductivo en la escuela y, en consecuencia, favorecer el aprendizaje de la física.

En lo que sigue planteamos algunas conclusiones sobre la incidencia del razonamiento abductivo en el aprendizaje de la física, mediado por la solución de problemas, así como algunas limitaciones de la investigación y recomendaciones para estudios posteriores.

Los avances en la comprensión de los conceptos, leyes o teorías abordados fueron evidentes, como lo muestran los argumentos verbales y escritos de los estudiantes tanto en los informes como en las socializaciones realizadas durante el proceso. Por más complejo que fuese el concepto estudiado, los estudiantes pudieron acercarse a este y tener más confianza para expresar sus ideas al respecto, aun cuando estas no fueran tan precisas ni claras.

Solucionar problemas de comprobación experimental facilitó el desarrollo de tareas cognitivas como la interpretación de datos, la evaluación de resultados, las discusiones basadas en los resultados de la experimentación y la construcción de hipótesis. Las ventajas observadas en el desarrollo de este tipo de problemas se resumen en las siguientes actitudes:

- Toma de decisiones responsables.
- Madurez tanto en la exposición de las ideas como en su proceder.
- Aprovechamiento del tiempo en clase, ya que las discusiones se centraron en el problema que se debía solucionar.
- Liderazgo responsable en el equipo de trabajo.
- Comprobación de los experimentos, lo que ayudó a plantear nuevos y mejores enunciados hipotéticos.

De acuerdo con el comportamiento de las categorías de análisis, los estudiantes pudieron plantear soluciones abiertas a través de diferentes tipos de enunciados (los clasificamos en nivel 1, nivel 2 y nivel 3). Para que esto sea posible, hay que tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Si se usa la solución de problemas como estrategia de enseñanza y aprendizaje, estos deben ser abiertos y retar la intuición del estudiante,

porque así se despertará su capacidad de asombro, característica fundamental del proceder científico.

- Se debe trabajar en equipo, asignar roles específicos y promover la autoevaluación por parte de los estudiantes.
- Si el estudiante conoce y se apropia tanto de unos conceptos físicos (calor, temperatura, velocidad, fuerza, entre otros) como de su proceder (comprensión profunda del fenómeno, los experimentos que permiten mejorar el aprendizaje de este, los errores que son válidos durante su análisis, etc.), puede razonar de manera más ordenada.
- No se debe validar cualquier respuesta. El hecho de que las preguntas sean abiertas no significa que todas las respuestas sean correctas.

Los estudiantes avanzaron en la calidad de los enunciados hipotéticos. Los primeros utilizaron un lenguaje más propio de la física, mientras los otros emplearon uno más cotidiano. En relación con las categorías de análisis, el primer estudiante tuvo un mejor comportamiento que el segundo, ya que sus enunciados estuvieron mejor fundamentados teóricamente y además planteó relaciones más precisas entre las variables. En uno de los casos notamos que, en la medida en que se aplicaron y resolvieron los problemas, se elaboraron mejores inferencias a partir de los datos recogidos, lo cual implica un avance en el desarrollo de su razonamiento inductivo. Por otra parte, se pudo verificar que los problemas utilizados en la unidad didáctica fueron pertinentes para el aprendizaje de los estudiantes. Además, se pudo establecer el logro de los objetivos propuestos, al menos hasta cierto punto, ya que se identificaron distintos niveles de razonamiento abductivo en los enunciados.

Una limitación del estudio fue que, al principio, se propuso tomar datos de forma grupal, pero luego fue necesario cambiar esta dinámica de trabajo por la entrega de tareas individuales, si bien los estudiantes continuaron trabajando en equipo para realizar tareas como la recolección de la información. Otra limitación fue que, en principio, se consideró la posibilidad de usar la triangulación de evaluadores con los mismos estudiantes para el tratamiento de la información, pero después de realizar dos ejercicios se tomó la decisión de no hacerlo. Esto se debió a que el análisis no dio los resultados esperados, a saber, detectar las categorías de análisis, tanto principales como secundarias.



Para los estudiantes, la metodología de solución de problemas era nueva y, por tanto, todos los aprendizajes esperados e inesperados en este tipo de procesos intervienen en los resultados de la investigación.

## Comentarios finales

El aula de clase debe reconocerse como un espacio para la investigación, y la investigación, a su vez, como la estrategia más propicia para fortalecer el quehacer docente. Particularmente, los docentes de física deben procurar que sus estudiantes interpreten mejor los fenómenos físicos; para ello resulta imperativo, desde los hallazgos de esta experiencia, reflexionar sobre las siguientes consideraciones:

- A todos los estudiantes no les llama la atención aprender de la misma forma, por lo que es importante utilizar estrategias de aula que potencien el aprendizaje de todos. También hay que enseñarles a valorar el error como una forma de autorregulación en la construcción del conocimiento, puesto que ello permite valorar positivamente lo alcanzado y lo no alcanzado.
- Debemos identificar qué tipo de problemas se adaptan mejor a los estudiantes y a sus necesidades. Como hemos dicho, es importante ser minuciosos en la elección de los problemas; no solo debemos tener en cuenta su estructura para que estén en consonancia con la abducción, sino que sean apropiados para los estudiantes con los que se está trabajando.
- Otro aspecto para tener en cuenta es la pertinencia de socializar los resultados obtenidos en los problemas de física incluidos en las unidades didácticas. La puesta en común de las hipótesis planteadas por los estudiantes es una estrategia que permite mejorar la comprensión de los problemas; además, la identificación de fortalezas y debilidades en las hipótesis permite dilucidar nuevas hipótesis.
- También es importante hacer seguimiento de los enunciados de los estudiantes para ayudarles a avanzar en la construcción de mejores razonamientos a través de devoluciones coherentes y pertinentes.

- Otra sugerencia es enseñarles a trabajar con hipótesis sustentables en el correcto empleo de las variables, es decir, mostrarles cuáles son importantes y cuáles no al resolver un problema. De esta manera, los aprendices pueden identificar las posibles relaciones entre las variables.

A aquellos que pretendan adaptar esta propuesta a sus contextos educativos, les recomendamos tener cuidado con la selección de los problemas y la construcción de los propios. Vale la pena recordar que deben ser de solución abierta y permitir que los estudiantes puedan, bajo orientación docente, proponer más de una hipótesis de trabajo que dé cuenta de los avances en su razonamiento; por tanto, los docentes deben hacer una buena planeación teniendo en cuenta las variables que el estudiante debe manejar en el proceso de solución.

Actualmente se analizan las posibilidades de avanzar en la construcción de otros problemas con las características abductivas antes expuestas, pues se ha encontrado que son una herramienta útil en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Por lo tanto, en el anexo de este libro proponemos otros problemas que pueden servir de orientación para futuros procesos de enseñanza que quieran usar esta habilidad científica en la clase de física. Esperamos que esto sirva de apoyo a otros docentes interesados en el tema de la abducción y, en general, en el aprendizaje de la física.

# Bibliografía

- Aliseda A. (1998). La abducción como cambio epistémico: C. S. Peirce y las teorías epistémicas en inteligencia artificial. *Analogía*, 12, 125-144.
- Dean, D., & Kuhn, D. (2007). Direct instruction vs. discovery: The long view. *Science Education*, 91, 384-397.
- García, J. J. (2003). *Didáctica de las ciencias, resolución de problemas y creatividad*. Bogotá: Editorial Magisterio.
- Kuhn, D. (2009). Do students need to be taught how to reason?. *Educational Research Review*, 4 (2), 1-6. Consultado en <https://bit.ly/2VBYLVM>.
- Lawson, A. (2004). The nature and development of scientific reasoning: A synthetic view. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 307-338.
- Ministerio de Educación Nacional. (1998). *Lineamientos curriculares en lenguaje y ciencias naturales*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Ministerio de Educación Nacional (2006). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias y Ciudadanas*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- Peirce, C. S. (2009/1901). El tratamiento apropiado de las hipótesis (Capítulo preliminar para un examen del argumento de Hume contra los milagros, en su Lógica y en su Historia). Roberto Narváez, trad. Consultado en <http://www.unav.es/gep/TratamientoApropiadoHipotesis.html>
- Peirce, C. S. (2001/1901). Razonamiento [Reasoning]. Sara Barrena, trad. Consultado en [www.unav.es/gep/Reasoning.html](http://www.unav.es/gep/Reasoning.html).
- Peirce, C. S. (1970/1878). *Deducción, inducción e hipótesis* (Juan Martín Ruiz-Werner, trad.) Consultado en <https://bit.ly/2rpf6Da>.
- Peirce, C. S. (1988). *El hombre, un signo*. Barcelona: Crítica.
- Peirce, C. S. (1955). *Philosophical writings of Peirce*. New York: Dover Publications.
- Sebeok, T. y Sebeok, J. (1987). *Sherlock Holmes y Charles Peirce, el método de la investigación*. (Lourdes Güell, trad.) Barcelona: Editorial Paidós.
- Regiosa, C. y Jiménez, M. (2000). La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), 275-284



**SEGUNDA PARTE**  
**La escritura de textos**  
**científicos para favorecer el**  
**aprendizaje de la física**



## Los textos científicos

La ciencia se encarga fundamentalmente de describir y explicar la diversidad de fenómenos que ocurren en el universo y, generalmente, los productos del trabajo científico se dan a conocer ante la comunidad científica a través de textos. Según el tipo de texto, el perfil intelectual del destinatario (especialistas en el tema, niños, adultos, para todo público, etc.), así como la pretensión del autor (describir, explicar, demostrar, divulgar, entre otras), la escritura científica tiene unas características que la identifican y diferencian de otros géneros discursivos.

Existen cuatro características comunes en las producciones textuales de corte científico: la terminología, el lenguaje formal, el uso de la imagen visual y las definiciones convencionales. Es importante aclarar que el tipo de texto y el destinatario determinan el rigor y la frecuencia de las anteriores características; por ejemplo, en los textos de divulgación científica, que están dirigidos a todo público, el uso de expresiones matemáticas es casi nulo, pero en los artículos destinados a la comunidad científica especializada, el uso del lenguaje matemático y del tecnicismo es constante.

La terminología científica es de carácter impersonal, es rigurosa y generalmente monosémica, a diferencia de los términos utilizados en el lenguaje cotidiano (Márquez y Prat, 2005). En la física, términos como *fuerza* y *calor* se utilizan en un sentido específico, sin dar lugar a diversas interpretaciones, a diferencia de lo que ocurre con el lenguaje cotidiano.

En la escuela, los estudiantes acostumbran a escribir en sus cuadernos de física frases del estilo: “la fuerza que tiene el objeto...”. De esta forma, utilizan la palabra *fuerza* desde el sentido común de lo que esta significa y olvidan que, en el contexto de la física, la fuerza es una interacción y, por tanto, no se tiene sino que se ejerce. El anterior ejemplo es uno de los muchos que invitan a los docentes de física y de ciencias naturales en general a reflexionar sobre la manera en que les estamos enseñando a los estudiantes a interiorizar el lenguaje de las ciencias experimentales.

Por otro lado, el carácter impersonal del lenguaje científico tiene relación con el hecho de que en la realización de experimentos científicos es más importante la acción que se lleva a cabo que quién o quiénes la llevan a cabo. Por ejemplo, desde la ciencia se dice: “La medición de la masa de los diferentes cuerpos”; en cambio, cotidianamente se diría (especialmente los estudiantes): “Medimos la masa de los objetos”. La aparente ausencia de un sujeto como actor principal de un procedimiento experimental suele ser difícil de aceptar por parte de los estudiantes una vez que han realizado una experiencia de laboratorio. Así pues, cuando los estudiantes deben escribir una secuencia instructiva en un informe de laboratorio suelen escribir en primera persona, dado que desconocen el carácter impersonal de este tipo de género discursivo.

Todas las teorías científicas se valen de modelos matemáticos para explicar los fenómenos de manera sólida. En las ciencias experimentales, la matemática permite pasar de lo cualitativo a lo cuantitativo. El lenguaje matemático es inherente a las ciencias exactas. Por tal razón, es necesario que los estudiantes también aprendan a comunicarse a través de ese lenguaje. A propósito de la matemática y de su papel en un texto científico, el físico contemporáneo W. Heisenberg afirma lo siguiente:

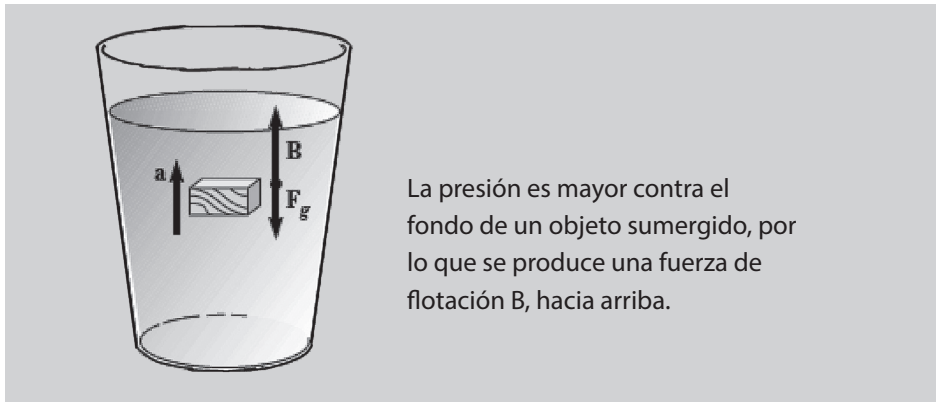
En la ciencia, los conceptos fundamentales incluidos en las leyes generales deben quedar definidos con la máxima precisión posible [...]. Por ello, en la física teórica complementamos y perfilamos el lenguaje natural cuando ordenamos los conceptos básicos de cada campo de experiencias mediante signos matemáticos [...]; los conceptos básicos y los símbolos matemáticos a ellos subordinados fijan su significación por medio de un sistema de axiomas y definiciones.



Los símbolos se unen mediante ecuaciones matemáticas, que de este modo sirven como expresión exacta de las llamadas leyes naturales. (Heisenberg, 1971, citado en Zamora, 1996, pp. 53-54)

Heisenberg explica que el lenguaje matemático es un elemento esencial en el acto de comunicar ciencias, pues permite darle mayor precisión, rigor e incluso condensación a la información que se desea comunicar. Es importante, entonces, que, cuando se trate de escribir textos con contenido científico, se le asigne un lugar importante al uso de expresiones y cálculos matemáticos, pues en el texto estos se convierten en un recurso lingüístico que le da mayor solidez conceptual a la explicación o a la secuencia dominante.

Otro elemento involucrado en el lenguaje científico y en el que los textos de ciencias han incursionado ampliamente en los últimos años es el texto visual o no verbal, sobre todo en los géneros divulgativos y didácticos. Muchos autores afirman que ciertas imágenes permiten clarificar la información escrita o aportar información por sí mismas. Esta afirmación se respalda en el hecho de que los seres humanos vivimos en un mundo en donde lo visual representa un alto porcentaje de lo que percibimos (Márquez y Prat, 2005).



**Figura 19.** Ejemplo de imagen con información adicional al texto.

**Fuente:** Serway y Jewet (2004, p. 428).

El lenguaje de las ciencias ha incorporado el uso de imágenes como recurso para exponer explicaciones más claras para los lectores. De esta forma, los conceptos científicos no se reducen solo a códigos escritos, sino a una combinación entre palabras e imágenes, lo que le permite al lector de textos de ciencia, particularmente a los estudiantes, establecer una conexión más dialógica y comprensible entre el texto y su propio mundo. La figura 19 es un ejemplo de las imágenes que ofrecen información adicional al texto que acompañan.

La anterior figura es utilizada en un texto didáctico de física con el objetivo de explicar con mayor claridad por qué la fuerza de empuje producida por un líquido está dirigida hacia arriba. En este caso, las flechas (“vectores”, en física) permiten identificar la dirección de las fuerzas que actúan sobre un objeto sumergido en un líquido, además de diferenciar sus valores. Estas dos informaciones no están explícitas en el texto que aparece a la derecha de la imagen. A propósito de la información nueva que aporta la imagen, Jay Lemke afirma:

La imagen y el texto no son complemento uno del otro, ni dan como significado final una suma, una adición del valor de cada componente, sino que el significado de la palabra puede ser modificado por la imagen y viceversa, dando un resultado nuevo, al que llamo multiplicativo, fruto de la interacción de los dos lenguajes. (Lemke, 2002, citado en Márquez y Prat, 2005, p. 5)

Uno de los recursos discursivos propios de los textos científicos es la definición. Según el *Diccionario de la Lengua Española* de la Real Academia (DRAE), la definición es una proposición que expone con claridad y exactitud los caracteres genéricos y diferenciales de algo material o inmaterial. Sin embargo, en lo que se refiere a la definición como recurso discursivo científico hay mucho más que decir. Siguiendo a Zamudio y Atorresi (2000), debido a la diversidad de intenciones enunciativas, existen diferentes tipos de definiciones. Estas se clasifican según su forma y según su contenido, y cada una de ellas se clasifica, a su vez, en diferentes tipos.

Según su forma, las definiciones se clasifican en metalingüísticas y parafrásticas. Las metalingüísticas se caracterizan por presentar fra-

ses con código especializado (por eso se dice que cada ciencia tiene su metalenguaje). Este tipo de definiciones aparece en las entradas de los diccionarios; por ejemplo: “*Gravedad*. 1. f. Fís. Fuerza que sobre todos los cuerpos ejerce la Tierra hacia su centro. Su valor normal ( $g$ ) es  $9,81 \text{ m/s}^2$ ” (DRAE). Las definiciones parafrásticas se construyen según criterios de conceptualización. Las hay por hiperonimia (palabras cuyos significados están incluidos en aquello que se define, como en “sumar, restar, dividir y multiplicar son formas de *calcular*”), por metonimia (se define un término como parte de otro, como en “la masa es parte de la *materia* de los cuerpos”), por derivación morfológica (como en “cálculo: efecto de calcular”), por aproximación (la que se hace a través de indicadores de clase, como en “átomo: especie muy pequeña de *elemento químico*”) y finalmente por sinonimia (como en “*fuerza*. Resistencia”).

Según su contenido, las definiciones se clasifican en convencionales y naturales. Salvo el primero, los ejemplos del párrafo anterior corresponden a definiciones naturales, que se expresan en lenguaje cotidiano para dar claridad sobre algo y no están sujetas al tecnicismo o al formalismo. Son paráfrasis para distinguir una cosa de otra y, para formularlas, generalmente se acude a los rasgos o las características más sobresalientes de las cosas (reales o imaginarias).

En los campos científicos y técnicos predominan las definiciones convencionales. La creación de estas definiciones obedece a convenciones o concertaciones entre un grupo de expertos o una comunidad; por ejemplo, la definición convencional más reciente del metro, en el campo de la física, se enuncia así: “Distancia que recorre la luz en el vacío en un tiempo de  $1/300\,000$  parte de un segundo”. Las definiciones convencionales también pueden estar sujetas a la intersubjetividad; por ejemplo, hay quienes dicen: “Para nuestros propósitos, definiremos... como...”, lo cual instituye una demarcación conceptual para evitar otras interpretaciones. Las definiciones convencionales se mantienen en el tiempo a menos que las concertaciones que se tengan respecto a ella cambien.

## Los niveles de teorividad en los textos científicos

Una clasificación de los géneros científicos según los propósitos del autor y el destinatario nos permite distinguir varios tipos. Los textos científicos dirigidos a la comunidad académica se inscriben en los llamados “géneros académicos”: el artículo científico, el informe de investigación, el protocolo, etc. Los géneros académicos pertenecen a un campo del saber y esencialmente comunican a expertos los resultados de las investigaciones científicas: exploran, describen, explican, definen, etc., las propiedades de un objeto de conocimiento en particular (Zamudio y Atorresi, 2000)

Los textos que tienen el objetivo de divulgar el conocimiento científico entre un público más amplio se denominan “géneros de divulgación científica”; un ejemplo de estos es *Breve historia del tiempo* de Hawking. Por otro lado, si lo que hacen los textos es transformar el “saber sabio” en “saber enseñado”, se los llama “géneros científicos didácticos”; aquí caben los textos escolares de ciencias en los que se observa una exposición de los fenómenos que no los falsea y los secuencia progresivamente para facilitar su comprensión (Zamudio y Atorresi, 2000). Finalmente, si lo que busca el texto es que el estudiante muestre al docente lo que ha aprendido mediante cuestionarios sobre diferentes temas o mediante otros textos como los extraescolares, se trata de los “géneros académicos escolares” (Atorresi, 2011).

La forma como se comunican los conocimientos científicos está condicionada por los siguientes factores: el emisor, el receptor y el soporte material del mensaje. Según estas características, pueden reconocerse diferentes tipos de discursos científicos en una escala, a saber: el discurso teórico o científico especializado, el de semidivulgación científica y el de divulgación científica.

El discurso teórico o científico es escrito por expertos y dirigido a una comunidad de expertos, a través de libros y revistas especializadas que pasan por procesos de revisión por parte de esa misma comunidad. En este tipo de textos, el carácter impersonal y los tecnicismos utilizados y no aclarados son abundantes y sostenidos a lo largo del texto.

En comparación con el texto teórico, el de semidivulgación tiene menos densidad terminológica e incluye algunas aclaraciones o ejemplos de las definiciones. El lector previsto no es un colega, pero tampoco un lego. El

soporte material es generalmente una revista o un libro de editoriales no especializadas en ciencias, pero que ofrecen colecciones sobre ciencia. En cambio, los textos de divulgación científica buscan que los no expertos en los temas científicos puedan comprender los conocimientos producidos por los teóricos. Para lograr este objetivo, los divulgadores científicos, que generalmente no son científicos, utilizan un lenguaje más cotidiano y menos técnico, con enunciados conversacionales, abundantes analogías, ejemplos y aclaraciones, así como imágenes que complementan las explicaciones. El soporte de estos textos es la prensa diaria o revistas no especializadas que se dirigen al gran público lector.

Zamudio y Atorresi (2000) describen de manera detallada otras características de los textos de divulgación, presentes también en el discurso didáctico, que representan o figuran un acercamiento dialógico entre el investigador, el autor y los lectores. Por ejemplo, el discurso indirecto (“dicen los investigadores que...”); el manejo de los deícticos, particularmente del “nosotros”, que involucra al lector (“Hoy día, todos nosotros”), y las preguntas que se supone el lector se formula (“¿Por qué sucede...?”). En el siguiente fragmento de un texto de divulgación resaltamos con cursiva las características mencionadas anteriormente:

Según la teoría de la relatividad nada puede viajar más rápido que la luz, pero *podemos acercarnos* cuanto queramos a la velocidad de la luz siempre y cuando *dispongamos* de la suficiente energía. ¿Por qué *habríamos* de creerle a la teoría de la relatividad, *cuyo creador fue un muchachito imberbe de veintiséis años* llamado Albert Einstein? Pues porque, además de que explica fenómenos que ocurren todos los días en reactores nucleares y aceleradores de partículas, absolutamente todos los experimentos que se han realizado para verificarla han arrojado resultados que concuerdan a la perfección con sus predicciones. (De Régules, 2005, p. 28).

La introducción directa o implícita del destinatario en los textos de divulgación y didácticos se observa también en el caso de la paráfrasis. Esto se debe al carácter social y dialógico del lenguaje, pues en todo texto hay voces de otros que parecen volver a enunciar conceptualizaciones científicas. Dado que la paráfrasis, los ejemplos y las analogías son recursos discursivos abundantes

en los textos de divulgación científica con los que más tienen contacto los jóvenes escolarizados, los docentes debemos conocer y enseñar este tipo de recursos al producir textos de divulgación en la clase de ciencias.

## **Las secuencias textuales predominantes en el texto científico**

Los científicos o los divulgadores de la ciencia se encargan de explicar los fenómenos que suceden en el universo, pero ¿qué se debe hacer para escribir una explicación? En principio, es necesario conocer la estructura del género discursivo de corte científico que se pretende escribir, además de tener claro cuáles son los elementos que distinguen una explicación de otras tipologías textuales. Para los escritores expertos, esto no es un problema, pero para los escritores no expertos, como los estudiantes de escuela primaria y secundaria, desconocer los géneros y recursos discursivos y no comprender el carácter envolvente de los tipos de texto, entre otros aspectos, ocasiona que la tarea de escribir un texto de corte científico sea frustrante y compleja.

Para aclarar algunos aspectos sobre las habilidades de los escritores no expertos, nos apoyaremos en los planteamientos de J. M. Adam (1992). Según este autor, en los textos hay cinco tipos de secuencias: descripción, explicación, argumentación, narración y diálogo —Bronckart (2004) agrega la secuencia instruccional—. La explicación y la argumentación son las que se utilizan con más frecuencia en los textos científicos. Proponer una clasificación o esquematización de la estructura lingüística de un texto requiere aclarar las perspectivas conceptuales desde las cuales se hace dicha caracterización. Esto se debe a que, como señala Adam, cada texto es una realidad demasiado heterogénea como para demarcarla dentro de unos límites y unas categorías fijas. Por tal razón, el autor define tres conceptos que le permiten enfocar su propuesta de clasificación estructural, a saber: enunciados, género discursivo y texto.

Para Adam (1992), que retoma a Bajtín (1982), un enunciado es todo aquello que se dice, de manera oral o escrita, y que está mediado por un contexto o situación comunicativa particular: la intencionalidad del hablante o escritor, el destinatario a quien se dirige, el grado de formalidad entre

ambos, etc. Los géneros discursivos, en cambio, son constructos, productos de la praxis humana, relativamente estables pero infinitos y mediados por las condiciones socioculturales de donde emergen. El cuento, la novela, el texto científico, entre otros, son géneros discursivos instaurados por la dinámica comunicativa social, cuyas características temáticas, estilísticas y estructurales se mantienen de forma relativamente estable. Por su parte, el texto es entendido por Adam como un objeto material observable y perceptible, el cual se define solo por sus características lingüísticas internas y no por sus características ilocucionarias. El texto está compuesto por dos grandes dimensiones: una dimensión pragmática y otra proposicional.

La dimensión pragmática comprende las marcas de los actos de habla definidos por la intencionalidad, el estilo del enunciador y su perspectiva conceptual. La proposicional, como su nombre lo indica, plantea que el texto está compuesto por una serie de proposiciones que se encuentran organizadas y jerarquizadas a manera de secuencias. Este es precisamente el concepto central que introduce Adam para caracterizar los tipos de textos. La secuencia, según Adam, es la unidad fundamental del texto; es un esquema estructural compuesto por macroproposiciones, las cuales están compuestas, a su vez, por microproposiciones. Este plano garantiza la articulación textual y hace que un texto no sea una serie arbitraria e inconexa de oraciones o ideas.

Entre las secuencias pueden establecerse relaciones: una puede ser la dominante y otras las subordinadas (en un protocolo de laboratorio puede dominar la descripción, aunque aparezcan algunas secuencias explicativas), o dos o más de ellas pueden estar en relación de igualdad (en un texto científico, la descripción y la explicación pueden tener igual presencia). Rara vez un texto presenta un solo tipo de secuencia y corresponde de forma pura a un tipo —por ejemplo, al texto descriptivo—. A continuación se caracterizan brevemente las secuencias descriptiva, explicativa y argumentativa.

1. La secuencia descriptiva responde a la pregunta “¿cómo es?”. Contiene un tema, que es presentado por lo general en el título y es “descompuesto” en subtemas mediante diferentes procedimientos (Adam, 1992).
2. La secuencia explicativa responde a la pregunta “¿por qué o cómo se produce?”. La pregunta constituye el problema que debe resolverse y puede

- estar planteada implícita o explícitamente en el título o en las primeras frases. La explicación propiamente dicha resuelve el problema y suele presentar, como macroproposición final, una recapitulación (Adam, 1992).
3. La secuencia argumentativa está compuesta por la tesis, conclusión o idea que se quiere demostrar o refutar, y por los argumentos o razones que permiten deducir o inducir la tesis.

## **Cómo se logró escribir procesualmente en clase de física**

Tras caracterizar los géneros científicos, es necesario describir el enfoque teórico en el que nos apoyamos para que los estudiantes escribieran textos enmarcados en estos géneros. En principio, hay que señalar que entendemos la escritura como un proceso en el que se ponen en juego una serie de habilidades cognitivas; se trata del enfoque de la escritura como proceso cognitivo. Las bases teóricas de la escritura como proceso iniciaron con la psicología cognitiva en los años setenta y, a través del tiempo, se fueron reformulando hasta alcanzar planteamientos más sólidos (Atorresi et ál., 2010). Teóricos como Flower y Hayes (1980, 1981, 1984) plantean que la escritura se basa en las actividades mentales de los escritores y reconocen la incidencia de factores externos, como el contexto social, en la producción escrita.

De acuerdo con el modelo más citado de Flower y Hayes (1980), el proceso de la escritura consta básicamente de tres momentos: preescritura o planificación; puesta en texto, y revisión o corrección. Estos momentos o fases no son secuenciales, sino que se yuxtaponen en una dinámica no lineal; el escritor perfecciona el texto a medida que utiliza sus habilidades comunicativas, y salta de una etapa a otra si algo le indica que es necesario.

Estos saltos aparentemente desordenados permiten corregir errores, cambiar perspectivas, ampliar concepciones o interpretaciones; el objetivo principal es escribir con sentido y significado. El acto comunicativo de producir un texto científico es procesual y colectivo, y se relaciona con la manera como la ciencia produce sus explicaciones sobre el universo. La escuela tendría que proceder así si quiere que los estudiantes produzcan textos académicos con significado, forma, estilo e intención acordes con



las teorías científicas. Los estudiantes no producirán textos de alto grado de teoriedad, sino de un nivel mucho menos complejo; pero, aun así, vivir la escritura como la describen Flower y Hayes les permitirá ser más conscientes de su proceso de escritura, lo cual, a su vez, será una oportunidad de conocer más a fondo el riguroso lenguaje de las ciencias y los recursos lingüísticos que han de usarse para construir significativamente un texto de corte científico. Todo esto, por supuesto, ha de lograrse con la orientación del docente de ciencias, quien debe brindar las herramientas necesarias para que los estudiantes logren con éxito esta interesante tarea cognitiva.

## **Un proyecto de evaluación formativa y auténtica: la excusa para escribir en clase de física**

Son muchas las estrategias para acercar a los estudiantes de educación media al mundo de la física, pero ¿cómo hacerlo y a la vez lograr que produzcan textos con un perfil científico? La respuesta surgió de los proyectos pedagógicos. Los proyectos pedagógicos son una estrategia muy potente para lograr aprendizajes significativos en el aula, como lo han demostrado numerosas investigaciones. En la nuestra, asumimos la propuesta de los proyectos de evaluación formativa y auténtica construida por Atorresi y Ravela (2009). Dicha estrategia nos permitió crear un contexto imaginario, pero a la vez cercano a los estudiantes que participaron en la investigación. A continuación expondremos en qué consiste un proyecto de evaluación formativa y auténtica, sus características teóricas, y en qué consistió el proyecto aplicado, así como los resultados obtenidos por los estudiantes.

Un proyecto de evaluación formativa y auténtica es un constructo pedagógico de participación colectiva que busca alcanzar unas metas de aprendizaje propuestas de manera procesual, a través de la ejecución de una serie de actividades o tareas enmarcadas en un contexto auténtico. Dicho de otra forma, consiste en una propuesta pedagógica que sitúa uno o varios problemas en un contexto real o posible; se trata de ejecutar tareas o consignas auténticas como fases para la elaboración de un producto.

Este proceso le permite al estudiante aplicar el conocimiento aprendido en situaciones de su vida cotidiana. En estos proyectos, la evaluación es permanente y tiene como fin formar al estudiante en varios sentidos. En palabras de Atorresi y Ravela (2009), un proyecto se define como:

la expresión de una conducta de anticipación que supone la capacidad de imaginarse lo que aún no es actual, el tiempo futuro, mediante la construcción de una sucesión de actos y de acontecimientos. Es una representación del pensamiento en perspectiva, que permite proponer acciones tendientes a alcanzar una meta. (Atorresi y Ravela, 2009, p. 1)

Según estos autores, los proyectos de evaluación formativa y auténtica se sitúan en una perspectiva distinta del proceso de planeación pedagógica tradicional. Los proyectos de evaluación formativa se proponen, dentro de un contexto auténtico —en nuestro caso, la semana deportiva intercolegial—, una meta cuyo alcance involucra varias áreas curriculares y permite aprender conceptos básicos de un área en cuestión —en nuestro caso, la física—. Atorresi y Ravela (2009) proponen una serie de elementos que deben considerarse al elaborar un proyecto de evaluación formativa y auténtica. La figura 20 resume los componentes de un proyecto de este tipo.

En nuestro caso, el proyecto se diseñó con base en el análisis del contexto escolar en donde se trabajó. Se propuso trabajar en torno a un contexto auténtico propio de la dinámica curricular del colegio, más exactamente, del currículo del área de Educación Física: la semana deportiva. Proponer el proyecto alrededor de este evento auténtico permitió trabajar de manera transversal contenidos de las áreas de lenguaje y de educación física, al menos en algunas fases del proyecto. A continuación describiremos brevemente algunos aspectos del proyecto aplicado y dejaremos para el último capítulo las consignas específicas que fueron desarrolladas en cada fase (véalas en los anexos en la versión completa del proyecto).

El proyecto se denominó “La semana deportiva: evento perfecto para aprender física”. Se trabajó con los estudiantes en las canchas, los estadios, los coliseos, entre otros escenarios deportivos. Se les pidió que se imaginaran como coordinadores, organizadores y participantes de la semana deportiva

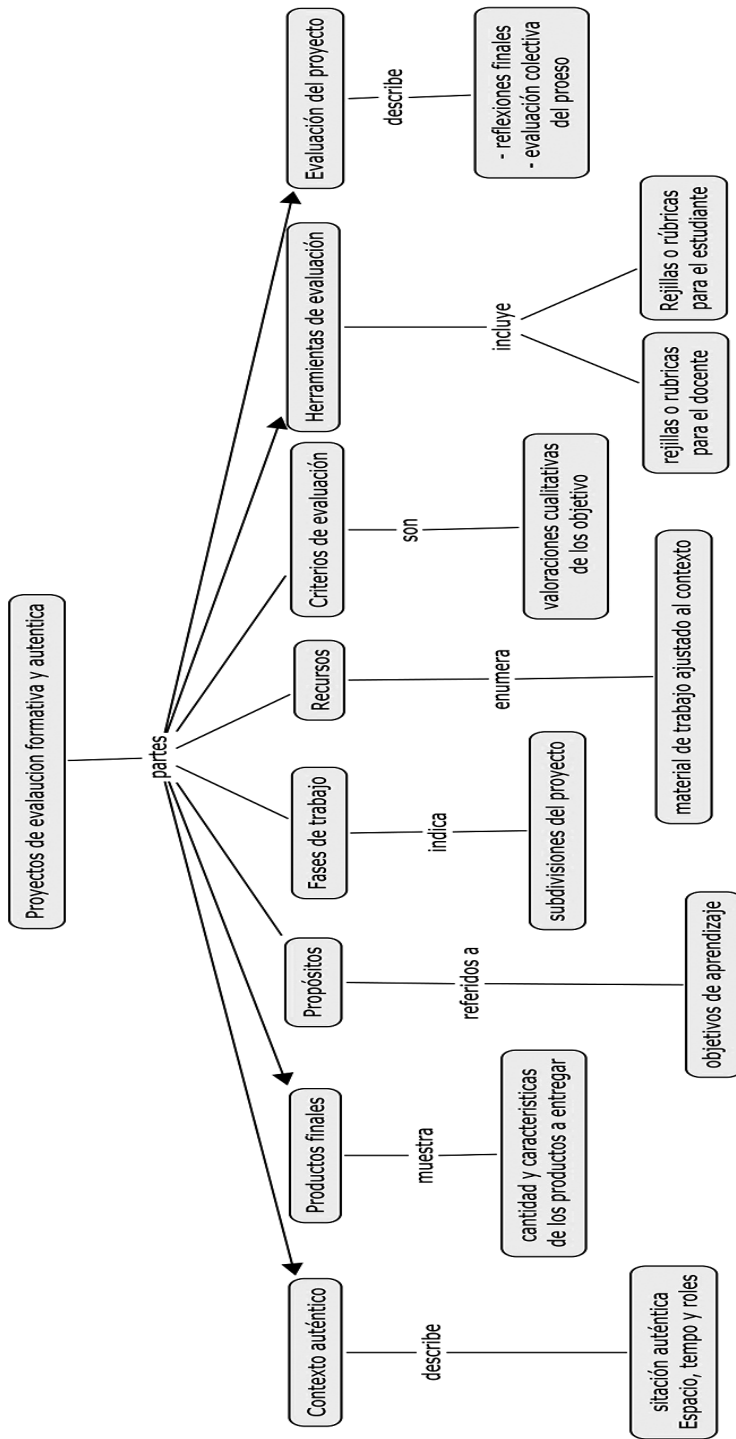


Figura 20. Componentes de los proyectos de evaluación formativa y auténtica.  
Fuente: Atorresi y Ravela (2009).

que se realizaría en la institución. Las tareas se centraron en proponer problemas posibles de física y en analizar y resolver problemas de esta disciplina relacionados con situaciones que suelen ocurrir en eventos deportivos. El proceso de resolución en cada una de las fases del proyecto implicó la construcción de un texto que debía tener al menos una secuencia argumentativa o explicativa. La carga conceptual de dichos textos y demás rasgos dependían de los destinatarios y de los respectivos géneros discursivos.

Durante el desarrollo del proyecto se realizaron diferentes tipos de evaluación: la coevaluación de las producciones textuales socializadas por el docente y por los estudiantes, y la autoevaluación grupal e individual del desempeño de cada grupo de trabajo. Todas estas acciones evaluativas se hacían y se socializaban a la luz de matrices y rejillas construidas y entregadas a los estudiantes desde el inicio del proyecto. Además, se señalaron los errores cometidos con comentarios críticos que invitaban a repensar lo escrito desde el lenguaje y desde la física. Después de todo, “si el propósito de la evaluación es mejorar el desempeño de los estudiantes, y no solo calificarlo, la aplicación de pruebas u otros instrumentos debe ir acompañada por una devolución de calidad a los estudiantes” (Wiggins, 1998, p. 1).

El proceso de coevaluación se realizó con la ayuda de dos instrumentos: la rúbrica o matriz de valoración y la rejilla de evaluación de actitudes. Cada uno de estos instrumentos tuvo un propósito diferente: el primero buscaba identificar los logros y las dificultades en los planos escritural y de comprensión de los conceptos de física incluidos en los textos producidos, mientras que el segundo tuvo el propósito de revisar el trabajo como grupo, las fortalezas y debilidades de la dinámica de trabajo e interacción en las diferentes fases del proyecto. El uso de las matrices de valoración fue importante en la evaluación de los procesos de escritura y de aprendizaje de la física porque le permitió al docente evaluar a todos los grupos de trabajo, y los estudiantes pudieron estar atentos a los indicadores o exigencias necesarias para alcanzar el máximo nivel de desempeño posible en cada criterio, además de usar los instrumentos para evaluar a otros.

El otro instrumento utilizado para la coevaluación permitió evaluar el trabajo de cada grupo en lo actitudinal. Los estudiantes se permitieron ser evaluadores del desempeño del otro a través de unos criterios que, en su mayoría, fueron fijados por ellos mismos al inicio del proyecto. Los criterios establecidos por los estudiantes fueron reformulados en su forma, pero se mantuvo su intencionalidad, y otros fueron agregados por el profesor con el objetivo de darle mayor solidez al proceso. La rejilla consta de la descripción de los criterios y de una serie de valoraciones cualitativas que apuntan al reconocimiento de las fortalezas y dificultades señaladas por el evaluador. Es importante resaltar que, ante la solicitud de establecer criterios, no hubo disgustos por parte de los miembros del grupo, dado que lo realizado apuntaba al crecimiento del otro como miembro de un colectivo que busca la realización de una tarea de la manera más eficaz posible, y además se comprendió que podría haber aciertos y desaciertos individuales que otro podría detectar mejor.

Otra perspectiva de la evaluación bajo la cual los estudiantes debieron revisar su grado de participación y de compromiso, en varios momentos del proyecto, fue la autoevaluación. Al inicio del proyecto, se determinaron de manera colectiva algunos criterios de autoevaluación grupal, los cuales le permitieron a cada grupo evaluar en varios momentos el trabajo realizado. La mayoría de los criterios de evaluación propuestos por los grupos fueron reformulados por el profesor y condensados en una rejilla. Los criterios establecidos por los estudiantes apuntan a la formación de valores, entre ellos, la responsabilidad, el respeto, el cumplimiento y la autenticidad.

Es importante resaltar que el nivel de exigencia propuesto por los estudiantes en algunos casos fue alto; por ejemplo, uno de los criterios propuestos fue que los trabajos fueran originales. Esto muestra el considerable grado de responsabilidad asumido antes de iniciar el proceso. A continuación expondremos las consignas solicitadas en cada fase del proyecto y los resultados obtenidos por tres grupos con diferente nivel de desempeño, no sin antes describir brevemente el espacio pedagógico donde se trabajó y las características de los sujetos que participaron en la investigación.

## El contexto escolar

Una cosa es planear un proyecto a la luz de unas teorías que lo sustentan y unas metodologías que dinamizan su aplicación, y otra es ejecutarlo para contrastar lo planeado con los resultados e impactos obtenidos. Los sucesos derivados de la puesta en marcha del proyecto funcionan como una lupa a través de la cual el docente-investigador puede ver las convergencias y divergencias entre la teoría y la práctica situada. Además, le permiten identificar los aspectos que se deben controlar, de manera sistemática, para mantener el horizonte fijado desde la teoría, así como identificar las dificultades que les impiden avanzar a él y al grupo de estudiantes, y las maneras de sortearlas.

Para comprender el proceso de implementación de este proyecto, tras diseñarlo y fundamentarlo teóricamente, es necesario describir el contexto en el que se desarrolló. Esto permitirá reconocer las particularidades del espacio pedagógico y de los participantes de la investigación, aspectos fundamentales para el desarrollo de los procesos educativos.

### El espacio pedagógico y los sujetos participantes

En el municipio de San José del Guaviare existen cinco instituciones educativas oficiales que ofrecen los niveles de educación preescolar, básica primaria, secundaria y educación media. Una de ellas es la Institución Educativa Manuela Beltrán (en adelante Iemabe), que funciona desde hace 34 años. Ubicada en el barrio El Porvenir, al nororiente del municipio, se encuentra cerca de una de las dos plazas de mercado. Detrás del colegio hay otros barrios de estrato 1 que colindan con el humedal del municipio y de donde proviene la mayor parte de la población estudiantil. La ubicación de estos barrios hace que las familias que los habitan sufran las inclemencias de la temporada invernal y, en ocasiones, sean reasignadas a refugios temporales.

En el año 2011, cuando se aplicó la propuesta de investigación, la institución contaba con 1750 estudiantes matriculados, que eran atendidos por 46 docentes, 5 directivos-docentes, 1 psicólogo y 12 administrativos. La planta física (actualmente deteriorada) consta de 35 aulas distribuidas

en cuatro bloques, una amplia sala de profesores, una biblioteca, una sala de audiovisuales (que hoy funciona como aula de clases), dos canchas de microfútbol, un laboratorio para física y química, dos salas de informática, un aula múltiple, el restaurante escolar (que no está en funcionamiento) y cinco espacios pequeños para almacenar el material para las clases de danzas, los instrumentos musicales, la enfermería (que no existe como tal), el almacén, el archivo y, finalmente, la emisora (que no funciona por falta de fondos). Hay tres baños al servicio de los estudiantes, uno para los profesores y otro para los directivos docentes. Cabe resaltar que las oficinas administrativas y directivas son pequeñas y resultan incómodas para las labores que allí se realizan.

En relación con la educación media, en 2011 la Iemabe contaba con 4 grupos en grado décimo y 3 en grado once. En promedio, cada grupo de grado décimo estaba conformado por 30 estudiantes y cada grupo de grado once por 27. Para el desarrollo del proyecto pedagógico, se decidió trabajar con grado décimo 4, teniendo en cuenta algunas características del grupo, como el bajo nivel de desempeño académico y la edad avanzada de un buen número de estudiantes en relación con el grado cursado (extra-edad). Los estudiantes tenían edades entre los 15 y los 19 años, cuando se esperaría que tuviesen entre 14 y 16 años.

Al inicio del año lectivo, el grupo estaba conformado por 37 estudiantes; hacia el mes de julio quedó reducido a 31 debido al retiro de 6 de ellos por dificultades económicas, académicas o porque se independizaron y conformaron un hogar. El 46% era oriundo de otras regiones del país, principalmente del Meta y el Eje Cafetero, y un 54% era originario del Guaviare. Por otro lado, 64% del grupo vivía en barrios cercanos a la institución, y el 36% restante, en barrios muy alejados. El 67% de los estudiantes pertenecía al estrato 1, el 29% al estrato 2 y solo 1 estudiante pertenecía al estrato 3.

Este es solo un panorama del contexto pedagógico y del grupo de estudiantes que hizo parte de esta investigación; en ningún caso pretende tener valor estadístico explicativo de su desempeño académico antes o durante la ejecución del proyecto aplicado. Nuestro objetivo es, más bien, ubicar al lector en el ámbito en el que se desarrolló la investigación.

# Logros alcanzados y dificultades detectadas

Aquí solo incluimos las producciones de tres grupos con diferentes niveles de desempeño; analizamos dos o tres versiones de cada escrito: carta, folleto e informe. También hacemos referencia a los logros y las dificultades presentadas durante el proceso de coevaluación (evaluaciones a otro grupo y a los compañeros de grupo) y de autoevaluación (evaluaciones en el interior del grupo), como también durante el trabajo en equipo.

## Logros y dificultades de la fase 1

La consigna de la fase 1 del proyecto consistió en elaborar una carta de invitación a un científico experto en un deporte específico (fútbol, baloncesto, béisbol, volibol, entre otros). Cada grupo debía escribir un texto descriptivo-argumentativo con intención persuasiva a partir de un tema central previamente asignado, y enfocarlo desde la perspectiva de la física. Entre los temas que se asignaron en esta primera consigna están el tiro con efecto para el grupo que debía referirse al fútbol; para el baloncesto, el análisis de las trayectorias parabólicas del balón para tiros desde diferentes puntos de la cancha, la relación entre el “punto dulce” del bate y el alcance de la pelota para el caso de béisbol. A continuación presentamos tres versiones de la carta elaborada por el grupo 1 —cuyo nivel de desempeño fue alto, de acuerdo con la matriz de valoración— y analizamos sus logros en escritura y en física.



## Carta del grupo 1, versión 1

SAN JOSE DEL GUAVIARE

8 / 12 / 2011

ESTIMADO:

Científico especializado en baloncesto

Respetuosamente nos dirigimos a usted con el fin de invitarlo a la II semana deportiva intercolegial que se celebrará en el municipio de San José en el departamento del Guaviare; este evento ya hace parte de una tradición deportiva que lleva nuestro Municipio. Esta vez se realizará con el fin de, además de jugar, aprender y continuar con el proceso de formación que llevamos en la asignatura de física.

Los deportes que se desarrollarán son: fútbol, ciclismo, beisbol, maratón, natación, lanzamiento de jabalina y por supuesto, baloncesto en el cual participaremos activamente para lograr conformidad con nuevos conocimientos con respecto a la influencia y como se evidencia la física en dicho deporte utilizando cálculos y pruebas para demostrar fenómenos físicos como por ejemplo: la trayectoria del balón hacia la cesta desde cualquier punto de la cancha.

Para lograr estos objetivos queremos su apoyo en el desarrollo de la actividad.

Figura 21. Primera versión de la carta del grupo 1.  
Fuente: Archivo personal.

En esta versión, el grupo logró expresarse con un estilo formal y adecuado a la situación comunicativa. En el primer párrafo menciona el tema y lo ubica en tiempo y espacio, así como en el contexto de la “tradición”, lo cual contribuye a cumplir con la intención persuasiva del texto. Asimismo, indica que esta semana deportiva es especial porque se articulará con la asignatura de física. Las ideas están coherentemente organizadas y cohesionadas. En el segundo párrafo enumera los deportes en los cuales se competirá y señala, mediante un adverbio inadecuado: “por supuesto”, el que ocupa al grupo y al destinatario: baloncesto.

En este párrafo se observa el uso de una sintaxis y un vocabulario que buscan representar la complejidad del análisis: “lograr conformidad con nuevos conocimientos con respecto a la influencia y como se evidencia la física en dicho deporte...”. Sin embargo, de los tres argumentos pedidos para persuadir al deportólogo, solo se dio un ejemplo que no alcanza para deducir una generalidad y que, desde el punto de vista de la física, muestra que los estudiantes aún no logran delimitar, de manera clara y concreta, un fenómeno físico que deba ser estudiado por el científico, ni mucho menos un fenómeno asociado al movimiento. Aunque el grupo menciona a modo de ejemplo “la demostración de la trayectoria del balón desde cualquier punto de la cancha” como una posible investigación que el científico debería estudiar, el enunciado no es claro, ya que no menciona ninguna variable o magnitud física directamente relacionada con dichos trayectos o que sea causa de estos.

Si bien el grupo mostró un nivel relativamente bueno de apropiación del uso social y las características de la carta formal, esta cierra abruptamente en el tercer párrafo y la fórmula de inicio queda incompleta. Los aciertos y los errores en la primera versión de la carta se trabajaron con cada grupo junto con una profesora de la Maestría en Educación de la Universidad Nacional de Colombia, especialista en didáctica de la lengua. A este grupo se le preguntó por el destinatario y los remitentes (quiénes son, dónde se nombran), por la despedida y las fórmulas típicas, por el grado de formalidad de la fecha y su ubicación, por la cantidad de argumentos y el grado de convencimiento que se puede lograr con un ejemplo, por dónde buscar y cómo seleccionar más argumentos. También se les preguntó por la claridad de las oraciones extensas, por el significado

de los términos mal empleados y por la ortografía. Un estudiante del grupo tomó nota de las preguntas y, en el transcurso de la clase, los estudiantes mostraron sus intentos de ajuste. Los docentes hicieron devoluciones hasta los diez minutos antes de terminar la clase, que se reservaron para la puesta en común del punto de partida y del punto de llegada de cada grupo en esta etapa del proceso de escritura.

## Carta del grupo 1, versión 2

SAN JOSE DEL GUAVIARE, 31-MAYO DEL 2011

DOCTOR: LEOPOLDO MENA.

~~CIENTIFICO ESPECIALIZADO EN BALONCESTO~~ <sup>1</sup>

Respetuosamente nos dirigimos a usted con el fin de invitarlo a la II semana deportiva intercolegial que se celebrara en el municipio de San Jose del Guaviare los días 1, 2, 3, 4 y 5 del mes de noviembre del año en curso. <sup>2</sup>

Este evento <sup>3</sup> ya hace parte de una tradición deportiva de nuestro municipio. Esta vez se realizará con el fin de, además de jugar, aprender y continuar con el proceso de formación que llevamos en la asignatura de física. <sup>4</sup>

Los deportes que se desarrollaran son: Futbol, Ciclismo, <sup>5</sup> béisbol, maratón, natación, lanzamiento de Jabalina y por supuesto baloncesto, en el cual participaremos activamente para lograr conformidad con nuevos conocimientos con respecto a la influencia y evidencia de lo física en dicho deporte, utilizando calculos y pruebas para demostrar fenomenos físicos como por ejemplo: la trayectoria del balón hacia la canasta desde cualquier punto de la cancha, con medidas exactas que permitan identificar las variables físicas con relación al lanzamiento.

*Scitica*

Figura 22a. Segunda versión de la carta del grupo 1.

Fuente: Archivo personal.

Otro fenómeno en este deporte que queremos estudiar es el ángulo de tiro con relación al alcance horizontal del balón, donde podamos experimentar y calcular la posición y fuerza con la que se debe actuar en el momento de encestar. 6

Gracias por la atención prestada, esperamos confirme su presencia.

Atentamente: Marcia Carolina Sanchez  
Juan David Figueroa  
Miguel Bohorquez  
Elias Vera  
Cristian Parra  
Yrvin Casallas

Figura 22b. Segunda versión de la carta del grupo 1.  
Fuente: Archivo personal.

A partir de las observaciones recibidas, en esta segunda versión, los estudiantes mejoraron en aspectos pragmáticos como la formalidad de la fecha, la despedida, la designación del destinatario y los remitentes, y el grado de persuasión alcanzado, pues agregaron ejemplos y clarificaron los que ya estaban. Se les preguntó por escrito acerca del uso de la tilde; de la “economía” de la expresión utilizada para señalar los días del evento (observación 2); del uso de mayúsculas y tildes —por ejemplo: “¿son sustantivos propios ‘fútbol’ y ‘ciclismo?’” “¿Por qué escriben con mayúscula los nombres de estos deportes y los de los otros no?” (observación 5)—; de la conveniencia de separar la razón general de los ejemplos-argumentos (observación 4); del rol que desempeñarán ellos y el científico —“¿quién va a estudiar los fenómenos?” (observación 6)—; de la gramática (el uso de “donde” en la observación 6); la puntuación, la ortografía (cómo se escriben los números romanos) y el significado de “conformidad” y “jugar”, y de cómo el destinatario puede confirmar

su asistencia. Desde el punto de vista de la física, los estudiantes lograron proponer un fenómeno físico asociado al movimiento del balón de baloncesto estableciendo relaciones de causalidad entre variables (ángulo de tiro y alcance horizontal). Sin embargo, aún falta hacer una formulación precisa del fenómeno mencionado, es decir, mencionar, en el orden adecuado, la causa (velocidad y ángulo de lanzamiento) y el efecto (altura y distancia horizontal alcanzada). Se les indicó en la devolución que los dos argumentos físicos planteados eran uno solo y que, por tanto, era necesario volver sobre el texto para formular otro argumento.

Debemos decir que, en coherencia con el enfoque pedagógico asumido, les planteamos preguntas en vez de darles las respuestas correctas y remitimos insistentemente a la matriz de valoración para que los estudiantes tuvieran presentes los logros esperados. Sin embargo, como los contenidos de física eran nuevos, en algunos casos dimos pistas (ejemplos o analogías) para que los estudiantes los interiorizaran, y señalamos concretamente los términos imprecisos y la necesidad de reemplazarlos por tecnicismos del campo disciplinar (“ángulo de tiro horizontal” por “alcance horizontal”, por ejemplo).

### **Carta del grupo 1, versión final**

Los estudiantes del grupo 1 escribieron la versión final de la carta en un procesador de textos, lo que les permitió incluir el logo de la semana deportiva y asegurar mejores condiciones de legibilidad. En esta versión lograron reunir los ejemplos-argumentos, aunque no los encabezaron con la misma frase general. Agregaron el tercer ejemplo y le dieron más fuerza a la parte persuasiva de la carta. Sintetizaron adecuadamente la duración del evento y resolvieron el problema de cómo asegurar la confirmación de asistencia por parte del destinatario.

En el segundo párrafo mejoraron la formalidad de la descripción del evento al presentar una alternativa adecuada a la palabra “jugar”. Los errores de ortografía y puntuación disminuyeron, así como los de gramática (persisten “celebrara” en lugar de “celebrará”, punto en vez de dos puntos después de la información del destinatario, mayúscula en lugar de minúscula —“... por ejemplo: La trayectoria...”—, entre otros).

San José del Guaviare, 31 de mayo del 2011  
Doctor Leopoldino Mena  
Científico especializado en baloncesto.



Respetuosamente nos dirigimos a usted con el fin de invitarlo a la LI semana deportiva intercolegial que se celebrara en los diferentes escenarios deportivos del municipio de san José del Guaviare, del 1 al 5 del mes de noviembre del año en curso.

Este evento hace parte de una tradición deportiva de nuestro municipio. Esta vez se realizará con el fin de, además de realizar actividades académicas para lograr adquirir nuevos conocimientos acerca de la manifestación de la física en el baloncesto, practicar deportes que nos permitan adquirir destrezas físicas y mentales buenas para la salud.

Los deportes que se desarrollarán son: futbol, ciclismo, beisbol, maratón, natación, lanzamiento de jabalina y por supuesto baloncesto, en el cual buscaremos nuevos conocimientos físicos que se presentan en este, por medio de cálculos y pruebas para demostrar y estudiar los fenómenos que ocurren en dicho deporte, como por ejemplo: La trayectoria del balón hacia la canasta desde cualquier punto de la cancha, con medidas exactas que permitan identificar las variables físicas con relación al lanzamiento con el ángulo de tiro horizontal. La posición exacta que debe tener el lanzador al momento del tiro, es otro tema que nos interesa estudiar. También sería interesante que en la práctica que realizaremos con usted calculemos la medida del salto ideal para lograr una cesta perfecta.

Gracias por su atención, esperamos confirme su presencia.  
Atentamente.

Marcia carolina Sánchez Oyuela  
Representante en Coordinación de baloncesto:  
E-mail: marcia\_tqm@hotmail.com cel.: 3144449013

**Figura 23.** Tercera versión de la carta del grupo 1.  
**Fuente:** archivo personal.

Desde el punto de vista de la física también hubo mejoras porque le agregaron a la versión anterior dos problemas físicos que el científico podría estudiar, aunque no los enunciaron completamente; por ejemplo, el segundo argumento propuesto: “la posición exacta que debe tener el lanzador al momento del tiro”, no precisa la situación planteada, por lo cual en la evaluación y la puesta en común de esta versión final se les indicó cómo mejorarlo, es decir, se les señaló que una mejor forma de plantear lo referente a la posición del jugador es: “Interesa estudiar cuáles son las posiciones más favorables desde donde debe lanzar el jugador para lograr cestas de tres puntos sin necesidad de saltar”. Teniendo en cuenta los avances logrados en relación con lo esperado y en consonancia con la matriz de valoración, se considera que, en esta fase del proceso, el grupo alcanzó un nivel alto.

En cuanto a la evaluación, los estudiantes de este grupo, al igual que los de los otros grupos, autoevaluaron su desempeño individual y colectivo con la ayuda de rejillas. Ellos se reconocen como un colectivo armónico, que se lleva bien, a pesar de que no precisan por escrito los aportes específicos en escritura realizados por cada miembro; reconocen que hubo fallas en la entrega a tiempo de las tareas asignadas y en la lectura colectiva e individual del texto proporcionado como apoyo; también reconocen que la mayor fortaleza del grupo es contar con varios miembros a los que se les facilita escribir. Como crítica constructiva de esta fase, el grupo señala que dedicó demasiado tiempo a la escritura de la carta. En lo referente a la coevaluación entre pares, se observa que la mayoría son poco objetivos y específicos en sus observaciones, ya que utilizan expresiones como “sigue así”, “eres muy activo”, entre otras generalidades sin mayor fundamento. Sin embargo, a la hora de señalar el nivel de desempeño alcanzado en cada uno de los criterios expuestos en la rejilla, dos miembros resaltan que, en materia de escritura, lectura y cumplimiento de tareas individuales, casi siempre o algunas veces se cumplió con lo acordado colectivamente.

Por otro lado, cada grupo evaluó la carta de los demás con base en la matriz, y este grupo, en particular, mostró comprensión de la consigna y de la matriz de valoración, dado que las observaciones realizadas a los evaluados fueron acertadas y orientadoras en cuanto a lo estructural y al nivel de persuasión. Por ejemplo, al grupo de fútbol le señalaron la

ausencia de varios componentes: la fecha, el cargo del destinatario, el remitente, entre otros datos, y al grupo de maratón le indicaron que, a pesar de que su texto tenía todos los componentes estructurales de la carta, las subpartes que describían el evento no estaban bien organizadas.

A continuación presentamos tres versiones de la carta elaborada por el grupo 2, de nivel medio de acuerdo con la matriz de valoración, y analizamos sus avances y dificultades en escritura y en los contenidos de física.

### Carta del grupo 2, versión 1

San José del Guaviare, 24 de mayo de 2.011

Jerónimo Castro  
Dr Científico en ciencias del Deporte.

Cordial Saludo:

Doctor Jeronimo Castro, en el municipio de san jose del Guaviare se realizara los juegos intercolegiados, los cuales se jugaran el futbol, el baloncesto, la natacion, el lanzamiento de jabalina. en maratón, el beisbol, se realizara durante la jornada de los dias 28 de mayo, el 3 de junio. En la jornada de 8:00 am a 2:00 Pm. sitio realizadé en el estadio yaquivara

¿Que es el beisbol?  
es un juego en donde el jugador tiene que observar la pelota, para obtener un tiro preciso, manejando exactamente el bate, y así sera un juego limpio y saquen buenos puntos.

Figura 24. Primera versión de la carta del grupo 2.

Fuente: Archivo personal.



En esta primera versión, el grupo presentó un texto incompleto respecto a la consigna dada, ya que faltaron elementos básicos como la despedida y la firma del remitente, lo que se les advirtió en la primera devolución. El encabezado muestra la formalidad de la fecha, la identificación del destinatario y el saludo introductorio. En el primer párrafo del cuerpo de la carta se identifica el evento, con su fecha, horario y lugar de realización, así como los deportes que se jugarán. A partir de la pregunta “¿Qué es el béisbol?”, el grupo introdujo una incoherencia, pues lo dicho no guarda relación con lo anterior; hay además un error grave desde el punto de vista pragmático, pues el científico especializado en el deporte en cuestión es tratado como si no conociera su campo profesional. Se les hizo preguntas en forma oral para que reconocieran esta falencia.

Hay un esbozo de argumento respecto a lo que debe hacer el jugador para lograr tiros precisos, pero el grupo no escribe ningún argumento, en sentido estricto, para convencer al destinatario y, en vez de ello, copia o parafrasea una definición imprecisa del béisbol. En la devolución se les indicó que “obtener un tiro preciso” es una frase que sirve como punto de partida para construir un argumento físicamente válido y pertinente, con el fin de persuadir al destinatario.

Para mejorar esta versión, se les pidió que, de acuerdo con la matriz de valoración y de la consigna dada en el proyecto, identifiquen los elementos que tiene y que no tiene la carta que escribieron; luego, en lo que concierne a los contenidos de física, se les plantearon interrogantes como: “¿Qué factores permiten ejecutar un *home run*?”, “¿Cómo pegarle a la pelota para que viaje la mayor distancia posible?”. Preguntas como estas movilizaron el pensamiento del grupo hacia el mejoramiento de sus enunciados, pues en su segunda versión lograron construir argumentos físicos. Al terminar la clase, el grupo pudo reconstruir ante los demás la mayoría de las observaciones que había recibido con sus respectivas justificaciones.

## Carta del grupo 2, versión 2

San José del Guaviare, 24 de mayo de 2011..

Jerónimo Castro  
9 Dr. Científico en ciencias del Deporte.

Cardial saludo:

Doctor Jerónimo Castro, en el municipio de San José del Guaviare se realizarán los juegos intercolegiados, los cuales incluyen el fútbol, el baloncesto, la natación, el lanzamiento de jabalina, el maratón, el béisbol. El evento tendrá lugar en la semana del 30 de Mayo al 3 de junio en la jornada de 8:00am a 2:00pm. En los diferentes lugares.

4

Anunciando al evento usted podrá estudiar cómo la temperatura, presión atmosférica y humedad, afectan la trayectoria de la pelota en un partido. También (analizar) las estrategias que tiene cada jugador en el momento de lanzar la pelota como saliva, sudor, aceite, parafina, etc.

6 5

7

8

Coordinadora..

Chicos ~~Escritores~~

Esta Segunda Versión está mucho mejor los felicito, el texto tiene una mejor estructura y contiene casi todos los elementos que se sugirieron la clase anterior.

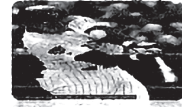
Figura 25. Segunda versión de la carta del grupo 2.

Fuente: Archivo personal.

En la segunda versión, la incoherencia y la falla pragmática introducidas con el apartado “¿Qué es el béisbol?” se subsanaron. Persiste la ausencia de partes de la carta: la despedida, la firma del remitente, el modo de contactarlo para responderle, aspectos señalados en una hoja aparte, de acuerdo con los números anotados en el texto. Faltó resolver un error de cohesión (introducir una oración subordinada mediante coma en vez de punto —observación 1—) y una incoherencia de nivel microtextual (señalar cuáles son los “diferentes lugares” en donde se desarrollará el evento). En la devolución escrita se les señaló que no dijeron cuál es el doble propósito de la semana deportiva (practicar deportes y aprender física) y que deberían ubicar esta información en el texto.

En cuanto a la física, el grupo logró escribir dos argumentos estableciendo relaciones causales válidas; el primero de ellos, “estudiar cómo la temperatura, presión atmosférica y humedad, afectan la trayectoria de la pelota”, muestra una relación de causalidad razonable y susceptible de ser analizada desde las leyes de la física, aunque la estructura del argumento puede mejorarse si se expresa con más claridad y formalidad. El segundo argumento, a saber: “estrategias que tiene cada jugador en el momento del lanzar la pelota como saliva, sudor, parafina, etc.”, también insinúa una posible razón persuasiva para el destinatario, pues la idea es establecer la dependencia entre la trayectoria de la pelota y el hecho de que sea untada con saliva u otras sustancias. Sin embargo, como en el argumento anterior, hay una falencia en su estructura y claridad: el argumento omite información acerca de la posible relación específica entre las “estrategias del lanzador” y sus efectos en la trayectoria de la pelota. Por esta razón, la devolución en relación con la física se centró en afinar la estructura del argumento; para ello, se propuso volver sobre el documento entregado como apoyo (nos referimos al proyecto, ya que allí se especificó el fenómeno particular sobre el cual se debía argumentar en este caso) y proponer posibles cambios en el escrito.

## Carta del grupo 2, versión 3



San José del Guaviare, 24 de mayo de 2011

Doctor: JERÓNIMO CASTRO.

Científico en ciencias del deporte.

Cordial saludo:

Dr. Jerónimo Castro, en el municipio de San José del Guaviare se realizarán los juegos intercolegiados. Los deportes que se van a jugar son: fútbol, el baloncesto, la natación, el lanzamiento de jabalina, el maratón y beisbol. El evento tendrá lugar en la semana del 30 de MAYO al 3 de JUNIO en la jornada de 8:00AM a 2:00PM. En los diferentes escenarios deportivos del departamento.

En este evento tiene dos partes el cual nos financiamos, por el deporte como salud física y organizando nuestra vida cotidiana por que las cosas que nos rodean alcanzamos a un buen aprendizaje de la física.

Asistiendo al evento usted podrá estudiar como la temperatura, presión atmosférica y humedad, afectan la trayectoria de la pelota en un partido. También analizara estrategias que tiene cada jugador en el momento de lanzar la pelota como por ejemplo: saliva, sudor, aceite, parafina, etc., y como estos elementos altera la trayectoria de la pelota en su movimiento.

Esperamos su bienvenida a este gran evento.

Gracias por su atención.

Coordinadora del evento el beisbol: Lucelly Padilla Vega.

Teléfono: 3204350197.

Dirección: Carrera 18 n° 1072 B: Porvenir.

E-mail: lupave99@hotmail.com

Figura 26. Tercera versión de la carta del grupo 2.

Fuente: Archivo personal.

En esta versión, que el grupo pasó en limpio usando el computador, se observan la inclusión de información antes faltante (quién es el remitente y cómo contactarlo, propósitos de la semana deportiva) y algunos errores de escritura nuevos: inconsistencia en el uso de los artículos antes de la mención de cada deporte, minúscula en nombres propios, pronombre interrogativo sin tilde, entre otros; pensamos que este último tipo de errores proviene del dictado de un compañero a otro, o de la confianza en que el computador señala todos los errores, como ampliaremos en el capítulo siguiente.

El segundo párrafo, que hace referencia a los propósitos del evento, es oscuro debido a varios factores: el uso de subordinantes que no concuerdan con el antecedente (“partes el cual”); palabras cuyo significado se desconoce y que parecen utilizarse para demostrar el uso de un registro formal (“nos financiamos”), y expresiones con antecedente causal que no contienen una causa (“porque las cosas que nos rodean alcanzamos a un buen aprendizaje...”).

El grupo mantiene los mismos argumentos físicos de la versión anterior y, aunque logra complementar el segundo, la especificación que se le solicitó hacer no se advierte en esta versión. Esto no quiere decir que la versión final no sirva: por el contrario, el grupo muestra un avance al enunciar un argumento propio de la física. Sin embargo, no introdujeron variables básicas asociadas al movimiento en dos dimensiones; de haberlo hecho, hubieran podido escribir no solo tres argumentos, sino más. Por ejemplo, a pesar de haber sido orientados acerca de variables básicas, como la velocidad inicial y su relación con la distancia y el tiempo, los estudiantes no escribieron nada al respecto. Por esta razón, y de acuerdo con la matriz de valoración, el trabajo se ubicó en el nivel medio.

La autoevaluación del grupo en esta fase del proyecto dejó entrever la sinceridad con la que procedieron. Reconocieron que hubo falencias, como equipo, en la lectura cuidadosa del texto base proporcionado; además, señalaron que no todos los miembros del grupo leyeron las diferentes versiones de la carta, la consigna ni la devolución hecha por el docente. Por otro lado, el grupo mencionó que tuvo dificultades en las relaciones interpersonales y, al final de la autoevaluación, manifestó oralmente que quería reconstruirse (esta situación ocurrió en varios grupos, lo cual originó cambios de miembros en las fases 2 y 3). A partir de las valoraciones indicadas por los

miembros del grupo, podemos decir que las coevaluaciones entre pares se centraron en el reconocimiento de las fortalezas y falencias individuales a la luz de la rejilla de evaluación; por ejemplo, frente al criterio de lectura de todas las versiones de la carta y de los textos proporcionados como apoyo, solo tres de los cinco miembros del grupo fueron reconocidos como los que siempre hicieron estas tareas; varios integrantes no cumplieron a cabalidad con las labores de redacción, la responsabilidad en las tareas y el respeto por las decisiones tomadas por los integrantes.

El grupo manifestó su inconformidad con las coevaluaciones que otros grupos les hicieron, al considerar que no eran idóneos para evaluarlos por no ser expertos en la materia. Sin embargo, en la actividad de coevaluación entre grupos, este equipo hizo un buen trabajo porque señaló falencias específicas de las cartas evaluadas; además, fue el único que construyó un cuadro para indicar el nivel del texto final de los evaluados (figura 27). Los juicios valorativos del grupo señalan, en su mayoría, falta de elementos estructurales en las cartas, como los cargos del destinatario y el remitente, información de algunos deportes, el logotipo y la información de vuelta de correo del remitente. A uno de los grupos evaluados le señalan un error pragmático importante: la intención de la carta era persuadir al invitado a asistir al evento, no pedirle un permiso, como se hizo en el texto evaluado. Sobre la importancia de este ejercicio haremos algunos comentarios adicionales más adelante.

Co-evaluación de la carta...

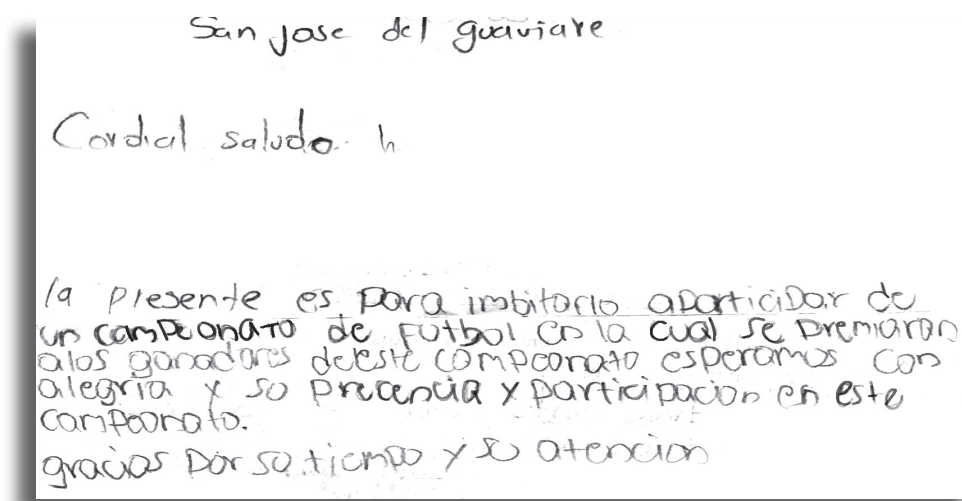
Aspectos	Excelente	Alto	basico	Bajo..
Estructura		Baloncesto	Natación.. Natación..	Futbol..
Argumentación (parte física)		Natación Baloncesto	Futbol. Natación.. Natación..	
Síntesis y Semántica		Natación	Futbol. Natación.. Baloncesto..	

Figura 27. Cuadro construido por el grupo 2 para ubicar el nivel de producción de los demás grupos.

Fuente: Archivo personal.

Finalmente, presentamos tres versiones de la carta elaborada por el grupo 3, de nivel bajo, de acuerdo con la matriz de valoración del proyecto, y analizamos sus avances y dificultades en escritura y en los contenidos de física.

### Carta del grupo 3, versión 1



San Jose del guaviare

Cordial saludo. h

la presente es para imbitorio a participar de un campeonato de futbol en la cual se premiaran a los ganadores de este campeonato esperamos con alegria y su presencia y participacion en este campeonato.

gracias por su tiempo y su atencion

**Figura 28.** Primera versión de la carta del grupo 3.

**Fuente:** Archivo personal.

Desde el punto de vista de la escritura, se observa que este grupo ha interiorizado parte de los conocimientos previos sobre la carta formal que supusimos que tenían al proponer la consigna; sin embargo, presenta falencias considerables, sobre todo a nivel pragmático, pues la carta no incluye la información del destinatario ni del remitente. Este problema puede deberse a la falta de comprensión de la consigna y la matriz de valoración antes o durante la elaboración del primer borrador. Faltan la fecha, el cargo del destinatario, su nombre, el del remitente y el modo de contactarlo. En cuanto al cuerpo de la carta, no se mencionan el evento, sus propósitos, la finalidad de la visita del experto ni los argumentos que podrían persuadirlo de asistir. Los errores de superficie (gramaticales,

ortográficos y de puntuación) son numerosos; no obstante, para evitar que en el paso de esta primera versión a la segunda no perdieran de vista los problemas profundos, estos aspectos se dejaron de lado en la devolución oral, que se enfocó en la solicitud de completar la información faltante.

En relación con la física no hay nada que decir, pues el grupo no escribió ningún argumento. En esta versión, los estudiantes no trabajaron en equipo y, como se mencionó, tal vez ninguno comprendió la parte de la consigna referente a la argumentación; por tanto, la orientación del docente consistió en sugerirles que hicieran una revisión detallada de la consigna. En lo referente a la física, se les pidió analizar el movimiento del balón y de los jugadores, pensar en las múltiples trayectorias de la pelota y en sus posibles causas, en las posiciones adoptadas por los jugadores durante una jugada, entre otros aspectos. Se esperaba que el grupo avanzara a partir de estas orientaciones; sin embargo, como veremos en la próxima versión, solo se observaron algunas mejoras en escritura. El grupo permaneció en el mismo estado en relación con los contenidos de física.

### **Carta del grupo 3, versión 2**

Se evidenciaron avances en esta segunda versión respecto a la escritura, pues se incluyeron datos antes faltantes: las fechas de la carta y del evento, el cargo y el nombre del destinatario, entre otros. En cambio, los argumentos de la física no aparecen en el texto, lo cual significa que el grupo no comprendió o no tuvo en cuenta las orientaciones y comentarios realizados a la versión anterior. Dado que una de las premisas fundamentales de este trabajo es aceptar el carácter procesual del acto de escritura, las orientaciones para esta versión se centraron nuevamente en proponer ejemplos de posibles argumentos de la física sobre este deporte. Los miembros del grupo manifestaron oralmente que habían contemplado la física en esta versión, pero que no habían alcanzado a incluirla por razones de tiempo, justificación a la que el docente no le dio crédito; lo que se puede deducir es una falla en el trabajo en equipo, en el cumplimiento de responsabilidades y una ausencia de metacognición que les impide corregir las falencias. Estas dificultades se ratificaron en la versión final, pues



la física estuvo otra vez prácticamente ausente y, en definitiva, el texto no cumplió con las exigencias de la consigna y los criterios establecidos en la matriz de valoración. Por tal razón, se le exigió al grupo que realizara una cuarta versión de la carta, con la intención de identificar con mayor precisión las dificultades del grupo respecto a la (in)comprensión en el momento de escribir los argumentos propios de la física, pero esa versión finalmente no fue realizada.

San José del Guaviare 31/5/11

Estimado doctor,

Pedro<sup>1</sup> José Gómez

especifica<sub>2</sub> en deportes

En el municipio de San José del Guaviare, se ~~con~~ llevará a la semana deportiva en los días 7 al 12 de septiembre. Este evento se desarrollará en diferentes espacios como: el estadio, parque, vida, colegio y otros. El primer motivo de la semana deportiva es llevar a cabo una participación de todos los estudiantes y demás personas de nuestra Comunidad. el primer motivo

Figura 29. Segunda versión de la carta del grupo 3.  
Fuente: Archivo personal.

## Carta del grupo 3, versión 3



**Figura 30.** Tercera versión de la carta del grupo 3.  
**Fuente:** Archivo personal.

Si analizamos el enunciado propuesto por el grupo como argumento persuasivo en la tercera versión: “usted tiene la capacidad esencial y el conocimiento de explicarnos sobre el fútbol el cual queremos que nos ayude a resolver ejercicios del tema”, se infiere que el carácter persuasivo fue comprendido de manera equívoca, pues no se plantea ningún fenómeno físico ni se proponen relaciones de causalidad o de dependencia entre variables o magnitudes físicas asociadas al movimiento en una o dos dimensiones.

El argumento presenta también una falla a nivel pragmático: se imagina un destinatario que cumpla un rol de docente y no el de investigador propuesto en la consigna. Este apego a lo intraescolar ha sido observado en diferentes estudios (véase Atorresi et ál., 2010) y puede ayudar a explicar los resultados del grupo. Esto no quiere decir que los logros hayan sido nulos, sino, más bien, que fueron bajos (véanse los indicadores del nivel bajo en la Matriz de valoración de la fase 1, en el Anexo 1, versión completa del proyecto).

A pesar de las dificultades presentadas en el proceso y de que hubo un reconocimiento de estas durante la autoevaluación parcial por parte del mismo grupo, en la autoevaluación final, tanto grupal como individual, las falencias se reconocieron de manera muy superficial y contradictoria. En las justificaciones escritas en la rejilla de autoevaluación grupal, los miembros afirman que no tuvieron problemas durante la ejecución de esta fase y que estuvieron unidos todo el tiempo; sin embargo, según las valoraciones marcadas, hubo complicaciones en relación con la escritura de todas las versiones de la carta, con la entrega a tiempo de las tareas asignadas y con la distribución de tareas.

Además, no siempre todos los miembros del grupo leían las diferentes versiones de la carta para identificar debilidades y realizar avances significativos. Al mismo tiempo, los estudiantes señalan como una fortaleza que, en la construcción de las versiones, siempre hubo discusiones significativas, que todos los miembros respetaron el desarrollo de las clases y que no se presentaron dificultades a nivel personal. Las fortalezas señaladas son contradictorias en relación con las falencias y, a nuestro juicio, también en relación con el proceso mismo porque, como ha podido verse,

en las tres versiones de la carta existen falencias que indican baja participación del grupo y poca calidad en la lectura de los textos (consigna, devoluciones y demás).

En relación con las coevaluaciones a otros miembros del grupo, reconocieron fortalezas y debilidades, aunque no con firmeza, y escribieron observaciones muy generales; por ejemplo: “te destacaste mucho” o “estuviste atento, sigue así”. Este tipo de observaciones no señalan fortalezas o debilidades específicas presentadas durante el desarrollo del trabajo y, por tanto, no sirven para que el estudiante evaluado tome decisiones para corregir aquello en lo que está fallando.



Finalmente, la coevaluación que este grupo hace a los otros está más cerca del propósito formativo esperado, pero no es argumentada de manera sólida. Las observaciones escritas para los otros grupos aluden, principalmente, a dos aspectos: el formato de la carta y los errores superficiales. En el primer caso, hacen ver a algunos grupos que dejar espacio entre las partes de la carta es importante y que elementos como el logotipo o las firmas están ausentes; en relación con lo segundo, dicen encontrar errores de puntuación, palabras mal escritas y repetición de palabras, pero no indican cuáles son.

## **Logros y dificultades de la fase 2**

En esta fase, los estudiantes debían formar equipos para analizar accidentes que suelen ocurrir en escenarios deportivos. Entre los accidentes que se propusieron como objeto de análisis están los siguientes: a) caerse desde la grada más alta del estadio, b) recibir un pelotazo de un futbolista, c) arrojar objetos contundentes a la cancha desde las gradas. El objetivo era escribir un folleto dirigido a los asistentes en el que debían advertirles sobre los peligros de estos accidentes. Una de las condiciones que debían cumplir los folletos era incluir secuencias explicativas y descriptivas respecto a la física de los accidentes. Durante las siete semanas de duración de esta fase, además del folleto, se realizaron actividades procedimentales que no fueron ajenas a la elaboración del texto, como, por ejemplo, la construcción de un muñeco de prueba para simular los accidentes.

Debido a las dificultades de escritura observadas en la fase anterior, en la que los contenidos de la asignatura eran escasos, esta fase inició considerando lo complejo que resulta para los estudiantes escribir textos sobre física. Por esta razón, las dos primeras semanas de trabajo se dedicaron a escribir tres versiones del folleto sin introducir contenidos de la asignatura. Aunque el análisis de las primeras dos versiones se describen en la investigación original realizada, aquí omitiremos dicha descripción con el objetivo de profundizar en el análisis tanto en física como en escritura. Nos centraremos en mostrar los logros y dificultades tanto en escritura como en la apropiación conceptual en física desde la tercera versión.

### Folleto del grupo 1, versión 3

<p style="text-align: center;"><b>RECOMENDACIONES</b></p> <p>Si vamos como espectadores a un escenario deportivo a ver un juego, estamos en la obligación de no ser imprudentes porque podemos causar o ser víctimas de un grave accidente que quizá nos deje secuelas para toda nuestra vida, así que ocupemos nuestro debido espacio y no estemos cerca de la cancha o del arco para luego no arrepentirnos de “querer ver desde más cerca”.</p> <p>Disfruta de un evento fantástico, donde el deporte y la física van de la mano.</p> 	<p style="text-align: center;"><b>EL PELOTAZO</b></p>  <p>Las consecuencias de los diversos accidentes que se pueden presentar en cualquier evento deportivo, pueden ser graves o leves para la vida de la persona accidentada.</p> <p style="text-align: center;"><b>¡Incluso un “simple” pelotazo!</b></p> <p><b>Pero...!    ¿Como ocurre un pelotazo?</b></p> <p style="text-align: center;"><b>¿Qué lesiones puede producir un pelotazo?</b></p> <p style="text-align: center;">XXV Semana Deportiva Intercolegial San José del Guaviare Del 1 al 5 de noviembre, 2011 Organiza: Institución Educativa Manuela Beltrán</p>
--	--

**Figura 31a.** Tercera versión del folleto del grupo 1.  
**Fuente:** Archivo personal.

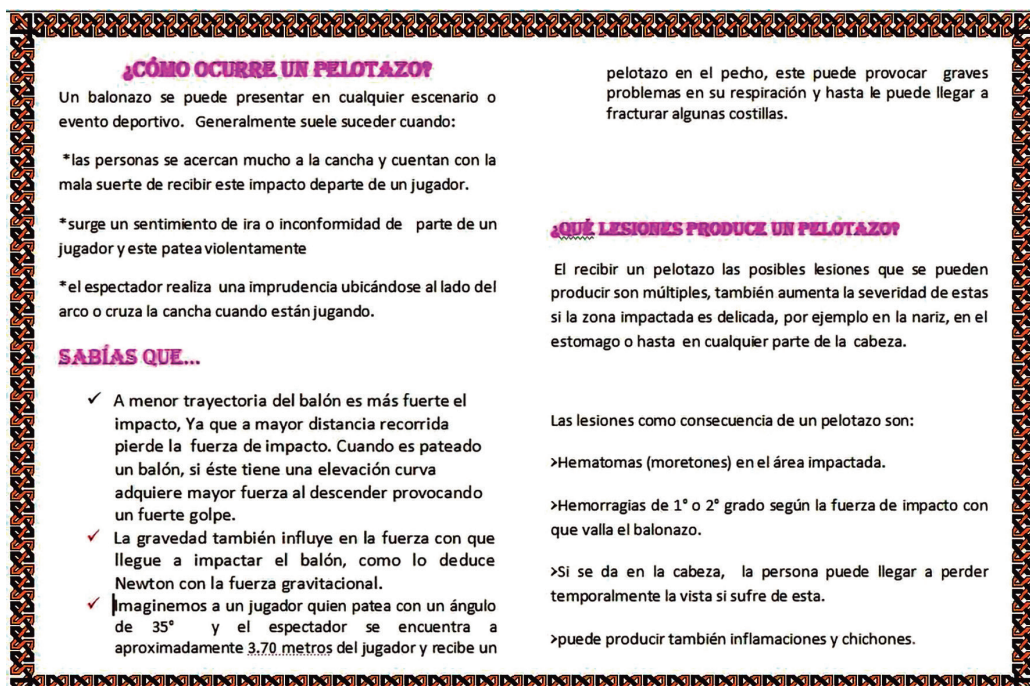


Figura 31b. Tercera versión del folleto del grupo 1.

Fuente: Archivo personal.

En esta versión, el grupo logró avanzar a nivel escritural. Por un lado, organizó adecuadamente las cuatro caras del folleto y le dio un diseño apropiado para los conocimientos en el área que se esperaba encontrar en estudiantes que cursan el grado décimo. La tapa presenta todas las partes solicitadas y solo se observa un error de puntuación, esto es, la ausencia de un signo de admiración de apertura (“[¡]Pero...!”). La contratapa muestra una recomendación relacionada coherentemente con la explicación del accidente y sus posibles consecuencias; solo en la cuarta línea del párrafo pusieron una coma en vez de un punto, que sería lo adecuado.

En las caras interiores se observan tres partes: la primera incluye secuencias explicativas de sentido común que se corresponden con el propósito divulgativo del texto. La segunda, “¿Sabías que...?”, cuyo título es típicamente divulgativo, presenta tres secuencias que pretenden ser explicativas. En la primera, el grupo menciona una relación causal imprecisa y luego da un ejemplo para aclararla. La siguiente secuencia señala otra

relación causal entre la fuerza de impacto del balón y la fuerza gravitacional ejercida (?) sobre él, con base en la ley de la gravitación universal de Newton; pero nuevamente la explicación es confusa.

La tercera secuencia surge de un ejemplo específico de un posible pelotazo; en él se mencionan valores de variables asociadas al movimiento del balón, como el ángulo de tiro y la distancia horizontal. El ejemplo termina con la afirmación del peligro que constituye recibir un pelotazo en las condiciones señaladas. Si bien el grupo introduce estas secuencias con intención preventiva y ofrece dos ejemplos para aclarar sus explicaciones, las secuencias tienen errores conceptuales a la luz de la teoría del movimiento en dos dimensiones. La primera secuencia dice: “A menor trayectoria del balón es más fuerte el impacto, Ya que a mayor distancia recorrida pierde fuerza de impacto”. En este enunciado hay dos imprecisiones. La trayectoria y su relación con la fuerza de impacto es una de ellas, pues si bien la velocidad de un objeto que se mueve parabólicamente por el aire varía con el tiempo, dicha variación es de disminución mientras el objeto sube y de aumento mientras baja. El enunciado no especifica si el objeto —en este caso el balón— está ascendiendo o descendiendo. Además, el hecho de que el balón realice una trayectoria corta no implica que la fuerza de impacto aumente, pues lo que modifica dicha fuerza es la velocidad del balón y el tiempo de impacto entre este y el agredido.

El enunciado: “Ya que a mayor distancia pierde fuerza de impacto” tampoco es pertinente desde el punto de vista de la física, pues la fuerza no es una propiedad de los cuerpos y, por tanto, no pueden perderla o ganarla; lo correcto habría sido decir que la velocidad del balón se modifica a medida que este se mueve. Por otro lado, se contradice lo dicho en el primer enunciado, dado que, cuanta más distancia recorra el balón, mayor (y no menor) será la trayectoria. En la última parte de la primera secuencia: “Cuando es pateado un balón, si éste tiene una elevación curva adquiere mayor fuerza al descender provocando un fuerte golpe”, el grupo comete nuevamente un error conceptual al decir que el balón adquirirá más fuerza mientras desciende; lo correcto habría sido decir que, cuanta más altura alcance el balón, mayor será la velocidad con la que impacta al llegar al suelo. Finalmente, a la frase: “si este tiene una elevación curva” subyace la idea de que el balón podría elevarse de manera no curvilínea, lo cual es erróneo.

En relación con la segunda explicación que el grupo propone: “la gravedad...”, si bien el balón está sometido a la fuerza de gravedad mientras va por el aire y es esta la causa del aumento de su velocidad, es erróneo exponerla como algo aislado de lo planteado en la primera explicación. Además, la alusión a Newton y su ley de gravitación no resulta pertinente en este caso, pues el científico no deduce nada en relación con el caso expuesto y la mención no resulta clara para un lector no versado en física; al parecer, la intención del grupo fue darle solidez científica a la explicación, pero no escogió una estrategia discursiva adecuada.



Al ejemplo que se presenta como parte de la última secuencia le falta información importante, como la velocidad con la que el balón es pateado y la velocidad con la que impacta al agredido; de hecho, habría sido más adecuado señalar cuáles velocidades pueden resultar peligrosas para la integridad de quien recibe el pelotazo, pues esto hubiera contribuido a cumplir con el propósito preventivo del texto.

En cuanto a la escritura, hay que decir que en los títulos “¿Cómo ocurre un pelotazo?”, “¿Sabías que...?” y “¿Qué lesiones produce un pelotazo?” se presentan errores de superficie, como el uso de mayúscula en lugar de minúscula o viceversa; dicho error aparece también en la segunda línea de la primera secuencia explicativa (“... es más fuerte el impacto, *Ya* que...”). También hay otros errores, como la inclusión de palabras cuyo significado le resta coherencia a una frase (“... recibir este impacto *departe* de un jugador...”, “... *realiza* una imprudencia...”) y la confusión entre palabras homónimas, como “valla” y “vaya”.

Al margen del documento presentado se señalaron los errores conceptuales y de escritura, y se orientó a los estudiantes sobre cómo corregirlos. En la siguiente versión se observaron avances en escritura y en la apropiación de los contenidos de la física.



## Folleto del grupo 1, versión 4

<p style="text-align: center;"><b>RECOMENDACIONES</b></p> <p>Si vamos como espectadores a un escenario deportivo, debemos evitar las imprudencias porque podemos causar o ser víctimas de un grave accidente que quizá nos deje secuelas para toda nuestra vida, así que ocupemos nuestro debido espacio y no estemos cerca de la cancha o del arco para luego no arrepentirnos de "querer ver desde más cerca".</p> <p>¡No seas imprudente y disfruta de este fantástico evento!</p> 	<p style="text-align: center;"><b>EL PELOTAZO</b></p>  <p>Las consecuencias de los diversos accidentes que se pueden presentar en cualquier evento deportivo, pueden ser graves o leves para la vida de la persona accidentada.</p> <p style="text-align: center;"><b>¡Incluso las de un "simple" pelotazo!</b></p> <p><b>Pero... ¿Cómo ocurre un pelotazo?</b></p> <p style="text-align: center;"><b>¿Qué lesiones puede producir un pelotazo?</b></p> <p style="text-align: center;"><small>XXV Semana Deportiva Intercolegial San José del Guaviare Del 1 al 5 de noviembre, 2011 Organiza: Institución Educativa Manuela Beltrán</small></p>
---	---

<p style="text-align: center;"><b>¿CÓMO OCURRE UN PELOTAZO?</b></p> <p>Un balonazo se puede presentar en cualquier escenario o evento deportivo. Generalmente suele suceder cuando:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>*Se presenta un sentimiento de ira o de inconformidad por parte de un jugador y este patea el balón violentamente, agrediendo a un espectador.</li><li>*El espectador comete una imprudencia ubicándose al lado del arco o cruza la cancha cuando están jugando y cuenta con la mala suerte de recibir el impacto por parte de un jugador.</li></ul> <p style="text-align: center;"><b>SABÍAS QUE...</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Un balón de fútbol produce menos fuerza de impacto, que un balón de micro, ya que su flexibilidad permite que este se deforme cuando impacta con gran velocidad.</li><li>✓ Cuando se patea un balón y este alcanza una gran altura será mayor la velocidad de impacto al descender y por lo tanto mayor será la fuerza de impacto.</li><li>✓ La fuerza con la que se patee un balón será proporcional a la fuerza de impacto, es decir, si el balón se patea con poca fuerza, el golpe será más leve que si se patea con gran fuerza.</li></ul>	<p>"Por ejemplo, un jugador puede patear un balón a aproximadamente 20M/S y si usted se encuentra a por lo menos 3 metros de distancia y el balón impacta en su pecho o en la cabeza, la velocidad de impacto puede llegar a ser de hasta 20M/S</p> <p style="text-align: center;"><b>¿QUÉ LESIONES PRODUCE UN PELOTAZO?</b></p> <p>Al recibir un pelotazo las posibles lesiones que se pueden producir son múltiples, también aumenta la severidad de estas si la zona impactada es delicada, por ejemplo en la nariz, en el estómago o en cualquier parte de la cabeza.</p> <p>Las lesiones como consecuencia de un pelotazo son:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>&gt;Hematomas (moretones) en el área impactada.</li><li>&gt;Hemorragias de 1° grado (externas) o 2° grado (internas) según la fuerza de impacto con que choque el balonazo.</li><li>&gt;Si se da en la cabeza, la persona puede llegar a perder temporalmente la vista.</li><li>&gt;puede producir también inflamaciones y chichones.</li></ul>
--	---

Figura 32. Cuarta versión del folleto del grupo 1.

Fuente: Archivo personal.

Las correcciones insertadas en “¿Sabías que...?” muestran los avances del grupo en relación con la forma de enunciar la explicación del pelotazo. Esta es expuesta ahora en cuatro partes, en las que se agregan o se insinúan variables no consideradas en la versión anterior y se precisan las relaciones de causalidad asociadas al movimiento y al impacto. En la primera secuencia, los estudiantes comparan un balón de microfútbol y uno de fútbol al enfatizar en la masa y la elasticidad del balón como variables proporcionales a la fuerza de impacto, lo cual es físicamente correcto a la luz de los conceptos de impulso, cantidad de movimiento y fuerza de impacto.

En la segunda parte de la explicación se evidencia que se tuvieron en cuenta las orientaciones dadas en la devolución anterior, pues se explica correctamente la relación de dependencia entre la altura alcanzada, la velocidad con la que llega al suelo y la fuerza de impacto. La tercera secuencia plantea una relación directa entre la fuerza aplicada por el jugador y la fuerza de impacto, lo cual es correcto, dado que, entre mayor fuerza aplique el jugador en la patada, mayor energía, y por tanto mayor velocidad, le proporcionará al balón. Sin embargo, el enunciado podría mejorar si se especificara o señalara algo en relación con la distancia entre el jugador y el agredido, ya que el impacto probablemente sería aún más doloroso entre menor sea la distancia entre ellos.

Por último, el grupo propone un ejemplo específico de un pelotazo: señala sus condiciones iniciales y las medidas específicas de velocidad y distancia del disparo, lo cual demuestra que han comprendido la función del ejemplo en una explicación divulgativa. Sin embargo, cabe notar que las unidades de medida utilizadas para expresar la velocidad (m/s) no son las adecuadas para el destinatario del texto, habituado a usar “km/h”. Además, el valor de la velocidad de lanzamiento que se muestra en el texto es idéntico al de impacto, lo que es correcto solo cuando los puntos de lanzamiento e impacto están en el mismo plano; como no se hace esta aclaración, es posible considerar que el enunciado es erróneo.

El texto tiene menos errores de superficie; ahora se usan mayúscula y punto en los enunciados encabezados por “chulitos”; se reemplaza “realizar una imprudencia” por “cometer una imprudencia”, y el gerundio expresa dos acciones simultáneas (ver sexta y séptima línea, después del

título ¿Cómo ocurre un pelotazo?). Además, se agregan aclaraciones entre paréntesis, recurso propio de la divulgación científica que se solicitó en la consigna. Por todo lo dicho y teniendo en cuenta los criterios y niveles planteados en la matriz de valoración, el grupo alcanza un nivel de desempeño alto.

En relación con las coevaluaciones y autoevaluaciones realizadas en esta fase, el grupo anota fortalezas y dificultades encontradas tanto en el trabajo de otros como en el propio. En la primera coevaluación, el grupo evaluó a los que trabajaron en el accidente de la caída por las escaleras y fue objetivo y preciso en sus observaciones, ya que especificó, al margen, aciertos y desaciertos con base en la matriz de valoración. Los comentarios positivos se concentraron en el reconocimiento de las partes del folleto por parte del grupo; en cuanto a las dificultades, dijeron encontrar errores ortográficos, redundancias e ideas confusas en la explicación física del accidente. A partir de lo dicho, el grupo determinó que los evaluados estaban en un nivel básico.

En la segunda coevaluación, este grupo evaluó al que trabajó en el accidente de la caída desde la parte más alta del estadio. Nuevamente optó por indicar, al margen del folleto, los errores y aciertos encontrados. Las anotaciones de los evaluadores se centraron en la ortografía, el diseño gráfico, la intencionalidad y las imprecisiones presentes en varias partes del texto. Pese a que lograron identificar varios errores, no sugirieron a los evaluados cómo corregirlos.

En cuanto a la autoevaluación de su dinámica de trabajo, este equipo considera que las relaciones interpersonales entre sus miembros facilitaron la construcción del folleto; además, afirman que todos los integrantes participaron en la redacción y que siempre estuvieron atentos a las orientaciones dadas, lo cual se corrobora al observar los avances entre las diferentes versiones entregadas. También afirma que la producción realizada es totalmente original (sobre esto hablaremos en el capítulo 4) y que casi siempre las discusiones adelantadas para construir las diferentes versiones del texto fueron productivas, aunque también reconocen que hubo fallas en el cumplimiento de algunas tareas asignadas por el docente.

### Folleto del grupo 2, versión 3


En esta versión, el grupo comete un error en el formato del folleto: tiene tres caras en lugar de las dos solicitadas. En la cara 1 ubica un título que connota prevención, lo cual es coherente con la consigna del ejercicio; luego redacta una introducción con errores pragmáticos, como que las víctimas son los enunciadores y no el público que recibirá el texto, y la referencia a “este evento” sin que el evento haya sido mencionado. Finalmente, sitúan erróneamente el evento (“eventos deportivo siglo XXV”) y escriben el nombre de la institución incompleto y con minúscula.

En la contratapa y en la segunda cara externa, a modo de recomendación, describen qué es una escalera, para qué no debe usarse y cuál es su semejanza con las gradas de una tribuna; toda esta información está desordenada y presenta múltiples errores de superficie. En las caras internas se observan, en primer lugar, secuencias explicativas incompletas y de sentido común, y un ejemplo que analizaremos enseguida; en segundo lugar, consecuencias en forma de daños y con falta de cohesión entre sí (“afectación...”, “afecta”), y, por último, una nueva recomendación, también con varios errores de superficie y de coherencia (cambio del destinatario de “nosotros” a “usted”) que son señalados en la devolución. El grupo le da al folleto un diseño relativamente adecuado: se le sugiere poner menos imágenes, ya que tantas distraen la atención y no conforman una jerarquía, así como unificar la tipografía para jerarquizar la información.


En relación con la física, el grupo expone un ejemplo y menciona unas condiciones iniciales de altura (5 m) y tiempo de caída (65 s) que llevan al alcance de cierta velocidad por parte de la víctima (0,076 m/s). Según el texto, una caída a tal velocidad es muy peligrosa. El ejemplo es pertinente en su estructura y también desde el punto de vista pragmático, pues está dirigido a otros. Pese a esto, es incoherente desde la física; si la altura del escalón más alto es de 5 metros, la caída no duraría 65 segundos, ya que según la teoría un objeto que caiga libremente desde 5 metros de altura demorará aproximadamente 1 segundo en llegar al suelo. Asimismo, la velocidad con la que la víctima llegaría al suelo es incorrecta (el texto señala 0,076 m/s y debería ser 10 m/s o 36 km/h aproximadamente), y aunque la unidad utilizada es acertada (m/s), no es la adecuada para los destinatarios, habituados a “km/h”. En suma, el grupo logra escribir de

**Un accidente peculiar**

• un accidente también lo puede causar el sobre peso en una tribuna o en una escalera



¡ig el recordamos que al saltar y caer nuestro peso aumenta la presión ala tribuna o ala escalera



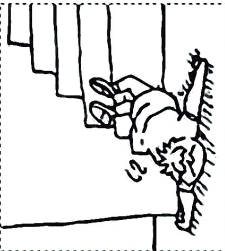
COMO CONSEJO LE DAMOS QUE UNA ESCALERA NO ES UN LUGAR DE VISITA NI UN LUGAR DE BUSCAR LAS LLAVES O DE JUGAR ES UN RUTA DE EVACUACIÓN DE DESPLAZAMIENTO QUE NO ES SEGURO YA QUE ES LA UNIÓN DE UN EXTREMO A OTRO Y SON GENERALES MENTE DIAGONALES FÁCIL PARA UN ACCIDENTE CON LAS TRIBUNAS LA DIFERENCIA NO ES MUCHA YA SON ESCALERAS O GRADAS QUE NO ES PLÉNO.....

Héctor César López Johana  
 Moisés Juan Alexander  
 Navarro Qumbobya Yvelina  
 Petha Chaveszissy Alejandra

**Grado:**  
10.04

**LA CAIDA POR LAS ESCALERAS DUELE**

¡ evítala !



En este evento deportivo pueden ocurrir accidentes y nosotros somos víctimas cuando nos distraemos o al subir o bajar las tribunas de priza al apoyar nuestros equipos

Eventos deportivo siglo XXI  
Fecha 1 al 5 de octubre

San José del Guaviare  
Institución educativa

Figura 33a. Tercera versión del folleto del grupo 2.  
Fuente: archivo personal.

## La caída por las escaleras

Este accidente puede ocurrir:

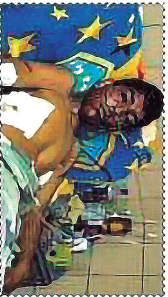
- Caminar distraídamente.
- Subir y bajar las escaleras deprisa por ejemplo

Si por ejemplo si tu caes de las escaleras de 5 m/ de altura y con un tiempo de 65 segundos podemos decir que con la velocidad con que caes sería de 0,076 m/s/lo que quiere decir quiere decir que es mayor las consecuencias.



Que daños se pueden causar

- Heridas de mayor a menor gravedad por ejemplo.
- Fracturas en el sistema óseo como invalides o quedar parapléjico.
- Afectación al sistema digestivo.
- Afecta al sistema sanguíneo como roturas de vasos sanguíneos causando hemorragias internas.



### TE RECORDAMOS

- Ten cuidado al desplazarte por las tribunas, ojo a los pitagores o con miradas distraídas y no hagas a los demás lo que no quieren que te hagan.



Cuadro de ti

Figura 33b. Tercera versión del folleto del grupo 2.  
Fuente: archivo personal.

manera regular un ejemplo relacionado con la física del accidente, pero los valores de las variables usadas —esto es, tiempo de caída y velocidad de llegada— son erróneos.

La devolución de esta versión respecto a la física del accidente se basó en dos aspectos: primero, la teoría física del movimiento implícito en el accidente (la caída libre) y, segundo, la necesidad de mejorar los valores de las variables en el ejemplo. En cuanto a lo primero, se les señaló que deben mencionar el tipo de movimiento descrito por la víctima al caer por las escaleras. Para ello, se remitieron a un texto de física con información adecuada para estudiantes de grado décimo (la novena edición del libro *Física conceptual*, de Paul Hewitt). En cuanto a lo segundo, se les mostraron ecuaciones con cálculos, a modo de ejemplo, para que hagan sus propios cálculos e inserten los resultados en la próxima versión.

#### Folleto del grupo 2, versión 4


**!TE RECOMENDAMOS!**

- ✓ Tener cuidado al desplazarte por las escaleras en este evento deportivo.
- ✓ No te distraigas por nada del mundo.
- ✓ IMPORTANTE: no juegues en las tribunas.
- ✓ Ten mucha cautela cuando hay demasiada gente.
- ✓ NO LO OLVIDES: dar un mal paso puede ser mortal.

Sigue estos valiosos consejos y no serás parte de las estadísticas anuales de accidentados en el Guaviare.

MORENO VARGAS JHON ALEXANDER  
LOPEZ DIAZ LEIDY JOHANA  
NAVARRO QUIMBAYA ISDELIA  
PEÑA CHAVEZ LEIDY ALEXANDRA

**LA CAÍDA POR LAS ESCALERAS DUELE ! EVITALA !**



En este evento deportivo pueden ocurrir accidentes de los cuales nosotros podemos ser víctimas, cuando nos distraemos o en ocasiones al subir o bajar las tribunas muy de prisa al apoyar nuestros equipos.

Eventos deportivos del siglo XXI  
"Semana deportiva"  
Institución Educativa Manuela Beltrán  
San José Del Guaviare

Figura 34a. Cuarta versión del folleto del grupo 2.

Fuente: Archivo personal.

### ¿En qué momento puede ocurrir este accidente?

- ✓ Caminar distraídamente.
- ✓ En un momento de evacuación.
- ✓ Llevar a cabo juegos en ellas.
- ✓ Resbalarte al momento de subir o bajar las escaleras.
- ✓ Correr en las tribunas.

### ¿Que daños se pueden ocasionar?

- ✓ Heridas de mayor o menor gravedad.
- ✓ Fracturas en el sistema óseo.
- ✓ Afectar los principales órganos del cuerpo humano.
- ✓ Hemorragias internas.
- ✓ Se puede ocasionar invalidez.
- ✓ Daños temporales en nuestro cuerpo.
- ✓ En los peores casos puede ser fatal.

En el caso de que te cayeras de las escaleras más altas que aproximadamente son de 7ms, la caída puede durar menos de un segundo; se podría decir que la velocidad de impacto es de 42 k/h. Lo que haría que el tiempo de reacción no se pudiera siquiera percibir solo un poco en el momento de la caída.

**Figura 34b.** Cuarta versión del folleto del grupo 2.

**Fuente:** Archivo personal.

En la última versión, el grupo corrige la diagramación y produce un díptico bien organizado en sus caras y con una sola imagen, ubicada en la tapa. La tapa sigue dirigida a un “nosotros” y muestra, por tanto, un error de adecuación a la situación comunicativa; debería decir “cualquier asistente”, ya que los destinatarios del texto son precisamente el público asistente a los diferentes juegos. La introducción ha mejorado desde el punto de vista de la estructura oracional, aunque todavía incluye expresiones innecesarias, como “en ocasiones”, y falta un conector que cierre la enumeración. Además, se sigue hablando de “este evento” sin haberlo mencionado antes. La ubicación del evento, al pie de la tapa, ha mejorado. En la contratapa han mejorado el título y, sin duda, las recomendaciones, que ahora están reunidas y ordenadas, aunque no están cohesionadas, pues se pasa del infinitivo (uso correcto) a los verbos conjugados (“Te recomendamos...”, “No te distraigas”).



En las dos caras interiores también hay mejoras: han disminuido casi totalmente los errores de superficie y se ha jerarquizado la información. No obstante, el título de la primera cara no se centra en las causas del accidente y, de hecho, se mencionan más causas de sentido común que causas propias de la física. De nuevo se observan problemas en la puntuación de las primeras, así como problemas de cohesión: en la oración “llevar a cabo juegos en ellas” no se puede inferir a quién o a qué se hace referencia con “ellas”. Los mismos problemas de cohesión se observan en la segunda cara interna, que plantea algunas consecuencias de la caída. No hay aclaraciones en ninguna parte del folleto y solo se registra un ejemplo.


Con respecto a la física, el grupo mejoró el ejemplo propuesto en la versión anterior, pero olvidó describir el movimiento de la víctima al caer por las escaleras. En este nuevo ejemplo cambian los valores de la altura, del tiempo y de la velocidad final por unos más coherentes y acertados. Con ello, los estudiantes muestran dominar el proceso de cálculo de la velocidad final de un objeto que cae libremente desde una altura conocida. Con el ánimo de hacer más preventivo su folleto, el grupo incluye una información adicional sobre el tiempo de reacción de la víctima mientras cae; sin embargo, esta es imprecisa, pues no es claro lo que se quiere comunicar al lector. Como observación final, se le recuerda al grupo que no ha explicado cómo ocurre el accidente desde la perspectiva de la física, y que además es necesario mejorar la enunciación del tiempo de reacción mencionado en esta última versión del folleto.

En relación con los procesos de coevaluación y autoevaluación grupal e individual, este grupo realiza comentarios generales y no propone cómo mejorar los desaciertos hallados en el trabajo propio ni en el de sus evaluados. En la primera coevaluación grupal que realizaron, manifestaron por escrito, y en plenaria, que en el folleto había una explicación física muy confusa. También señalaron que faltaban las recomendaciones y los títulos de dos caras del folleto. En la segunda coevaluación grupal, este grupo volvió a identificar aciertos y desaciertos sin indicar cómo corregirlos.

En el ejercicio de autoevaluación grupal, sus integrantes manifiestan que no siempre entregaron a tiempo las tareas asignadas y que no todos leyeron las consignas, las orientaciones y la información adicional proporcionada por el docente, y que, por tanto, los avances no siempre fueron significativos.

Por otro lado, consideran que su trabajo siempre tuvo un carácter original, que todos los miembros participaron, que cada uno cumplió con lo acordado colectivamente y que las relaciones interpersonales fueron muy buenas. En suma, hacen un trabajo metacognitivo que concuerda con los logros y las dificultades observadas durante el proceso y reflejadas en el producto.

### Folleto del grupo 3, versión 3

<p><b>Una caída mortal</b></p> 	<p><b>Las consecuencias</b></p> <p>Suponiendo que el sujeto cae al vacío podemos definir algunas consecuencias</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. el cuerpo del objeto sin duda alguna quedaría destrozado tanto con fracturas , daños en los órganos inclusive ocasionaría la muerte, por que la velocidad con que cae el cuerpo es aproximadamente 0,43 segundos , esto nos muestra que es el tiempo suficiente para que el cuerpo quede inerte de inmediato</li></ol>
--	--

<b>causas</b>	<b>Advertencias</b>
<p><b>. Imaginemos que una persona se encuentra centrada en un sitio arriesgado como por ejemplo; en el borde de una ventana de un edificio cuyo altura es de 23 metros .</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>• Si por un descuido el sujeto perdiera su equilibrio certeramente caería al vacío</b></li> </ul> <p><b>¿quieres saber que pasaría si el sujeto llagara a caer al vacío</b></p>	<p><b>.se recomienda a los adultos tener mas responsabilidad, tanto como en su comportamiento, como el cuidado de sus hijos.</b></p> <p><b>.ser consiente de cada actividad que realicemos</b></p> <p><b>Algunos accidentes se pueden evitar .todo consta de la responsabilidad</b></p>

Figura 35. Tercera versión del folleto del grupo 3.

Fuente: Archivo personal.

En relación con la escritura, el folleto del grupo 3 presenta, en su tercera versión, un problema de formato: la tapa está ubicada en el lugar de la contratapa y, en el lugar de esta, hay una cara interior. Además, incluye una imagen poco acertada, pues la caída está caricaturizada. En todo el texto se observan numerosos errores de puntuación, ortografía, léxico y gramática; al parecer, los estudiantes creen que esos errores los corregirá el computador. Hay también problemas de coherencia por reiteración de ideas (la responsabilidad para evitar los accidentes, por ejemplo) y problemas pragmáticos, como la falta de identificación del evento y la oscilación del destinatario (tú, nosotros, los adultos).

Con respecto a la física, el grupo presenta una secuencia explicativa a través de un ejemplo práctico que se encuentra generalmente en libros de texto y en la red; el ejemplo es confuso porque está incompleto y no le dice nada al lector sobre la física del accidente. En la cara 2 se enuncia: “la velocidad de impacto es de 0,43 segundos”, como una manera de justificar las lesiones que la víctima sufriría si cayera; pero la afirmación es incorrecta y está incompleta. En primer lugar, porque menciona una unidad incorrecta de velocidad (s); incluso en el caso de que los estudiantes se hubieran equivocado y el valor fuese de 0,43 m/s, que equivale a 1,5 km/h, también habría un desacierto porque tal velocidad de impacto no representa ningún peligro para el sujeto (“objeto”, según los estudiantes). En segundo lugar, no explican por qué tal valor de velocidad provocaría las lesiones mencionadas.

En la tercera cara del folleto, titulada “Causas”, el grupo intenta exponer una situación análoga al accidente, pero nuevamente lo hace de manera incompleta y, por tanto, no aporta nada a su explicación física. Al intentar proponer una explicación física del accidente, esta resulta confusa, lo cual da cuenta de las dificultades del grupo para tomar información de una fuente y ajustarla a las propias necesidades; es decir, el grupo no sabe parafrasear y, en consecuencia, comete errores graves en la escritura de sus enunciados.

La devolución se enfoca, entonces, en solicitar la organización de la estructura de la explicación desde la física de este accidente. Para ello, se brinda a los estudiantes un inicio de explicación y una especie de


microestructura de esta; además, se los orienta sobre cómo calcular la velocidad de impacto de un cuerpo que cae libremente desde cierta altura. Se esperaba que, con estas orientaciones, el grupo avanzara al menos en la estructura de la explicación del accidente, pero no se observó tal logro.

### Folleto del grupo 3, versión 4

**CAÍDA MORTAL**

**CUIDADOS QUE DEBE TENER EN UN EVENTO DEPORTIVO**

- ❖ Evite sentarse en las barandas de seguridad.
- ❖ Tener cuidado al desplazarse por las tribunas.
- ❖ Evite roses y agresiones durante el evento, para no provocar un accidente.
- ❖ Tener cuidado con los menores de edad.



**En un evento deportivo son muy frecuentes los accidentes debido a las imprudencias que cometemos.**

**Caerse desde lo alto no es un accidente muy común.**

**¿Quieres saber qué pasaría si te caes desde la parte más alta del coliseo?**

xxvSemana Deportiva e Intercolegial  
San José del Guaviare  
Noviembre 21 al 25  
Organiza: Institución Educativa Manuela Beltrán

Figura 36a. Cuarta versión del folleto del grupo 3.  
Fuente: Archivo personal.

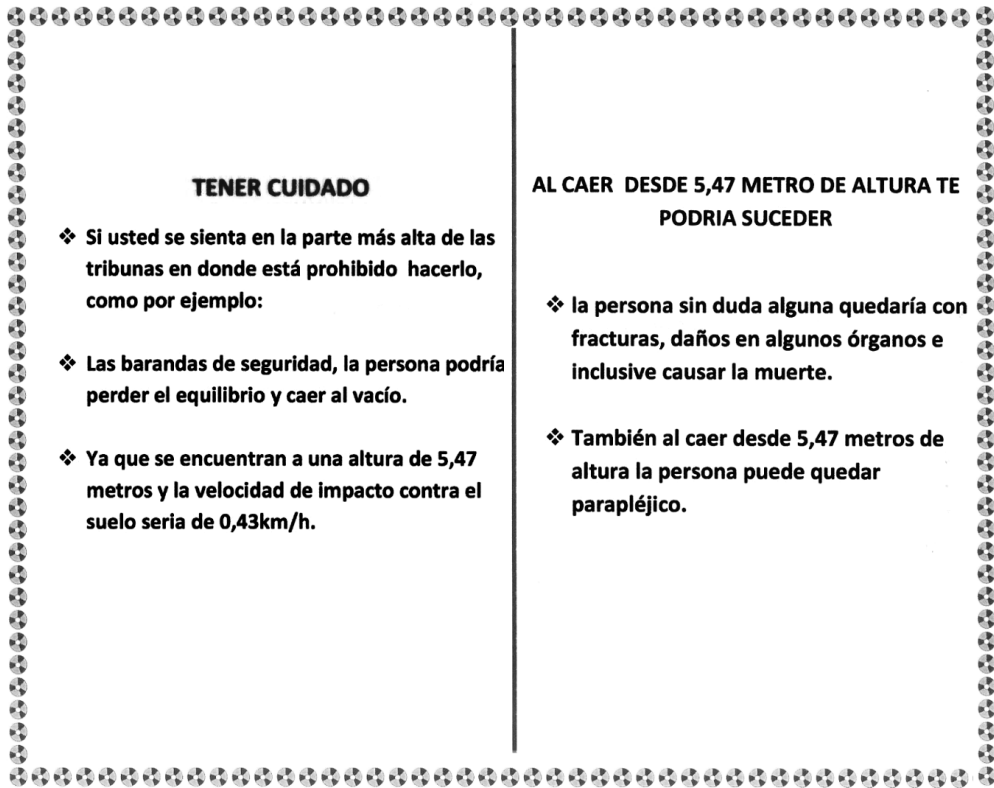


Figura 36b. Cuarta versión del folleto del grupo 3.  
Fuente: Archivo personal.

En la versión final, el grupo mejora un poco la autenticidad del texto, pues lo dicho está enmarcado en el contexto en el que podría ocurrir el accidente; en este sentido, la pertinencia del folleto implicó un avance en esta versión. Las caras del folleto se han organizado adecuadamente y se observa una disminución drástica de los errores de superficie. No obstante, la contratapa y una de las caras reiteran información sobre los cuidados que deben tenerse, lo que constituye un error de coherencia. También hay un error pragmático en la generalidad de algunas recomendaciones, en cuanto no se refieren explícitamente al propósito de evitar las caídas.

La explicación desde la física sigue siendo insuficiente porque no se mencionan ni cómo ni por qué los cuerpos caen; es decir, no se utiliza la

teoría acerca de la caída de los cuerpos como fundamento de sus explicaciones. A pesar de esto, se expone un ejemplo en el cual se mencionan dos variables físicas relacionadas directamente con el accidente: la altura y la velocidad de impacto, aunque nuevamente el valor de la velocidad es incorrecto para la altura mencionada. Esto indica que el grupo no logra realizar los procesos de cálculo para este movimiento y, lo que es más preocupante, que al parecer no se pregunta si lo calculado es coherente con las condiciones iniciales del accidente.

Al hacer la autoevaluación, el grupo reconoció que tiene dificultades en varios de los criterios de evaluación propuestos por los estudiantes al inicio del proceso. Señala que hubo dificultades en torno a los aportes que cada miembro hacía en las clases, pues las discusiones eran muy pocas y se aceptaban ideas que no se debatían; asimismo, manifiesta que el comportamiento en clase no fue el mejor, lo que no les permitía avanzar. Otra dificultad mencionada en la autoevaluación fueron los roces personales producto del incumplimiento de una tarea asignada a uno de los miembros, que terminaron por afectar la armonía del grupo; incluso, el docente tuvo que mediar en varias ocasiones para que los miembros establecieran acuerdos y compromisos para la continuación y la culminación del folleto.

En la coevaluación, como sucedió en la mayoría de los casos, los estudiantes señalaron los errores encontrados, pero aportaron muy poco o nada a mejorar las falencias identificadas a través de comentarios específicos sobre cómo corregir los textos. En las dos coevaluaciones, el grupo escribió juicios de valor que son una especie de parafraseo del contenido de la matriz de valoración del folleto; por ejemplo: “la imagen no concuerda con el título”, “en la cara 2 tienen errores de ortografía” o “la cara 2 no habla de ejemplos de cómo ocurre un pelotazo”. Estos enunciados dan cuenta de la apropiación del rol de evaluadores, pero sin proponer cómo mejorar las dificultades señaladas.

### **Logros y dificultades de la fase 3**

Esta fase del proyecto se planteó como la que más se aprovecharía para poner en juego las competencias propias de la física. La consigna de esta fase consistió en asignar a cada grupo un problema propio de la física

relacionado con diferentes deportes. La tarea de resolver un problema permitió que los estudiantes asumieran el rol de científicos del deporte. Luego de observar, medir, calcular y analizar una simulación real de la jugada descrita, debían escribir un informe dirigido a expertos o al público general; en la consigna de cada grupo se especificaba el destinatario del texto y se daban recomendaciones semánticas y pragmáticas para adaptarse a este. Expondremos aquí tres de los seis problemas asignados a los grupos; a continuación, a modo de ejemplo, se encuentra el problema 1, asignado al grupo 3.

**Problema 1, asignado al grupo 3:**

En el partido de fútbol inaugural entre los estudiantes de la Institución Educativa Manuela Beltrán y los de la Institución Educativa Concentración de Desarrollo Rural, el centro delantero de la Manuela hizo un gol exactamente desde la mitad de la cancha. Tal anotación fue considerada como el mejor gol de todo el campeonato. El científico especialista en fútbol no pudo tomar registro de la anotación que causó la ovación del público. Por tal razón, les ha pedido a los coordinadores que realicen una simulación del gol, es decir, deberán ir a la cancha y realizar disparos al arco de la manera más parecida posible a la real. Para ello, deberán convertir la cancha en un laboratorio de física, tomar las medidas necesarias y hacer los respectivos análisis. Como referencia, deben tener en cuenta que, en el momento del gol, el arquero oponente se encontraba aproximadamente 4 metros por delante del punto penal, que el balón pasó justo rozando el travesaño, que el jugador que hizo el gol recibió un pase de un compañero y que el goleador tiene 16 años.

La fase 3 se desarrolló durante los meses de octubre y noviembre. Dado que estos meses se corresponden con el cierre del año escolar, no fue posible realizar todas las sesiones planeadas. Por tanto, los estudiantes solo alcanzaron a escribir dos versiones del informe. Al igual que en la fase 2 y por el carácter procesual de la escritura, la producción del informe no se realizó en su totalidad en la primera sesión de clases, sino que se inició con la escritura de la introducción. El objetivo fue que los grupos perfilaran



la totalidad del texto a partir de la anticipación de lo que contendrían el desarrollo y la conclusión.

Como parte del análisis, cabe mencionar un elemento importante para el proceso de cualificación de la escritura que se utilizó en el proyecto: las devoluciones. Como hemos mencionado en la descripción de las fases anteriores, de cada una de las versiones producidas se entregaron a los estudiantes devoluciones escritas con orientaciones para mejorar la escritura y los análisis desde la física, de tal forma que se autoevaluaran y avanzaran de forma significativa en las posteriores versiones. A manera de ejemplo, transcribimos a continuación dos devoluciones realizadas durante la fase 3 del proyecto, correspondientes a los grupos de nivel alto y de nivel bajo, respectivamente. Los comentarios se encuentran entre corchetes en cursiva.

## **Devolución de la primera versión de la introducción del grupo 1**

### **INFORME DE SIMULACION**

#### **BASADO EN UNA GRAN JUGADA**

La semana deportiva intercolegial en San José del Guaviare se ha prestado para analizar físicamente [*“Físicamente” puede comprenderse de un modo no deseado. ¿Qué opinan de la expresión “desde el punto de vista de la física”?*] algunas jugadas interesantes que se presentan en los diferentes juegos.

En nuestro caso, el baloncesto, una jugada fuera de lo común ha provocado el interés de análisis por parte de un físico [*¿El destinatario es un físico? Revisen la consigna*] quien trata de explicarse; [*¿Por qué colocaron este punto y coma?*] qué factores pudieron actuar en esta.

La jugada increíble de 2 puntos se presentó cuando se desarrollaba el partido “colegio Santander Vs Celestino Mutis”. Un jugador del Santander, acercándose a la zona de anotación del equipo contrario, tira el balón contra el suelo (con una sola mano) de tal forma que rebotó hacia arriba e hizo cesta, causando ovación en el público y en el científico especializado en baloncesto, quien ha pedido el informe que presentamos, basado en una simulación en donde se reproduce la hazaña que impactó tanto.

#### OBJETIVO:

Analizar físicamente las variables implícitas al momento de realizarse la jugada en el partido entre el colegio Santander y Celestino Mutis, para así poder explicar científicamente el cómo se produjo tan interesante cesta.

*[El informe tendrá partes, según la consigna. Anticipen en la introducción esas partes: qué dirán a continuación y qué dirán al final. Revisen la matriz de valoración del informe para autoevaluarse y mejorar el texto]*

### Devolución de la primera versión de la introducción del grupo 3

En San José del Guaviare se realizan eventos deportivos, tales como fútbol, microfútbol, baloncesto, voleibol, Etc. *[¿Los deportes son eventos deportivos?]* con el fin de participar e integrar corporaciones incentivadas a que los participantes de cada deporte puedan demostrar sus talentos físicos científicamente. *[Esta frase no se entiende: busquen “corporación” en el diccionario. Piensen si significa algo participar en una corporación incentivada a que los participantes... Piensen qué significa talentos físicos y si los debe demostrar una ciencia o los vemos por simple observación. Piensen finalmente qué deben demostrar. Para ser claro, es preferible usar palabras y construcciones sintácticas sencillas.]* se anexarán una jugada *[Una jugada no puede anexarse. Busquen “anexar” en el diccionario. Es como si dijeran que van a adjuntar una jugada en vez de un video. ¿Me comprenden?]* como se presentó en un partido inaugural de microfútbol, entre estudiantes del Colegio Manuela Beltrán y CDR, En este partido se presentó una falta a favor de la Manuela Beltrán, la centro-delantera ejecutó el Cobro, el jugador que logró la falta hizo una jugada maestra, en vez de patear el balón fuertemente como casi siempre se hace, levantó el balón y dirigido al arco; la portera del equipo contrario no hizo nada para detenerlo, después de ese gol se considero el mejor gol del campeonato. *[Revisen todo lo que está destacado, pues tiene errores de uso de mayúscula, tildes, preposiciones y palabras que sobran, puntuación, tipeo...]* Por este motivo *[¿Qué motivo? Deben hacer referencia al objetivo]*. Nuestro objetivo, como organizadores de este evento es lograremos analizar y explicar la jugada que se presente en un campeonato *[¿Cualquier jugada que se presente en cualquier campeonato o la jugada que acaban de describir?]* con respuestas concretas y Justas. *[El informe tendrá partes, según la consigna. Anticipen en la*

*introducción esas partes: qué dirán a continuación y qué dirán al final. Revisen la matriz de valoración del informe para autoevaluarse y mejorar el texto.]*

Las orientaciones aparecen resaltadas e intercaladas, y casi siempre se hacen preguntas para que los grupos cuestionen su propia producción. Además, se dan pistas para que busquen los modos de mejorarla. A continuación describimos los logros alcanzados y las dificultades no superadas en esta última fase —que, recordemos, no se pudo completar— por un grupo de nivel alto, otro de nivel medio y otro de nivel bajo, respectivamente.

El siguiente grupo es el de nivel alto, según los criterios establecidos en la matriz de valoración. Tras la transcripción de la primera versión de su informe, se describen sus logros y dificultades en física y en escritura a lo largo del proceso y, también, lo ocurrido durante las coevaluaciones y la autoevaluación.

## **Informe del grupo 1, versión 1**

### **INFORME DE SIMULACION BASADO EN UNA GRAN JUGADA PRESENTADA EN UN JUEGO DE BALONCESTO.**

La semana deportiva intercolegial en San José del Guaviare se ha prestado para analizar desde el punto de vista de la física, algunas jugadas interesantes que se presentan en los diferentes juegos.

En nuestro caso, el baloncesto, una jugada fuera de lo común ha provocado el interés de análisis por parte de un científico especializado en este deporte quien trata de explicarse qué factores pudieron actuar en esta.

La jugada increíble de 2 puntos se presentó cuando se desarrollaba el partido “colegio Santander Vs Celestino Mutis” Un jugador del Santander acercándose a la zona de anotación del equipo contrario tiró el balón contra el suelo (con una sola mano) de tal forma que rebotó hacia arriba e hizo cesta, causando ovación en el público y en un científico especializado en baloncesto, quien ha pedido el informe que presentamos; basado en una simulación en donde se reproduce la hazaña que impactó tanto.

Por lo tanto, nuestro objetivo es analizar físicamente las variables implícitas al momento de realizarse la jugada en el partido entre el colegio Santander

y Celestino Mutis, para así poder explicar científicamente el cómo se produjo tan interesante cesta.

En el presente informe se hallará la descripción detallada del desarrollo de la simulación pedida, tanto los materiales utilizados al momento de realizarla como medidas y cálculos que darán constancia de que la simulación se realizó con mucho cuidado, tratando de reproducir exactamente la jugada en análisis, utilizando variables físicas como la conservación de la energía; que puede ser cinética, mecánica o potencial la cual nos ayudará a alcanzar nuestro objetivo, además contendrá conclusiones basadas, obviamente, en los cálculos anteriormente dichos.

**Desarrollo:** dado que el científico especializado en el baloncesto nos ha pedido que reproduzcamos la acción que le provocó tanta impresión, ya que nunca había visto una cesta de este tipo, presentamos este informe con medidas casi exactas para ayudar al análisis y comprensión de esta.

Para ello hemos utilizado materiales de trabajo como:

Metro, cronómetro, balón reglamentario de baloncesto, una vara de madera de 4.14 metros que nos ayudó a calcularla altura máxima del balón, una escalera, elementos para la redacción de los datos; como cuaderno, lápiz, marcador, entre otros.

Para la realización de la simulación de la gran jugada nos dirigimos a la cancha de baloncesto con todas las herramientas de trabajo, inicialmente tomamos la medida de la altura del aro a la base de la cancha, luego elegimos un punto cualquiera desde el cual el tirador realizará su hazaña; tomando la distancia entre éste y la base de la cancha. Se eligió la persona con más habilidad al encestar, solo una ya que no todas tienen la misma potencia al tirar, procedimos a realizar las posibles situaciones en que el jugador se vio obligado a efectuar esta jugada; una maniobra para deshacerse de un adversario que estaba obstruyéndole el paso provocándole confusión, o que al recibir un pase de otro jugador él se encontraba en una posición privilegiada y no dudó en hacer que su jugada trascendiera arriesgándose a perder esa gran oportunidad de anotación pero que al final logró sus dos objetivos; anotar y provocar admiración de su jugada, decidiéndonos por la segunda opción, la ejecutamos varias veces tomando los tiempos correspondiente a cada una, pero como en todos los intentos no daba el mismo tiempo tomamos un promedio de estos, igual pasó con las medidas de la altura máxima alcanzadas por el balón. Después del primer día de tomar datos tuvimos que rectificarlos en otro, ya que queríamos

que quedara lo más exacto posible y terminar de tomar las medidas que se nos pasó el día anterior.

Los datos obtenidos de la simulacion son los siguientes:

- Altura del aro a la base de la cancha: 3m
- Distancia desde el punto de impacto del balón con el suelo hasta la parte posterior de la cancha: 2.90m
- Tiempos: 0.89s, 0.90s, 0.92s, 0.93s, 0.95s.
- Tiempo promedio: 0,91seg.
- Altura inicial: 0 m (desde el suelo)
- Alturas máximas en 10 pruebas: 3.34m, 3.53m, 3.47m, 3.06m, 3.41m, 3.25m, 3.50m, 3.14m, 3.20m, 3.44m.
- Altura máxima promedio: 3,33m.

Hemos hallado que la conservación de la energía es muy importante en este caso, ya que la energía que adquiere el balón nunca se pierde sino que se transforma, esta transformación se produce de la suma de la energía cinética más la potencial produciendo energía mecánica, por lo cual presentamos las siguientes ecuaciones utilizando los datos anteriores para hallar las velocidades vertical y horizontal.

**Velocidad vertical inicial:** pertenece a la energía potencial en la cual se desea hallarla velocidad a cierta altura en la cual el balón empieza a ascender cuando es lanzado al suelo para que rebote.

$$V_y = \sqrt{2g(h_{\max} - h_i)}$$
$$V_i = \sqrt{2(10\text{m/s})(3,33\text{m} - 0\text{m})}$$
$$V_i = \sqrt{66,6}$$
$$V_i = 8,16\text{m/s}$$

**Velocidad horizontal inicial:** cuando nos referimos a velocidad horizontal la relacionamos con la fuerza con que va el balón y por ende con la distancia que recorre el mismo, a esta se le llama energía cinética

$$V_{xi} = \frac{\text{distancia horizontal recorrida}}{\text{tiempo}}$$

$$V_i = \frac{2,90\text{m}}{0,91\text{s}}$$

$$V_i = 3,1\text{m/s}$$

Ahora que ya obtuvimos las velocidades horizontal y vertical, sólo resta hallar la velocidad total del balón.

**Velocidad total:** esta es la energía mecánica que adquiere el cuerpo en donde se puede observar que se mide en m/s.

$$V_{iT} = \sqrt{V_{xi}^2 + V_{vi}^2}$$

$$V_{iT} = \sqrt{(3,1\text{m/s})^2 + (8,1\text{m/s})^2}$$

$$V_{iT} = 8,6\text{m/s}$$

Después de haber hallado las velocidades se pudo observar que la suma entre la energía potencial (relacionada con la altura) y la cinética (con la fuerza) da como resultado la energía mecánica (relacionado con el movimiento), la cual es el movimiento que tiene el balón en total, con una velocidad de 8.6m/s con lo que podemos concluir en que el balón, como muchos otros cuerpos, en el momento de realizarse la jugada fue víctima de la transformación de varias energías, las cuales le permitieron que llegara a su destino con la ayuda también de la energía que recibió de su lanzador.

Las variables físicas que actuaron en la asombrosa jugada fueron la de la conservación de la energía, dando así como logrado el objetivo propuesto por el equipo de trabajo.

En relación con la física, el grupo sorprende porque muestra avances significativos, que corroboran el uso adecuado de la consigna y la matriz de valoración de esta fase del proyecto. El informe describe varios elementos: primero, la organización de los datos registrados a partir de la simulación realizada; segundo, la inserción de los conceptos de energía cinética y potencial como apoyo teórico para el desarrollo descrito; tercero, el uso de las ecuaciones matemáticas con el fin de realizar los cálculos necesarios para explicar la jugada, y, cuarto, la breve conclusión planteada al final del texto.

La organización de los datos recolectados en la simulación contiene las variables adecuadas para resolver el problema; sin embargo, la ausencia de valores de tiempo le resta confiabilidad a los cálculos siguientes. Además, los datos deben presentarse de manera más organizada, a través de una tabla. En cuanto a la ley de conservación de la energía mecánica, consideramos loable que el grupo la haya incluido como soporte de sus explicaciones, aunque la forma como es expuesta y relacionada con algunas variables no es la más adecuada. Por ejemplo, al enunciar por primera vez la conservación de la energía, dicen qué tipo de energía adquiere el balón como consecuencia de ponerlo en movimiento, pero lo ideal hubiera sido que describieran cómo el balón adquiere energía cinética, que se va transformando a medida que recorre la trayectoria mencionada en el problema.

Después de esto, se debería plantear la ecuación de la ley de conservación y realizar el proceso algebraico que permite deducir la fórmula para la componente vertical de la velocidad inicial. Otro error de aplicación de los conceptos físicos son las aclaraciones (que más bien se insertan a modo de definiciones) en torno a las velocidades vertical, horizontal y total del balón; todas son semánticamente confusas. Enunciados como: “la velocidad vertical pertenece a la energía potencial”, “la velocidad horizontal la relacionamos con la fuerza con que va el balón” y “la velocidad total es la energía mecánica que adquiere el cuerpo” expresan conexiones erróneas entre los conceptos mencionados.

Un tercer error, de menos relevancia que el anterior, se observa en la escritura de las ecuaciones. Las ecuaciones están compuestas por variables y constantes físicas que deben ser identificadas antes de hacer cálculos; es decir, en el texto se debe escribir, además de las ecuaciones, el nombre de las variables que la componen. El grupo omite la unidad de medida de la

velocidad en el tercer paso del procedimiento matemático realizado para calcular la velocidad vertical del balón.

Finalmente, el grupo expone una conclusión muy reducida de lo ocurrido en la jugada y plantea, de nuevo, relaciones inadecuadas entre variables como velocidad, energía cinética, energía potencial y energía mecánica; por ejemplo, el texto dice que la energía cinética se relaciona con la fuerza, lo cual es incorrecto. A pesar de las dificultades encontradas, es una fortaleza el hecho de que los estudiantes identifiquen con certeza dónde y cómo se debe integrar la física en el informe. Esto indica que el grupo es consciente del contexto comunicativo en el que se inscribe su texto.

Como mostramos antes, la devolución consistió en insertar anotaciones que les permitieran a los estudiantes corregir los errores identificados por el docente. Adicionalmente, en este punto del proceso de escritura, se consideró pertinente ofrecer un esquema más detallado de las partes del informe con el objetivo de que pudieran afinar las cuestiones de forma. El esquema entregado a este grupo fue el siguiente:

### **Estructura de informe para baloncesto 2 y microfútbol:**

#### **Página 1: Tapa**

- Título del informe, centrado
- Informe presentado a (indicar destinatario)
- Identificación del evento
- Autores

Esta página debe llevar como imagen de fondo, en marca de agua, un logotipo del evento (el que hicieron Marcia y su grupo para la carta es un buen ejemplo).

#### **Página 2: Introducción**

Organicen párrafos coherentes y bien relacionados entre sí. Pueden apoyarse en lo siguiente:

- Mención del evento, como si ya hubiera ocurrido
- Descripción del problema que deben resolver
- En este informe se pretende... (¿Cuál es el objetivo?)
- Esto se realiza para... (¿Con qué fin se hace el informe?)



- En primer lugar... (¿Qué dirán en primer lugar?)
- En segundo lugar... (¿Qué presentarán a continuación?)
- En tercer lugar... (¿Qué presentarán a continuación?)
- Finalmente... (¿Qué dirán para finalizar el informe?)

### Página 3: Desarrollo

Como se ha anticipado, el objetivo de este informe es ofrecer a (recordar destinatario) un análisis para (recordar objetivo). Para esto, se realizaron simulaciones de la jugada de acuerdo con los siguientes parámetros:

- 1)...
- 2)...
- 3)...

Con el fin de realizar las simulaciones, se utilizaron los siguientes materiales: ...

Los datos obtenidos en las simulaciones se muestran en el siguiente cuadro:

(Incluir el cuadro, con su título)

Para soportar las explicaciones dadas en el presente análisis nos apoyaremos en la ley de la conservación de la energía mecánica, que en este caso puede ser aplicada así: ...

Explicar cómo se transforma la energía durante el movimiento del balón; pueden tomar como ejemplo el siguiente:



(Fuente: Serway (1997, p. 211.)

Analice las transformaciones de energía durante el salto con garrocha ilustrado en la fotografía de destellos múltiples. Ignore el movimiento rotacional.

**Razonamiento** Cuando un atleta corre, la mayor parte de la energía química de su cuerpo se convierte en energía térmica, y también en energía cinética. La energía cinética del atleta un momento antes de ascender se convierte en energía potencial elástica almacenada en la parte inferior de la garrocha flexionada, luego en energía potencial gravitacional en el cuerpo elevado del garrochista, y después en energía cinética conforme él cae. Cuando el atleta cae sobre la colchoneta, esta energía se convierte en energía térmica adicional, principalmente en la colchoneta.

Por razones prácticas, prescindiremos de los efectos del rozamiento con el aire; por tanto, consideraremos el movimiento horizontal del balón como...

A partir de los datos obtenidos, podemos calcular “tales” y “tales” variables a partir de las siguientes ecuaciones:

(Ubicar las ecuaciones)

donde  $t$  significa tiempo,  $v$  significa velocidad,  $h$  significa altura... (ubicar todos los significados).

Los resultados indican que... Esto se debe a que...

Última página: Conclusiones

De acuerdo con las simulaciones y el análisis realizado, se puede concluir que:

...

Para que se produjera la jugada descrita bajo las condiciones (recordar condiciones), fue necesario que (recordar los resultados correspondientes).

En caso de que..., la jugada probablemente no hubiera sido exitosa porque...

Otra(s) forma(s) posibles en que podría haber ocurrido la jugada es (son)...

Esto se debe a que...

Además de brindarles este esquema para que estructuraran la tapa, la introducción y demás partes del informe, se les hizo ver que el título era erróneo, pues el informe no *se basa* en una gran jugada, sino que es *sobre* una gran jugada y, además, no es un informe de simulación, sino de física. Con respecto al enunciado: “En nuestro caso, el baloncesto, una jugada fuera de lo común ha provocado el interés de análisis por parte de un científico especializado en este deporte quien trata de explicarse qué factores pudieron actuar en esta”, se les preguntó si el científico explicaría o lo harían ellos, y si los factores eran de cualquier tipo o propios de la física.

Asimismo, se señaló que en el tercer párrafo presentaban al científico como si no lo hubieran mencionado antes; que la frase “partido ‘colegio Santander Vs Celestino Mutis’” no era propia de un informe de física y que repetían innecesariamente este dato; que ubicaban en un párrafo aparte la enumeración de materiales; que las aclaraciones eran importantes, pero que debían reorganizar tres tipos de información: primero, las mediciones de base; segundo, la escogencia del lanzador, y, tercero, la posible jugada. Esta, a su vez, debía subdividirse en las dos planteadas: deshacerse del adversario y encontrarse en una posición privilegiada. Se les sugirió usar viñetas

o números para jerarquizar la información y puntos para mostrar el fin de cada paso. Finalmente, se destacaron los errores de superficie. A continuación mostramos la segunda versión del informe del grupo 1.

## **Informe del grupo 1, versión 2**

### **INFORME DE FISICA SOBRE UNA GRAN JUGADA PRESENTADA EN UN JUEGO DE BALONCESTO. JUGADA INCREIBLE**

#### **Presentado a:**

Científico especializado en Baloncesto.

#### **Autores:**

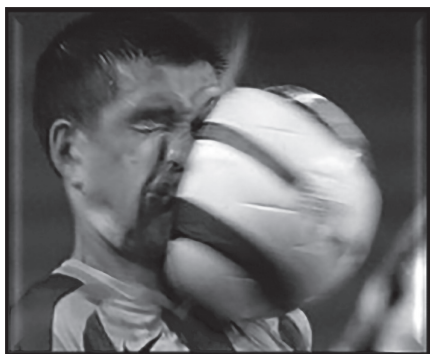
Grupo encargado de logística del deporte.

Marcia Carolina Sanchez Oyuela

Cristian Ferney Parra Monrroy

Miguel Bohorquez

Juan David Figueroa



XXV Semana Deportiva Intercolegial

San José del Guaviare

Del 1 al 5 de noviembre, 2011

Organiza: Institución Educativa Manuela Beltrán

## **JUGADA INCREÍBLE**

La semana deportiva intercolegial en San José del Guaviare se prestó para analizar desde el punto de vista de la física, algunas jugadas interesantes que se presentaron en los diferentes juegos.

En nuestro caso, el baloncesto, una jugada fuera de lo común provocó el interés de análisis por parte de un científico especializado en este deporte a quien tratamos de explicar qué factores físicos pudieron actuar en esta, ya que nunca había visto algo igual.

La jugada increíble, de 2 puntos, se presentó cuando se desarrollaba el partido entre las instituciones educativas Santander y José Celestino Mutis. Un jugador del Santander, acercándose a la zona de anotación del equipo contrario, tiró el balón contra el suelo (con una sola mano) de tal forma que rebotó hacia arriba e hizo cesta, causando ovación en el público y en el científico ya mencionado, quien ha pedido el informe que presentamos, en una simulación en donde se reproduce la hazaña que impactó tanto.

Por lo tanto, nuestro objetivo es analizar físicamente las variables implícitas al momento de realizarse la jugada, para explicar científicamente como se produjo, por medio de una simulación reproduciendo la misma.

En la primera parte de este informe se hallarán los materiales utilizados para medir y calcular los aspectos necesarios para reproducir exactamente la jugada.

En segundo lugar, se encontrará una descripción detallada del desarrollo de la simulación realizada, la cual dará constancia de que la simulación se realizó con mucho cuidado para alcanzar nuestro objetivo.

En tercer lugar se hallarán cálculos aplicando las fórmulas de la conservación de la energía; la cuál puede ser cinética, mecánica o potencial y teniendo en cuenta las medidas tomadas anteriormente poder llegar a unas conclusiones que satisfagan el interés del científico.

Además el informe contendrá conclusiones basadas, obviamente, en los cálculos anteriormente dichos.

**DESARROLLO:** según el objetivo anteriormente expuesto, el cuál es analizar físicamente las variables que actuaron en la jugada increíble para proporcionar un informe detallado sobre dicha jugada a un científico especializado, es por ello que presentamos este informe con medidas casi exactas para ayudar al análisis y comprensión de la misma.

Para ello hemos utilizado materiales de trabajo como: Metro, cronómetro, balón reglamentario de baloncesto, una vara de madera de 4.14m que nos ayudó a medir la altura máxima del balón, una escalera, elementos para la recolección de los datos; como cuaderno, lápiz, marcador, entre otros.

Para la realización de la simulación de la gran jugada nos dirigimos a la cancha de baloncesto con todos las herramientas de trabajo, inicialmente tomamos la medida de la altura del aro, luego elegimos un punto cualquiera desde el cual el tirador realizara su jugada; tomando al mismo tiempo la distancia entre este y el punto directamente ubicado debajo del aro.

Se eligió la persona con más habilidad al encestar, solo una ya que no todas tienen la misma potencia al tirar.

Procedimos a realizar las posibles situaciones en que el jugador se vio obligado a efectuar esta jugada:

Una maniobra para deshacerse de un adversario que estaba obstruyéndole el paso provocándole confusión.

O que al recibir un pase de otro jugador él se encontraba en una posición privilegiada y no dudó en hacer que su jugada trascendiera arriesgándose a perder esa gran oportunidad de anotación pero que al final logró sus dos objetivos; anotar y provocar admiración de su jugada, decidiéndonos por la segunda opción. la ejecutamos varias veces tomando los tiempos correspondiente a cada una, pero como en todos los intentos no daba el mismo tiempo tomamos un promedio de estos, igual pasó con las medidas de la altura máxima alcanzadas por el balón. Después del primer día de tomar datos tuvimos que rectificarlos en otro día de pruebas, ya que queríamos que las medidas quedaran lo más exactas posible y terminar de tomar algunas que se nos pasaron el día anterior.

Los datos obtenidos de la simulación son los siguientes:

h (aro)	3 m
d	2,90 m
T	0,89 s; 0,90 s; 0,92 s; 0,93 s; 0,95 s; 0,91 s; 0,94 s; 0,86 s; 0,90 s; 0,92 s
T (Promedio)	0,91 s
hi	0 m desde el suelo.
Hmax	3,34 m; 3,53 m; 3,47 m; 3,06 m; 3,41 m; 3,25 m; 3,50 m; 3,14 m; 3,20 m; 3,44 m
Hmax (Promedio)	3,33 m

Para realizar los cálculos nos apoyamos en la conservación de la energía, ya que la energía que adquiere el balón nunca se pierde sino que se transforma. Esta transformación se produce de la suma de la energía cinética más la potencial. Como consecuencia de la fuerza gravitacional que actúa en el balón se llega a producir la energía mecánica, por lo cual presentamos las siguientes ecuaciones utilizando los datos anteriores para hallar las velocidades vertical y horizontal.

**Velocidad vertical inicial:**

$$V_y = \sqrt{2g(h_{\max} - h_i)}$$

Aquí utilizamos la aceleración de la gravedad junto con la altura máxima y la inicial.

$$V_i = \sqrt{2(10\text{m/s})(3,33\text{m} - 0\text{m})}$$
$$V_i = 8,16\text{m/s}$$

**Velocidad horizontal inicial:**

$$V_i = \frac{2,90\text{m}}{0,91\text{s}}$$
$$V_i = 3,1\text{m/s}$$

La fórmula anterior es necesaria para hallar esta velocidad en ella utilizamos la medida de la distancia desde donde se lanzó hasta la canasta.

Ahora que ya obtuvimos las velocidades horizontal y vertical, sólo resta hallar la velocidad inicial total del balón.

**Velocidad total:** esta es la energía mecánica que adquiere el cuerpo cuando se produce el movimiento, la cual se mide en m/s.

$$V_{it} = \sqrt{V_{xi}^2 + V_{vi}^2}$$
$$V_{it} = \sqrt{(3,1\text{m/s})^2 + (8,1\text{m/s})^2}$$
$$V_{it} = 8,6\text{m/s}$$

Después de haber hallado las velocidades, se pudo observar que la suma entre la energía potencial (relacionada con la altura) y la cinética (con la fuerza) dá como resultado la energía mecánica (relacionado con el movimiento), la cual es el movimiento que tiene el balón en total, con una velocidad de 8.6m/s con lo que podemos concluir en que el balón, como muchos otros cuerpos, en el momento de realizarse la jugada fue víctima de la transformación de varias energías, las cuales le permitieron que llegara a su destino.

El concepto físico que actuó en la asombrosa jugada fue la conservación de la energía, dando así como logrado el objetivo propuesto por el equipo de trabajo.

**Conclusiones:** Dado a que en la simulación realizada obtuvimos datos como el valor de las velocidades horizontal y vertical, se puede concluir que:

- Para que se produjera la jugada anteriormente descrita, en donde el jugador que la realizó con una sola mano, lanzando el balón hacia el suelo y este se encestó fue necesario que el balón recibiera y adaptara energías como la potencial y la cinética para que el movimiento se efectuara de tal forma dando como resultado una velocidad inicial de 8,6 m/s.
- En caso de que el balón hubiese rozado con la mano de cualquier otro jugador habría alterado la potencia con la fuera este y la jugada probablemente no hubiera sido exitosa.

En esta versión, el grupo mejora la estructura, la coherencia y la adecuación del texto al destinatario. Primero, en cuanto a la estructura, el texto incluye todas las partes sugeridas en la devolución de la versión anterior y cada parte está correctamente organizada. Segundo, hay mejoras en la coherencia porque los subtemas se desarrollan con progresión y hay una adecuada distribución de la información; también hay consonancia con las orientaciones dadas, aunque se observan algunos problemas en el título (por ejemplo, “Jugada increíble” en vez de “Introducción”). Finalmente, hay una mejor adecuación del texto en cuanto se posicionan como quienes deben dar explicaciones al científico y logran un registro escrito formal y con tecnolecto.

Sin embargo, aún aparecen errores de superficie que permiten inferir que el grupo no utiliza con eficacia las herramientas de corrección del procesador de texto y no realiza un proceso de depuración del escrito atendiendo a cuestiones como la cohesión, el uso de tiempos y modos verbales y los signos de puntuación. Asimismo, se observan algunas expresiones propias

de la divulgación científica que no deberían utilizarse en un informe dirigido a un científico. Por ejemplo, se asume un concepto como un sujeto activo (“El concepto físico que *actuó* en la asombrosa jugada”) o se aplican características humanas a los objetos (“el balón fue *víctima*”).

En la siguiente secuencia explicativa, aunque se insertaron frases propias de la divulgación científica, se encuentran incoherencias semánticas —errores conceptuales de física—. Veamos:

Después de haber hallado las velocidades, se pudo observar que la suma entre la *energía potencial* (relacionada con la altura) y la *cinética* (con la fuerza) dá como resultado la *energía mecánica* (relacionado con el movimiento), *la cual es el movimiento que tiene el balón en total*, con una velocidad de 8.6m/s con lo que podemos concluir en que el balón, como muchos otros cuerpos, en el momento de realizarse la jugada fue víctima de la transformación de *varias energías* [...]. (cursiva mía)

En cuanto a la física, el grupo realizó cambios notorios en la descripción de la simulación, la organización de los datos registrados durante las pruebas, la inserción de los conceptos físicos, las explicaciones presentadas a partir de ellos y las conclusiones propuestas. En la descripción de la simulación se muestra más claramente cómo se procedió durante las pruebas experimentales y cuáles fueron los materiales utilizados en ellas. En esta versión se entienden mejor las dos secuencias descriptivas propuestas como posibles formas de ocurrencia de la jugada, aunque ambas necesitan ser reestructuradas sintácticamente. Con el ánimo de ser claros en la devolución, se hicieron preguntas y sugerencias a los estudiantes. Por ejemplo, en relación con el enunciado: “Una maniobra para deshacerse de un adversario que estaba obstruyéndole el paso provocándole confusión”, se preguntó quién provoca confusión a quién y si “deshacerse” de un jugador es lo mismo que “desmarcarse” de él.

En lo que respecta a la organización de los datos, el grupo presentó un cuadro con medidas correctamente simbolizadas y con las unidades correspondientes, pero no lo tituló ni dijo al pie de tabla qué representaba cada una de las variables. Debido a esto, se les sugirió cambiar la organización de los datos de la siguiente manera:



Lanzamiento	t (seg)	hmax(mts)
1	0,89	3,34
2	..	..
3	..	..
etc	etc	Etc
	t <sub>prom</sub> = ...	h <sub>prom</sub> =

**Tabla 1.** Tiempo y altura para cada lanzamiento  
**Nota:** t es el tiempo que dura el balón en alcanzar la altura máxima; h<sub>max</sub> es...  
t<sub>prom</sub> es... etc.

Al incluir los conceptos físicos necesarios para apoyar la explicación del problema, el grupo realizó cambios en la versión anterior; por ejemplo, incluyó términos técnicos como *velocidad vertical* y *horizontal*. Sin embargo, los cambios no son sustanciales porque siguen enunciando conexiones erradas entre las formas de energía mecánica y la manera en que esta se transforma a medida que el balón describe la trayectoria. En respuesta a esta dificultad, se les ofreció una microestructura para mejorar la construcción del texto en su próxima versión, la cual desafortunadamente no se alcanzó a desarrollar por el término del ciclo lectivo. El grupo corrigió los errores de simbolización y la ausencia de unidades de medida en las ecuaciones, y mencionó el nombre de las variables, aunque no de la forma indicada en la devolución. Un aspecto fundamental que el grupo pasó por alto fue la inclusión del procedimiento matemático para deducir la ecuación de la componente vertical de la velocidad. Aunque tal ausencia no le resta coherencia al texto, sin duda le habría dado mayor solidez y formalidad a la explicación teórica del problema.

A partir de los datos obtenidos, el grupo expuso correctamente la relación entre energía mecánica, cinética y potencial; pero planteó que la cinética depende de la fuerza, lo cual es impreciso porque las fuerzas que actúan sobre el balón no son las mismas antes del lanzamiento que cuando se hace el lanzamiento. Lo correcto hubiera sido relacionar la energía cinética con la velocidad del balón.

Finalmente, las conclusiones presentadas en esta versión del informe permiten afirmar que el grupo hace una reiteración; un punto a su favor,

dado que las secuencias explicativas terminan de esta forma. Sin embargo, en el primer párrafo de las conclusiones, además de que se cometen errores gramaticales y de coherencia, desaprovechan lo planteado en el desarrollo de la solución, pues, por ejemplo, hubiese sido importante que mencionaran algunas distancias horizontales desde donde podría haberse logrado la jugada. En cuanto a la imposibilidad de la jugada, lo dicho sobre un posible roce del balón con la mano de otro jugador es una opción de sentido común. Desde un punto de vista conceptual, es mucho más fructífero decir y justificar con qué valor de velocidad no es posible realizar la jugada, argumento que requiere de un estudio más detallado y de un alto nivel de comprensión de la física.

Respecto a las coevaluaciones hechas por este grupo a otros, resultaron significativas en todos los casos, dado que se tomaron en serio su papel y procuraron identificar no solo falencias superficiales, sino también falencias profundas en su forma y su contenido. En esta fase se realizaron dos coevaluaciones; en ambas, cada grupo evaluó el trabajo de aquel al que le correspondía el mismo problema. En la primera coevaluación, este grupo, al igual que el docente, resaltó las partes del texto evaluado que consideraba confusas y agregó preguntas o comentarios al margen para que, posteriormente, los evaluados tomaran decisiones.

Al final del texto, el grupo escribió una valoración del trabajo a la luz de los criterios de la matriz, junto a un mensaje de ánimo para el grupo evaluado. En la segunda coevaluación, el grupo hizo tres recomendaciones a los evaluados: la primera sobre la estructura del informe, la segunda de gramática (corrección de tiempos verbales y palabras mal escritas) y la tercera sobre cómo mejorar aspectos semánticos del texto, como una incoherencia matemática entre las conclusiones y el desarrollo.

En la autoevaluación, los miembros del grupo 1 reconocieron que sus mayores dificultades son de disciplina: dos de los cuatro integrantes se distraían mucho en las clases, lo que reducía el tiempo que podían dedicarle a la escritura. En contraste, señalaron que el grupo realizó una producción original y que todas las versiones de su texto fueron coherentes con la consigna, la matriz de valoración y las orientaciones del docente, aunque no siempre comprendieron los conceptos físicos abordados. El grupo reconoció cuáles de sus miembros fueron los más activos durante

el proceso de escritura, la construcción de argumentos y el trabajo experimental. Estas valoraciones son consistentes con el proceso del grupo y los productos presentados.

La producción del grupo 2 es de nivel medio, según los criterios establecidos en la matriz de valoración. La descripción muestra los logros y las dificultades del grupo en física y escritura a lo largo del proceso, así como lo ocurrido durante la coevaluación y la autoevaluación.

## **Informe del grupo 2, versión 1**

### **LA CIENCIA DETRÁS DE UNA CESTA INCREIBLE**

En San José del Guaviare se realizara la XXV Semana deportiva intercolegial, organizada por la institución educativa Manuela Beltrán con el fin de integrar a todos los estudiantes del departamento, atrevesdel deporte. Además es la ocasión perfecta para estudiar la ciencia que este oculta.

Por ejemplo; en un partido de baloncesto entre los estudiantes del Celestino Mutis y el Santander, un jugador del Santander valiéndose de sus habilidades, hace rebotar el balón, (con una sola mano) contra el suelo este se eleva y se encesta, el publico quedó conmocionado y admirado ante el talento de este jugador. El científico especialista en baloncesto le pidió al grupo de organizadores un informe sobre cómo sucede esta jugada físicamente. Por esto nuestro objetivo es establecer como sucede esta jugada físicamente mediante simulaciones.

Para la realización de las simulaciones se empleo: una vara con medidas para poder tomar la altura máxima que alcanza el balón, un cronometro para conocer el tiempo que duro el balón en el aire y un metro para tomar la medida desde donde se realizaron los lanzamientos. Realizados los lanzamientos una distancia del aro de 6.90 mts y el rebote contra el piso sea de una distancia del lanzador de 1.5 mts y haciendo que el balón tome una altura de 3.30 mts sin tener en cuenta la resistencia del aire, el bolon puede ingresar a la cesta.

En conclusión si se lanza el balón desde una altura de 1 m este contendrá una velocidad de  $6.78 \text{ m}^2/\text{s}^2$  gracias a la fuerza que se le fue transmitida por el brazo del lanzador, lo cual hará que el balón se estrelle contra el suelo con una

fuerza de impacto de  $6,91 \text{ m}^2/\text{s}^2$  lo que hace que el balón se elevé y alcance una altura de 3,30 mts y una distancia horizontal de 2,50 mts lo cual coincide con la distancia de el aro y su altura lo que daría como resultado una increíble cesta.

$$V_i = 6.78 \text{ m/s}$$

$$V_t = 6,91 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

En lo que respecta a la física, el grupo escribió dos párrafos en los que, de manera sutil, introdujo valores y conceptos asociados al problema que debe analizar. Primero describen el proceso de medición realizado y las medidas registradas durante este; luego proponen una conclusión (sin análisis previo) que supuestamente se deduce de las medidas mencionadas en el tercer párrafo. Aunque se puede inferir que los miembros del grupo han comprendido que deben desarrollar una explicación y, al final, exponer unas conclusiones que den respuesta al problema planteado, omitieron información necesaria para fundamentar el texto desde el punto de vista de la física.

Las medidas mencionadas en el tercer párrafo son necesarias, pero, en el caso de la altura alcanzada por el balón, la medida no debería ser una sola, pues las simulaciones debieron ser muchas. Por tanto, en la devolución se les hizo ver que debían mostrar una serie de medidas de la altura alcanzada por el balón y del tiempo que este duró en llegar a la cesta. También se les mostró que la elección de la posición del jugador y del punto de impacto debían ser justificadas en el procedimiento, ya que el problema no describía exactamente cómo ocurrió la jugada y, por tanto, ellos debieron escoger una forma de hacer el tiro y describirla en el informe. Por otro lado, el grupo mencionó el cronómetro, pero olvidó incluir las medidas de tiempo registradas durante la simulación; se les preguntó si dicha omisión le permitía al destinatario conocer cómo hicieron los cálculos.

La conclusión planteada por el grupo para dar respuesta al problema tiene errores en las unidades de medida de dos de las magnitudes mencionadas: velocidad y fuerza de impacto. Además, los valores de altura y distancia horizontal que alcanza el balón son incorrectos: si alcanzara una altura equivalente a la del aro, no encestaría, y si el alcance horizontal fuera de 2,90 metros, la distancia entre el jugador y el punto de impacto sería

de 4 metros, según lo dicho en el procedimiento, distancia muy grande para concretar la jugada. Por último, los valores de velocidad mostrados al final aparecen sin una justificación matemática.

Para lograr que el grupo 2 avanzara en la construcción del texto, se les hizo ver en la devolución las falencias mencionadas y la forma de mejorarlas. Como al grupo anterior, se les entregó un esquema para facilitarles la estructuración del informe, y se insertaron comentarios como: “Ver en la estructura cómo organizar la tapa”, “Vean en la estructura cómo finalizar la introducción e iniciar el desarrollo” y “Pueden resumir lo dicho aquí y dejarlo para la introducción y luego expandirlo en el desarrollo”. En el plano semántico, se les pidió separar el nombre de los materiales empleados de la descripción del procedimiento, que prácticamente está ausente. Para que repararan en aspectos más sutiles del texto, se les preguntó si la velocidad “se contiene”, si la fuerza “se le fue” o “le fue transmitida”, entre otros cuestionamientos que buscaban ayudarlos a mejorar en la selección precisa del léxico. También se destacaron en el texto los errores gramaticales, de puntuación y de ortografía, y se les pidió que los corrigieran.

## **Informe del grupo 2, versión 2**

### **LA CIENCIA DETRÁS DE UNA CESTA INCREIBLE**

En San José del Guaviare se realizará la Semana XXV deportiva intercolegial, organizada por la institución educativa Manuela Beltrán con el fin de integrar a todos los estudiantes del departamento a través del deporte y estudiar la ciencia detrás de él.

Durante un partido de baloncesto entre los estudiantes del Celestino Mutis y el Santander, un jugador del Santander, valiéndose de sus habilidades, hace rebotar el balón (con una sola mano) contra el suelo. Este se eleva y se encesta, el público quedó conmocionado y admirado ante el talento de este jugador. El científico especialista en baloncesto le pidió al grupo de organizadores un informe sobre cómo sucede esta jugada desde el punto de vista de la física. Por

esto el objetivo de este informe es analizar esta jugada desde la perspectiva de la física, y entender como sucedió, mediante simulaciones.

Para la realización de las simulaciones se emplearon los siguientes instrumentos. una vara con medidas para tomar la altura máxima que alcanza el balón, un cronómetro para conocer el tiempo que duró el balón en el aire y un metro para tomar la medida desde donde se realizaron los lanzamientos. Los lanzamientos se realizaron a una distancia del aro de 6.90 mts y el rebote contra el piso sea de una distancia del lanzador de 1.5 mts y haciendo que el balón tome una altura de 3.30 mts sin tener en cuenta la resistencia del aire, el balón puede ingresar a la cesta.

Se elabora la ecuación  $V_1 = \sqrt{2g(h_{\max} - h_i)}$  para hallar la velocidad con la que empieza.

$$\begin{aligned} V_1 &= \sqrt{2g(h_{\max} - h_i)} \\ V_1 &= \sqrt{2 \cdot 10(3.30\text{M} - 1\text{MTS})} \\ V_1 &= \sqrt{20(2.30\text{M})} \\ V_1 &= \sqrt{46} \\ V_1 &= 6,78\text{M/S} \end{aligned}$$

Luego se realiza la ecuación  $V_{x1} = \frac{\text{DISTANCIA horizontal recorrido}}{\text{Tiempo}}$  para saber la Distancia que recorre el balón

$$\begin{aligned} V_{x1} &= \frac{2,50\text{mts}}{1,45\text{sg}} \\ V_{x1} &= 1,72\text{m/s} \end{aligned}$$

Por último se hace la ecuación  $V_t = \sqrt{V^2 X_i + V^2 V_i}$  para saber la velocidad total del balón.

$$\begin{aligned} V_{1t} &= \sqrt{V^2 X_i + V^2 V_i} \\ V_{1t} &= \sqrt{(6,7\text{m/s})^2 + (1,7\text{m/s})^2} \\ V_{1t} &= \sqrt{44,89\text{m}^2/\text{s}^2 + 2,89\text{m}^2/\text{s}^2} \\ V_{1t} &= \sqrt{47,78\text{m}^2/\text{s}^2} \\ V_{1t} &= 6,91\text{m}^2/\text{s}^2 \\ &6,91\text{m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

En conclusión si se lanza el balón desde una altura de 1 m este velocidad de 6.78 m/s, gracias a la fuerza que le fue transmitida por el brazo del lanzador, lo cual hará que el balón se estrellé contra el suelo con una velocidad de 6,91 m/s, lo que hace que el balón se eleve y alcance una altura de 3,30 mts y una distancia horizontal de 2,50 mts lo cual coincide con la distancia del aro y su altura, lo que daría como resultado una increíble cesta.

En esta nueva versión, el grupo presenta un texto que amplía la versión anterior con una serie de cálculos matemáticos nuevos; el resto de la información es prácticamente la misma, aunque se observan algunos cambios menores en la ortografía y otros aspectos superficiales señalados en la devolución anterior. El texto no incluye la separación de partes indicada en el esquema provisto al grupo, y mantiene algunos errores de sintaxis y de coherencia señalados en la versión anterior. Por ejemplo, el tiempo de ocurrencia del evento y el tiempo de ocurrencia de la jugada, y la ausencia de las medidas de tiempo supuestamente registradas. Sin embargo, se infiere que han prestado atención a las observaciones a partir de la evidente mejora del segundo párrafo de la introducción.

En la versión anterior, como se ha visto, los estudiantes no formulaban claramente el objetivo del informe y apenas anunciaban que establecerían cómo había “sucedido” la jugada mediante simulaciones. En esta versión podemos notar que el objetivo es claro (“analizar esta jugada desde la perspectiva de la física”) y que las simulaciones son consideradas, correctamente, como un medio para explicar el hecho (“entender como sucedió, mediante simulaciones”). En cambio, no se observa mayor detalle en la descripción del procedimiento ni se plantean unas conclusiones que surjan directamente de los cálculos.

Los cálculos introducidos representan el único avance visible en física, pero hay que señalar que resultan equívocos en varios aspectos. En primer lugar, carecen de soporte teórico; en segundo lugar, tienen errores de forma —simbolización inadecuada de variables, omisión de unidades de medida o escritura errónea de estas, y no explicitación del significado de los nombres de cada variable—; en tercer lugar, hay incoherencias entre lo dicho en el párrafo que se refiere al procedimiento y los valores utilizados para realizar los cálculos.

En cuanto a los errores de forma, es posible que se deban al poco manejo del procesador de texto por parte de los estudiantes. Esto se ve, por ejemplo, en las últimas cuatro líneas del proceso de cálculo, cuando escriben “47.68 m%<sup>s</sup>”, en vez de “47.68 m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>”, en las dos primeras líneas y “m/s” en las dos últimas. Debido a esta presumible confusión, en la devolución se les indicó una alternativa para solucionar el error: se les explicó a través de ejercicios de lápiz y papel tanto la escritura correcta de las expresiones como el manejo algebraico de las unidades de medida.

Las incoherencias son lo más preocupante, puesto que le restan credibilidad al proceso de medición y muestran que los estudiantes no analizan si los resultados obtenidos son matemáticamente lógicos. Por ejemplo, el cálculo de la componente horizontal de la velocidad es dudoso por dos razones: primero, porque el procedimiento no muestra los valores de tiempo medido y, segundo, porque el valor de distancia horizontal insertado en la ecuación no coincide con el planteado en el procedimiento (tercer párrafo del texto). Para ser más precisos, los estudiantes escriben que la distancia horizontal recorrida por el balón fue de 2,50 metros, pero en el procedimiento dicen que el tiro se ejecutó a 6,90 metros de la base del aro y que el rebote se produjo a 1,5 metros del jugador, lo que significaría que el balón debió recorrer una distancia horizontal de 4,5 metros desde el punto de rebote hasta el aro. Esta incoherencia se les señaló en la devolución para que rectifiquen su proceder en el cálculo realizado.

Finalmente, la breve conclusión del informe no se diferencia de la presentada en la versión anterior, salvo por el cambio de nombre en el valor “6,91 m/s”. Cabe señalar que, aunque tal cambio de nombre es correcto, no hay nada en el procedimiento matemático que justifique el valor consignado; de hecho, bajo las circunstancias experimentales en las que el grupo trabajó es muy difícil obtener datos que permitan calcular en cuánto se reduce la velocidad después de que el balón choca contra el suelo. Asimismo, la interpretación del dudoso valor obtenido (“6,78 m/s”) es errada porque parece corresponder a la velocidad con que el jugador lanza el balón hacia el punto de rebote.

Las coevaluaciones realizadas por este grupo no fueron muy enriquecedoras. Creemos que el hecho de que hayan tenido que evaluar al grupo de nivel alto está asociado a sus reducidos juicios de valor. En efecto, el



grupo 2 se limitó a identificar unos pocos errores de ortografía y a escribir al final de la coevaluación frases como: “es un texto bien claro y tiene todos los componentes necesarios”, lo cual deja ver que no asumieron un rol crítico o que quizás creyeron que lo escrito por el grupo estaba bien solo porque era extenso. De esto puede inferirse, además, una dificultad para aprender de otros equipos (Perkins, 2010), pues no tuvieron en cuenta esos “componentes necesarios” a los que hicieron referencia para mejorar su propia producción.

En la autoevaluación, los integrantes del grupo señalaron que, a pesar del compromiso, la originalidad del texto, la entrega a tiempo de todas las versiones, el buen comportamiento en clase y sus buenas relaciones interpersonales, las discusiones adelantadas no fueron muy significativas, pues solo uno de sus miembros era activo a la hora de escribir y aportar ideas; los otros aceptaban pasivamente lo dicho por él. Además, la teoría física no fue fácil de comprender, especialmente para uno de los miembros.

Por último, a continuación se muestran los logros y las dificultades en física y escritura del grupo 3, presentes en ambas versiones del texto, y se describen los procesos de autoevaluación y coevaluación del grupo. Según los criterios establecidos en la matriz de valoración, los productos parciales del grupo 3 son de nivel bajo.

## **Informe del grupo 3, versión 1**

XVIII semana deportiva

En san José del Guaviare, se realizan eventos deportivos tales como fútbol, microfútbol, baloncesto, voleibol, etc. Esto se lleva a cabo del 7 al 14 de noviembre, Con el fin de participar e integrar corporaciones y de este modo los jugadores de los diferentes deportes pueda demostrar sus destrezas a la hora del juego. Científicamente se anexara una jugada como se presento en un partido inaugural de microfútbol, entre estudiantes del colegio Manuela Beltrán y CDR, se ocasiono una falta a favor de la Manuela. El centro-delantera ocasiono el cobro, el jugador que cobraría la jugada utilizo una jugada maestra, en ves de patear el balón fuertemente lo levanta y dirigido al arco, la potera

del equipo contrario no hizo nada por detenerlo y para su sorpresa la pelota termino en el fondo de la red. Tal anotación fue considerada el mejor gol de todo el campeonato.

A continuación le daremos a conocer cuales serian los parámetros obtenidos a la hora de la jugada.

Tiro	Distancia	Tiempo (Segundos)	Altura balon	Altura Cancha (metros)	Distancia esquinas	Mitad de cancha
1.	14m/50c	01,40	60.5	10,6	14m/17cm	14mts/10cm
2.	14m/18cm	01,36	50.3	10,6	14m/17cm	14mts/10cm
3.	14m/74cm	01,03	40.2	10,6	14m/17cm	14mts/10cm
4.	16m/25cm	00,81	30.4	10,6	14m/17cm	14mts/10cm
5.	15m/50cm	00,59	20.2	10,6	14m/17cm	14mts/10cm
6.	14m/20cm	01,52	60.5	10,6	14m/17cm	14mts/10cm

De este modo los organizadores de este evento, daremos explicaciones y respuestas concretas a las jugadas que se presente en este gran eventoz.

En relación con la física, el informe de este grupo muestra solo una tabla de datos producto de las simulaciones realizadas. Las distancias no están expresadas correctamente; en las alturas indicadas se omite la unidad de medida, y los datos son ilógicos porque, si la unidad de medida fuese el metro, resultarían excesivos, y serían demasiado pequeños si la unidad fuese el centímetro. Este error permite inferir que el grupo no midió correctamente la altura alcanzada por el balón. Las variables que en el cuadro se llaman “altura de la cancha” y “distancia esquinas” no representan lo que los estudiantes deberían medir. En los tiempos registrados hay incongruencias; por ejemplo, según la tabla, en el cuarto tiro el balón alcanza 14,40 metros en 1,30 segundos, mientras que en el quinto alcanza 16,25 metros en tan solo 0,81 segundos. Seguramente, el cuarto disparo sucedió a menor velocidad que el quinto, pero este tipo de aclaraciones no se incluyen en el texto.

Con este grupo se tuvo que tomar decisiones fuertes para lograr avances en la cualificación de sus aprendizajes en física y en su proceso escritural.

Por un lado, como a los otros equipos, se le entregó un esquema de informe y se explicitó qué partes faltaban y dónde debían ubicarse. Por otro lado, se les insistió en que no habían leído la devolución recibida y se reiteraron las observaciones. Por ejemplo:

Con el fin de participar e integrar corporaciones [¿Por qué insisten con la palabra corporaciones? Parece que no han buscado su significado y por eso no han entendido que hay que reemplazarla] y de este modo los jugadores de los diferentes deportes pueda demostrar sus destrezas a la hora del juego [¿En qué otra ocasión demuestran sus destrezas los jugadores?]. Científicamente se anexara una jugada [nuevamente “se anexará una jugada”. ¿No fui claro al decirles que las jugadas no se pueden anexar?].

Además, se reconstruyó parte del cuadro de datos, con el objeto de que comprendieran cuáles valores debían consignar:

Sin duda es pertinente hacer una tabla de datos, pero hay que reorganizarla así:

TIRO	Distancia (metros)	Tiempo (segundos)	Altura máxima (metros)
1	14,50 (Corregir el resto a partir de este).	01,40 (Suprimir los primeros ceros).	60.5 Los valores de altura deben medirlos otra vez o corregirlos porque son incorrectos.

Finalmente, se decidió cambiar el destinatario original del texto: ya no sería un científico especializado sino un entrenador o docente de educación física. El objetivo de este cambio fue restarle complejidad al texto respecto al uso del lenguaje de la física en las secuencias explicativas que debían construirse, así como al rigor en el desarrollo de los cálculos matemáticos.

## Informe del grupo 3, versión 2

### MAS HAYA DE UNA SIMPLE LEVANTADA

Señor:

Entrenador de microfútbol

Cesar Quevedo

Autores:

López valencia Narly Tatiana

López Díaz Leidy Johana

Navarro Quimbaya Isdelia

Peña Chaves Leidy Alexandra

GRADO: 1004

Institución Educativa Manuela Beltrán

XVII semana deportiva

San José del Guaviare, 5 al 9 de septiembre

2011

### Introducción

En san José del Guaviare, se realizaran deportes de microfútbol que se llevaran a cabo los días 5, 6, 7, 8, y 9 de septiembre del 2011 con el fin de tener integraciones para que los jugadores de cada equipo puedan demostrar sus habilidades a la hora de cada juego, también tendremos en cuenta las jugadas para analizarla físicamente, una que se pudo analizar fue cuando los estudiantes de la manuela Beltrán y los estudiantes de la C.D.R, en él se cual produjo una falta a favor de la manuela Beltrán. El centro delantero quiso cobrar en vez de patear el balón, como casi siempre se hace, levanto el balón dirigido hacia el arco, la portera creyó que el balón pasaría por detrás del arco y no pudo detenerlo, cuando la pelota termino dentro de la red. Cuando dentro el gol fue considerado el mejor gol del campeonato.

Desde la física se realizaron las simulaciones de como posiblemente ocurrió el gol. Tomamos las medidas del tiro y de la cancha como lo decía el problema, utilizando a Cesar Ayerbe como la persona que cobraría a falta, tomamos los siguientes datos para ser más específicos en la respuesta

Tiro	Distancia (mts)	Tiempo (segundos)	Altura máxima (mts)
1.	14,50	1,40	
2.	14,18	1,36	
3.	14,74	1,03	
4.	16,25	0,81	
5.	15,50	0,59	
6.	14,20	1,52	
Promedio=	14,895	1,11	

Para hacer una afirmación hemos acudido a conocimientos físicos como el estudio de la ley de conservación de energía, donde no se crea ni se destruye solo se transforma.

Para ello utilizamos la siguiente ecuación:

$$V_1 = \sqrt{2g(h_{\max} - h_i)}$$

donde:

V1=a la velocidad inicial.

G=a la gravedad que vale 10m/52.

H Max=a la altura máxima y:

Hi=esto es igual a la altura inicial.

Esta ecuación nos permite descubrir concretamente el gol.

En esta versión, el texto tiene tantas falencias en escritura como la versión anterior. Los eventos deportivos ya no son equiparados con deportes (“eventos deportivos tales como futbol, microfútbol, baloncesto, voleibol, etc.”), pero el microfútbol se menciona como si abarcara varios deportes (“se realizarán deportes de microfútbol”). La concreción con que se nombraban las fechas (“7 al 14 de noviembre”) se transforma en una enumeración inútil (“Los días 5, 6, 7, 8, y 9”). Ya no “se anexará una jugada”, pero la jugada descrita se ha vuelto más confusa. Por ejemplo, en la primera versión se leía: “Tal anotación

fue considerada el mejor gol del campeonato”, y ahora se lee: “Cuando dentro el gol fue considerado el mejor gol del campeonato”. El siguiente texto se realizó con una estructura completa, aunque con errores ortográficos notorios y un error de coherencia: “Mas haya de una simple levantada” por “Más allá de un simple pelotazo”. Se titula la introducción, pero en ella faltan el objetivo, el rol del grupo y el destinatario del informe. Ante esto, se consideró pertinente mostrarles un ejemplo de introducción y favorecer el aprendizaje entre pares, de modo que se les adjuntó la introducción escrita por el grupo de nivel alto con sus partes centrales señaladas.

Al comienzo del informe indican quién les ayudó a realizar las pruebas y luego ubican la tabla de datos con las modificaciones señaladas en la devolución, pero omiten las medidas de altura máxima alcanzada por el balón, así como las medidas de tiempo. Después mencionan el concepto físico que permite explicar el problema, pero no describen cómo lo aplicarán, que puede considerarse el aspecto más complejo para este grupo. Enseguida, escriben una de las tres ecuaciones que permiten calcular la velocidad inicial del balón; también anotan, aunque de manera incorrecta, el nombre de cada variable de dicha ecuación. No hacen el cálculo, lo que es comprensible porque en la tabla no está el valor crucial para hacerlo: la altura máxima promedio que alcanzó el balón.

La devolución entregada no solo incluyó lo dicho anteriormente, sino además todas las ecuaciones para el cálculo, el inicio de lo que podría significar el cálculo obtenido y el de la conclusión del informe. Esto no significa que el docente escriba por los estudiantes: les da pistas para ayudarlos a representar el pensamiento a través de la escritura (Jurado y Bustamante, 2005). Como complemento, se les ofreció una serie de recomendaciones para mejorar su forma de escribir y de actuar como colectivo con un objetivo común: producir un texto coherente con la consigna propuesta.

Dadas las dificultades en las dos versiones, es comprensible que, en las coevaluaciones realizadas por este a otros grupos, las recomendaciones formativas estuvieran ausentes o poco argumentadas. De hecho, no sugirieron a los grupos evaluados cómo corregir sus errores. Aun así, el grupo tiene algunos miembros que se esforzaron por hacer bien las tareas asignadas y usaron la matriz de valoración para comentar los trabajos de

otros. La autoevaluación grupal está en consonancia con las dificultades descritas, porque el grupo reconoce que sus falencias a nivel escritural son abundantes y que se les dificultó la organización coherente de las ideas y la comprensión de los conceptos físicos. Admite, además, que solo dos de sus miembros, a pesar de sus dificultades, se comprometieron con la redacción del texto.

## Conclusiones

Enseñar y aprender ciencias físicas a través de la escritura procesual de textos propios de la ciencia, enmarcados en contextos auténticos de aprendizaje, es una propuesta novedosa en el campo de la didáctica de la física, especialmente en las escuelas colombianas. Implica una forma diferente de intervenir en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física, así como una estrategia didáctica que se lleva a cabo a través de la implementación de un proyecto de evaluación formativa en el que se propone la producción procesual de textos con contenidos de física pertenecientes a géneros discursivos diversos. Con estos textos se busca, principalmente, que el estudiante explique o describa situaciones reales propias de la física inscritas en un contexto cercano y, en este caso, inherente a la dinámica escolar concreta de la institución.

Aplicar esta propuesta resulta pertinente porque la escritura de textos de corte científico por los estudiantes le permite al docente reconocer las formas en que interpretan el mundo a través de los conceptos científicos. De esta manera se obtiene un panorama del proceso de aprendizaje del estudiante, que puede ser analizado a través de la evaluación procesual de los textos producidos. Además, desde el punto de vista de la enseñanza de las ciencias, y en particular de la física, los docentes debemos conocer cómo se comunica el conocimiento científico y realizar las trasposiciones didácticas necesarias en el aula para lograr que los estudiantes desarrollen competencias en el momento de comunicar lo aprendido. A continuación se hace una síntesis de los procesos y resultados de la investigación.

En la fase 1 se trabajó más en escritura que en física. La enseñanza de temas propios de la física fue poca porque primó la construcción de las secuencias descriptiva y argumentativa, necesarias para desarrollar procesos

posteriores. Sin embargo, antes del inicio del proyecto, se habían tratado los conceptos básicos para que los estudiantes pudieran establecer relaciones de dependencia entre las variables asociadas al movimiento, en una o dos dimensiones, de los cuerpos presentes en las prácticas deportivas. Todos los grupos lograron identificar variables físicas asociadas al movimiento de un cuerpo, en una o dos dimensiones (velocidad, distancia, tiempo, ángulo de lanzamiento, altura, etc.), pero solo tres de seis lograron plantear relaciones de dependencia correctas entre las variables. En cuanto a la escritura, cuatro grupos lograron construir una carta con la estructura adecuada y tres (especialmente el de nivel alto) mostraron avances significativos en la exposición de ideas, la coherencia de estas y las secuencias descriptivas y argumentativas trabajadas en esta fase. Se hizo evidente, además, la necesidad de brindar una orientación conjunta con el área de lengua castellana antes de iniciar esta fase.

En la fase 2, la física adquirió un protagonismo mayor. Se dedicaron varias sesiones a la explicación de la caída libre, el movimiento de los proyectiles, la cantidad de movimiento, el impulso y las fuerzas de impacto; se utilizó varias veces un *software* de simulaciones para tratar estos temas. Las explicaciones siempre se hacían en referencia a los accidentes, puesto que la idea era que los chicos no perdieran de vista el horizonte del problema. El mayor logro en física durante esta fase fue que varios grupos, independientemente del accidente que les haya correspondido tratar, comprendieron la física de la caída libre y el papel que juega la segunda ley de Newton en la explicación de esta. De los tres grupos que trabajaron con más pertinencia el tema del movimiento parabólico, dos lograron comprender el movimiento como la combinación de un movimiento acelerado y otro uniforme, dado que explicaron lo que le sucede a un balón u otro objeto cuando es lanzado por el aire.

En las explicaciones presentadas en las versiones finales de los folletos se constató el establecimiento de relaciones de dependencia válidas desde la física. De los grupos que trabajaron con el accidente cuyo tema central era el movimiento acelerado —tres en total—, uno propuso un enunciado correcto en relación con el accidente; los otros dos, aunque enunciaron relaciones causales propias del movimiento, tuvieron problemas de comprensión respecto del manejo de los procedimientos de cálculo



de velocidad y de otras variables asociadas. Por otra parte, era necesario que todos los grupos involucraran los conceptos de movimiento, impulso y fuerzas de impacto en sus explicaciones, ya que en todos los accidentes hay choques de algún tipo. Solo dos de los ocho grupos propusieron secuencias explicativas relacionadas con este tema y solo una resultó ser correcta desde el punto de vista de la física.

En la escritura, seis de los ocho grupos cumplieron con los parámetros establecidos para la estructura general y el diseño del folleto, aunque no con lo solicitado para cada una de sus partes. En la primera cara del folleto debía escribirse una secuencia descriptiva; seis grupos la estructuraron bien, pero solo tres de ellos no tuvieron errores de gramática. Respecto a la secuencia de mayor relevancia en el texto, explicativa con carácter divulgativo, el grupo de nivel alto logró consolidar la mayor riqueza de recursos explicativos: ejemplos y paráfrasis. Los grupos restantes (excepto el de nivel bajo y otros dos) propusieron secuencias explicativas con ejemplos confusos en su estructura y significado.

Los folletos trabajados en clase no fueron los más indicados para favorecer la escritura, pues se referían a la prevención de problemas de salud y mostraban explicaciones que se conocen como “genéticas”, que describen cómo se produce el ciclo de una enfermedad, de forma general, a través de un gráfico y sin dar ejemplos. Esos folletos sí tenían definiciones, pero debemos reconocer que nuestro trabajo no se dirigió, de forma suficiente, al reconocimiento de esas características típicas de la divulgación. La prueba está en que, en la fase 3, la mayoría de los grupos mostró dificultades para definir las variables.

La diferenciación entre causas y consecuencias científicas y de sentido común debió haberse tratado a través de la lectura y comparación de textos. De todas formas, dar saltos cualitativos en la comprensión de conceptos físicos no es algo que se produzca de un día para otro, y menos aún cuando tal comprensión debe demostrarse a través de la escritura. Si se trata de que el alumno avance en comprensión, entonces la resolución de problemas más simples tanto en física como en escritura podría potenciar la transposición de los conceptos en la solución de problemas más complejos. En palabras de Perkins (2010), para lograr el aprendizaje hay

que adaptar la enseñanza y proponer, primero, versiones de un juego para principiantes, para luego abarcar el juego con más complejidad.

La fase 3 fue la de mayor dificultad para la mayoría de los grupos en relación con la física y la escritura, dado que era necesario aplicar conceptos y poner en juego habilidades específicas para construir un informe con secuencias descriptivas del evento, la jugada y el procedimiento, y secuencias explicativas acerca de cómo había ocurrido la jugada. Solo dos grupos lograron escribir enunciados válidos a la luz del concepto central tratado, a saber, la ley de la conservación de la energía mecánica. Sin embargo, la organización semántica no fue correcta en todos los enunciados explicativos. Esta fase reveló de forma clara, por un lado, la falta de saberes previos de los estudiantes respecto a la escritura de informes de ciencias y, por otro, sus dificultades para reflexionar sobre sus propios errores y hallar caminos de mejora, esto es, para realizar ciertos procesos metacognitivos.

Cuatro de los ocho grupos reiteraron errores entre una versión y otra o cometieron otros nuevos, incluso trabajando en el procesador de texto con una versión anotada por el docente y un esquema de las partes del informe. Salvo en dos grupos, se observaron dificultades para desarrollar y ensamblar secuencias descriptivas y explicativas, así como para visualizar y configurar adecuadamente la situación comunicativa. Recordemos, a modo de ejemplo, el error común de situar la semana deportiva en el futuro y la jugada que debían analizar en el pasado. Hay que reiterar que la coincidencia de esta fase con la finalización del ciclo lectivo truncó la aplicación de posibles estrategias didácticas para mejorar la comprensión y la aplicación de conceptos, y afrontar con más contundencia las dificultades en la escritura.

Como decíamos en un principio, este tipo de trabajo es poco común; los resultados obtenidos nos dan la certeza de que vale la pena realizarlos, porque marcan una diferencia en las estrategias didácticas. Por su carácter innovador y flexible, esta investigación necesita ser ajustada, replicada y adaptada en otros escenarios educativos. También es necesario proponer otros problemas auténticos en los que la escritura de secuencias explicativas se aproveche más. Queda un claro propósito de formar colectivos o

redes de maestros para ampliar o redireccionar lo realizado hasta ahora. Creemos firmemente que establecer alianzas entre docentes, no solo de ciencias, sino de todas las áreas, permitirá encontrar perspectivas de enseñanza que ratifiquen constantemente el papel central de la escritura en el aprendizaje de las ciencias experimentales. De hecho, el desarrollo del proyecto demostró que cualificar la escritura de textos de corte científico exige buscar alianzas con docentes de otras asignaturas.



# Bibliografía

- Adam, J.-M. (1992). *Los textos: tipos y prototipos. Relato, descripción, argumentación, explicación, diálogo* (fragmento). Trad. de A. Atorresi. Consultado en <https://bit.ly/2WTK1pl>.
- Atorresi, A. (2011). *Los contextos auténticos en los proyectos de evaluación formativa* (inédito).
- Atorresi, A. y Ravela, P. (2009). *Los proyectos de evaluación formativa y auténtica* (inédito).
- Atorresi, A. et ál. (2010). *Escritura: un estudio de las habilidades de los estudiantes de América Latina y el Caribe*. Santiago: Orealc/Unesco Santiago.
- Bajtín, M. (1982). El problema de los géneros discursivos. En *Estética de la creación verbal*. México: Siglo XXI.
- Bronckart, J.-P. (2004). *Actividad verbal, textos y discursos. Por un interaccionismo socio-discursivo*. Madrid: Fundación Infancia y Aprendizaje.
- De Régules, S. (2005). *El Sol muerto de risa*. México: Penguin Random House.
- Dibarboure, M. (2009). *Y sin embargo se puede enseñar ciencias naturales*. Montevideo: Santillana.
- Flower, L. & Hayes J. (1980). The cognition of discovery: Defining a rhetorical problem. *College Composition and Communication*, 31.
- Jurado, F. y Bustamante, G. (2005). Por una diversidad de textos en el aula de clase. En *Selección y uso de materiales de lectura en el aula*. Bogotá: MEN; Fundalectura.
- Marba, A., Márquez, C. y Sanmartí, N. (2009). ¿Qué implica leer en clase de ciencias? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 59. Consultado en <https://bit.ly/2QBEoK8>.
- Márquez, C. y Prat, A. (2005). Leer en clase de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 23. Consultado en <https://bit.ly/2HATcEN>.
- Perkins, D. (2010). *El aprendizaje pleno: principios de la enseñanza para transformar la educación*. Buenos Aires: Paidós.

- Sanmartí, N., García, P. e Izquierdo, M. (2005). Aprender ciencias aprendiendo a escribir ciencias. *Educación Abierta*, 160, 141-174.
- Serway, R. & Jewett, J. *Física I*. Madrid: Paraninfo Editorial.
- Van-Dijk, T. (1992). *La ciencia del texto*. Barcelona: Paidós.
- Wiggins, G. (1998). Rúbricas para la evaluación. Selección y traducción de J. Viñas y P. Ravela (Scoring Rubrics) del libro *Educative assessment. Designing assessments to inform and improve student performance*. San Francisco, CA: Jossey-Bass Publishers.
- Zamora, J. (1996). *Lenguaje y conocimiento científico. Memorias del Seminario El lenguaje en la Ciencia y en la Educación*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Zamudio, B. y Atorresi, A. (2000). *La explicación*. Buenos Aires: Eudeba.

# Anexo

## **Compendio de problemas de física para trabajar en el aula de clase**

La solución de problemas como método para enseñar ciencias experimentales cuenta con un vasto sustento teórico que se ha desarrollado durante años de investigación. Existen diversos tipos de problemas que se pueden trabajar en la clase de física. En cualquier caso, cuando se diseña un problema, se deben tener en cuenta algunas consideraciones. Aquí brindamos algunas de ellas, que, sin ser obligatorias, muestran un derrotero a la hora de formular un problema:

1. Los problemas deben estar alejados de la tipología de ejercicios exclusivamente operacionales. Esto no significa que no requieran realizar operaciones o cálculos, sino que además deben exigirle al estudiante razonar sobre dichos cálculos, de manera que pueda mostrar que comprende el significado de los resultados. Es importante que el docente muestre ejemplos de interpretaciones de cálculos hechos en clase, para que los estudiantes aprendan a reconocer la estructura y extensión de estas interpretaciones.
2. Los problemas deben estar en consonancia con el proceder de la ciencia, es decir, deben estar enmarcados en la cultura científica. Esto implica que requieran plantear y probar hipótesis, escribir informes, realizar experimentos, discutir en grupos, etc.
3. Los problemas deben involucrar retos de construcción individual y colectiva para los estudiantes. Es importante hacer que los estudiantes trabajen en grupos, pero también que asuman roles individuales.
4. Deben ser problemas flexibles para llegar a una solución, de manera que el estudiante pueda generar hipótesis plausibles y poner a prueba su creatividad. En lo posible, deben permitir que los estudiantes propongan

diferentes alternativas durante el proceso de solución, y, por ende, se planteen distintas hipótesis que puedan poner a prueba. En este punto, es importante que los estudiantes aprendan a controlar las variables involucradas en el problema.

Los problemas que exponemos a continuación fueron contruidos bajo estos criterios. Los docentes están en total libertad de adaptarlos a su contexto escolar y a las características de sus estudiantes si así lo prefieren.

### **Problema 1**

Eje temático: acústica.

El ruido se considera una onda sonora que no es agradable al oído humano. Los colegios se consideran uno de los lugares más ruidosos. Describan de qué forma, a partir de un proceso de medición, podrían construir un plano de ruido de su colegio, de tal forma que se identifiquen espacios y momentos de máxima o mínima intensidad sonora. Para afrontar este reto necesitarán de un medidor de decibeles, que pueden descargar como una aplicación de Android.

### **Problema 2**

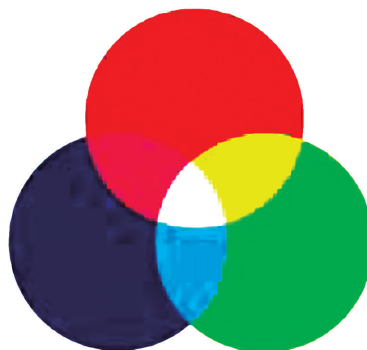
Eje temático: óptica geométrica.

Una lente convergente es un medio material transparente como el vidrio o el plástico, cuyas superficies pueden ser cóncavas o convexas. Una lupa es un ejemplo de una lente convergente. ¿Un vaso de vidrio transparente que contiene agua puede comportarse como una lente convergente? Realiza un análisis experimental de este dispositivo a la luz de la teoría existente sobre las lentes convergentes, y a partir de allí indica las diferencias y semejanzas entre el vaso transparente y una lente convergente.

### **Problema 3**

Eje temático: óptica física.

En física, los colores primarios no son el amarillo, el azul y el rojo, sino el verde, el rojo y el azul, porque al combinar luces de dichos colores se obtiene la luz blanca. Diseña un experimento en donde obtengas diversos colores a partir de la mezcla aditiva y sustractiva de luces de colores. En la siguiente imagen te mostramos un ejemplo de la mezcla aditiva de colores.



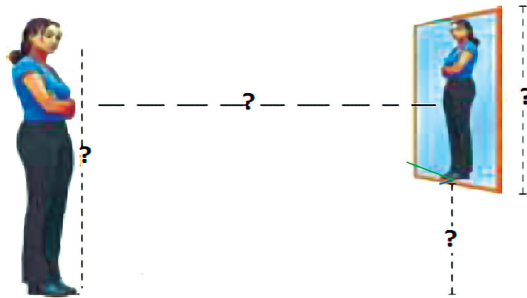
**Figura 4** Al mezclar los colores primarios de la luz: rojo, azul y verde, se produce luz blanca.



#### Problema 4

Eje temático: óptica geométrica.

Todos conocemos un espejo, ¿cierto? En general, los espejos planos producen imágenes iguales a los objetos reales que están frente a ellos, aunque en los espejos lo derecho parece izquierdo. El problema consiste en hacer pruebas experimentales que permitan concluir cuál es la distancia mínima a la que se debe ubicar un espejo para producir una imagen de cuerpo completo de una persona. Las pruebas o experimentos deben explorar el control de variables, como el tamaño del espejo, la altura de la persona, la distancia del espejo al suelo y el ángulo visual de la imagen. A continuación, te mostramos una imagen para que tengas una idea más global del problema a resolver.



En esta imagen se plantean interrogantes sobre cuál debe ser el tamaño de la persona y del espejo, y a qué distancia debe estar el espejo del suelo para que la imagen de la persona se vea completa.

#### Problema 5

Eje temático: movimiento rectilíneo acelerado.

En San José del Guaviare es muy común que los conductores de vehículos se movilen a velocidades no permitidas. La oficina de tránsito le ha encargado a un equipo de trabajo la tarea de monitorear las velocidades a las que se mueven las motos en las principales calles y avenidas del municipio. A partir de los datos recolectados, el equipo debe realizar experimentos simulados que permitan calcular y medir la distancia máxima a la que se detiene una moto después de aplicar los frenos repentinamente. Con esta información se debe elaborar un folleto informativo-explicativo que sirva como medio para concienciar a los ciudadanos imprudentes.

### Problema 6

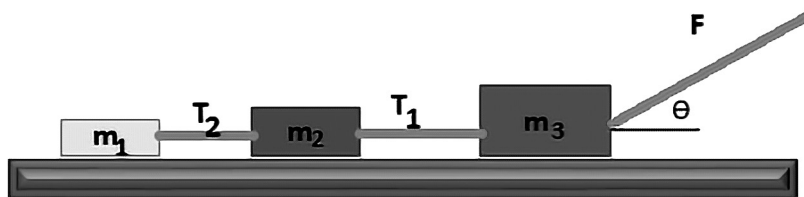
Eje temático: caída libre.

Todos sabemos que los globos inflados con helio pueden ascender por el aire cuando son liberados, pero qué tan rápido se mueve un globo de este tipo cuando asciende. Te proponemos realizar un experimento casero con tres globos de helio, para determinar dos cosas: 1) ¿cuál es la aceleración del globo al ascender?; 2) si el globo acelera mientras sube, ¿dicha aceleración depende del volumen o tamaño del globo?

### Problema 7

Eje temático: segunda ley de Newton.

Los sistemas mecánicos conformados por bloques unidos por medio de cuerdas son muy comunes en los libros de texto. Tales sistemas son utilizados por los autores como ejemplos de aplicación de la segunda ley de Newton. Diseña un sistema físico conformado por tres bloques de masas diferentes atados por una cuerda delgada, pero resistente (puede ser de cáñamo o *nylon* delgado). El sistema debe deslizarse por una superficie horizontal. Explica a partir de mediciones, observaciones y cálculos cómo está relacionada la aceleración del sistema con la masa de los bloques y la fuerza neta aplicada. Es importante analizar interrogantes como estos: ¿la tensión de la cuerda es igual para cada uno de los bloques?; ¿si se realiza una fuerza externa  $F$  horizontal sobre el sistema acelera igual que si la fuerza se realiza formando un ángulo con la horizontal?



### **Problema 8**

Eje temático: termodinámica.

Todas las sustancias absorben o liberan calor según sus propiedades térmicas. Algunas sustancias, como el agua, necesitan absorber mucha energía calórica para elevar su temperatura. Todos sabemos además que, cuando los alimentos están recién cocinados, unos suelen enfriarse más rápido que otros. Describe un experimento para determinar cuál de los siguientes alimentos absorbe mayor cantidad de calor durante su cocción: papa, yuca y plátano.

### **Problema 9**

Eje temático: caída libre.

Según la teoría, cuando un cuerpo cae libremente, acelera a razón de aproximadamente  $10 \text{ m/s}^2$ . Una consecuencia de ello es que, por ejemplo, si un objeto cae desde 5m de altura demorará un segundo en llegar al suelo. Por otro lado, cuando un objeto cae de manera que la resistencia del aire sobre él es significativa, su aceleración será menos de  $10 \text{ m/s}^2$ . Diseña, describe y pon a prueba un experimento en el que un objeto caiga verticalmente a razón de al menos  $5 \text{ m/s}^2$ .

### **Problema 10**

Eje temático: movimiento parabólico.

En condiciones ideales, esto es, cuando la resistencia con el aire es insignificante y para superficies horizontales, si se lanzan dos objetos con trayectoria parabólica, con velocidades de lanzamiento iguales y con ángulos de lanzamiento complementarios (por ejemplo, con  $60^\circ$  y  $30^\circ$ ), entonces recorrerán la misma distancia horizontal. Diseña un experimento que compruebe la afirmación anterior y escribe un informe describiendo el proceso y las conclusiones del trabajo realizado.

\* \* \*

Al trabajar problemas en clase, es importante orientar a los estudiantes mediante tareas claras respecto al proceso de solución de los problemas. Esto implica mostrarles macroestructuras del género discursivo en cuestión, si se pretende que los estudiantes produzcan de manera procesual un texto de

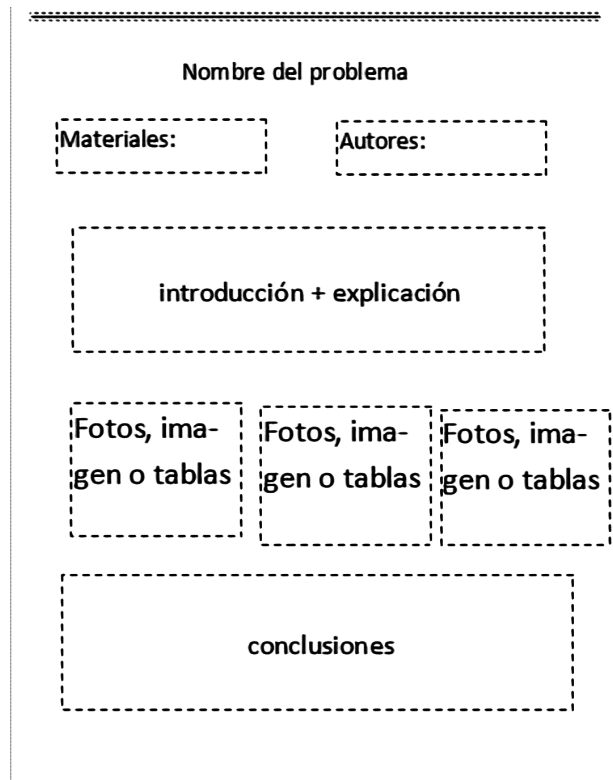
corte científico. Estas son algunas pautas que se pueden proporcionar a los estudiantes al escribir un póster científico:

Un póster científico es un texto explicativo (también llamado expositivo) que contiene los siguientes elementos: título, introducción, descripción de la experiencia, resultados obtenidos y conclusión.

Ten en cuenta lo siguiente a la hora de escribir el texto:

1. El título debe ser llamativo y estar relacionado con la experiencia realizada.
2. La palabra "introducción" no se escribe, sino que debes empezar relacionando un hecho de la vida cotidiana con tu experimento, y luego formular las dos preguntas que quieres responder con este.
3. Luego debes describir brevemente el experimento. Las recomendaciones escritas en la página anterior te servirán como base para esa descripción.
4. Luego debes incluir los datos recolectados con las deducciones o razonamientos que se hayan realizado.

Finalmente, debes escribir las conclusiones. He aquí un esquema del texto:





*La abducción  
y la escritura científica:  
dos alternativas para favorecer  
el aprendizaje de la física*  
es una publicación del  
Instituto de Investigación  
en Educación de la Facultad  
de Ciencias Humanas de  
la Universidad Nacional  
de Colombia y de la  
Secretaría de Educación del  
Departamento del Guaviare.  
El texto principal se armó  
con caracteres de la familia  
Caslon; los títulos y subtítulos,  
con caracteres Myriad.  
La impresión, encuadernación  
y acabados se terminaron en  
Bogotá D. C., en diciembre  
de 2019, en los talleres de  
Xpress Estudio Gráfico y  
Digital S. A. S.