



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**Facultad de Educación**

A propósito del Principio de Conservación de la Energía: Una Propuesta de Reorganización Conceptual para su Enseñanza desde la Perspectiva de Robert Mayer.

Trabajo presentado para optar al título de Licenciada en Matemáticas y Física

**MARÍA CRISTINA CARDONA RENDÓN**

Asesor

**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

Yirsén Aguilar Mosquera

1 8 0 3

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS Y LAS ARTES  
LICENCIATURA EN MATEMÁTICAS Y FÍSICA  
MEDELLÍN  
2017**



### **Agradecimientos**

A Laura Marcela Jaramillo y todas las monitoras del Servicio para Personas con Discapacidad Visual, Sala Jorge Luis Borges de la Biblioteca Carlos Gaviria Díaz de la Universidad de Antioquia, por su permanente e incondicional apoyo durante todo el proceso.

A la institución educativa Francisco Luis Hernández Betancur por abrirme sus puertas y posibilitar las experiencias investigativa y docente.

A mi asesor Yirsen Aguilar Mosquera por su orientación durante el desarrollo del proyecto de investigación.

**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3



## **Resumen**

El principio de conservación de la energía en relación con su enseñanza y aprendizaje ha sido ampliamente investigado en las últimas décadas, encontrando dificultades tanto en profesores como estudiantes, las cuales se estima, entre otras razones, provienen de los libros de texto en los que no se evidencia su carácter estructurante y unificador de toda la física, restringiéndolo en muchas ocasiones a procesos mecánicos o termodinámicos. Esto hace que la comprensión de la energía y su conservación sea limitada y por tanto se presente una visión deformada e incompleta de algunos aspectos cualitativos de la física.

Bajo estas circunstancias y con el fin de construir rutas alternativas para su enseñanza, se realizó un análisis histórico y epistemológico del principio de conservación desde la perspectiva de Robert Mayer (1842, 1845), lo cual permitió su recontextualización. En todo este proceso la historia y epistemología de las ciencias tuvieron un papel relevante en tanto se convirtieron en los escenarios que permitieron profundizar en el conocimiento disciplinar y propiciaron escenarios de reflexión sobre la enseñanza de este principio desde un punto de vista crítico y adaptado a las particularidades del contexto.

Finalmente, se realizó un estudio de casos el cual tuvo como propósito comprender las concepciones que tenían los casos participantes en la investigación sobre el principio de conservación, para lo cual se aplicaron instrumentos que fueron construidos atendiendo a



# UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

los planteamientos de Mayer. En el análisis se encontraron tanto divergencias como  
**Facultad de Educación**

convergencias con las investigaciones reportadas y con el pensamiento del teórico, las cuales, junto con la resignificación de la física y en particular el principio de conservación, sirvieron como base para diseñar una propuesta didáctica sobre su enseñanza, en la que se buscó responder parcialmente a las necesidades y dificultades encontradas en el proceso de investigación.



# UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



**Contenido**

Capítulo 1. Contextualización .....	6
1.1 Planteamiento del problema.....	6
1.2 Objetivos.....	11
Capítulo 2. Marco teórico.....	13
2.1. Energía y conservación en el contexto de la enseñanza .....	13
2.2. Historia y epistemología en la enseñanza de la física.....	16
2.3. La energía y conservación desde la perspectiva de Julius Robert Mayer.....	19
2.3.1 Ejes estructurantes del principio de conservación de la energía: Causalidad, indestructibilidad y convertibilidad.....	21
2.3.2 El principio de conservación desde la perspectiva de Mayer.....	25
Capítulo 3. Marco metodológico.....	28
3.1 Enfoque y método.....	28
3.2 Contexto de investigación.....	30
3.3 Casos y criterios de selección.....	31
3.4 Recolección de la información.....	33
3.5 Sistematización y análisis de los datos.....	36
Capítulo 4. Hallazgos.....	38
4.1 La Causalidad: Una interdependencia entre fenómenos.....	38
4.2 El principio de conservación de la energía: una construcción a partir de la indestructibilidad y convertibilidad de las causas.....	43
Capítulo 5. Implicaciones didácticas.....	49
Capítulo 6. Consideraciones finales.....	55
Referencias.....	59
Anexos.....	64

1 8 0 3



## **Capítulo 1. Contextualización**

### **1.1 Planteamiento del problema**

Es innegable que en la actualidad uno de los aspectos que mayor atención requiere está relacionado con la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, lo cual es señalado por Hodson (2003) al afirmar que los retos actuales exigen del maestro procesos de formación en ciencias que estén orientados a que el estudiante adquiera la capacidad de tomar decisiones informadas y de predecir las consecuencias de sus actos. Este proceso de formación en ciencias, de acuerdo con Jiménez y Sanmartí (1997) engloba cinco dimensiones en las cuales se encuadran los objetivos de su enseñanza, tales como el aprendizaje de conceptos y la construcción de modelos; el desarrollo de destrezas cognitivas y el razonamiento científico; el desarrollo de destrezas experimentales y la resolución de problemas; el desarrollo de actitudes y valores; y finalmente la construcción de una imagen de la ciencia en correspondencia con la visión de corrientes actuales.

Lo anterior implica estimular en los estudiantes la curiosidad, la creatividad y la capacidad de aplicar los conocimientos en la resolución de problemas no solo relacionados con la ciencia sino también relacionados con la vida cotidiana, en el orden social y ambiental, lo que supone la formación de un estudiante capaz de interpretar la información científica y tecnológica. Por este motivo, en la formación del ciudadano el estudio de la física cobra un papel relevante, puesto que se convierte en el escenario que posibilita el acercamiento del ser humano a la comprensión de los fenómenos naturales y su relación con el mundo, entendiendo que es partícipe del mismo. Es justamente en este sentido, que



en la enseñanza de las ciencias surgen múltiples retos que deben ser interpretados y abordados por el profesor de la actualidad.

Bajo estas circunstancias, el estudio de conceptos físicos tales como la energía son de gran importancia para abordar estos propósitos, puesto que, de acuerdo con Doménech ET AL (2001) contribuye a la formación de ciudadanos capaces de participar en la toma de decisiones en pro de una sociedad sostenible, a la comprensión del funcionamiento de máquinas e instrumentos que facilitan nuestra vida y la toma de conciencia sobre los problemas sanitarios y ambientales que se dan en nuestro planeta. Además, su carácter unificador engloba diversas disciplinas tales como la mecánica, termodinámica, la electricidad, la teoría de campos, la química, biología, etc. Por ello, su estudio se encuentra incluido en los estándares curriculares del Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN) en los cuales se especifica que dicho concepto debe estar vinculado en las acciones de pensamiento y producción que se da por parte de los estudiantes en la Educación Básica y Media.

No obstante a estos retos, algunas investigaciones como la de Hernández (2001) reportan la vigencia de problemas en la enseñanza, entre los cuales se destacan el aprendizaje memorístico y repetitivo que, además de no favorecer una comprensión adecuada de las teorías y explicaciones científicas, no permite que los estudiantes relacionen estas explicaciones con asuntos del orden social, ambiental y cultural.



Estos problemas que se evidencian en investigaciones sobre la enseñanza de las ciencias afectan de manera particular la enseñanza de conceptos físicos tales como la energía y su conservación, ya que son términos que el estudiante escucha en contextos muy diferentes: por un lado en el social (lenguaje común) se dice que la energía se gasta o se pierde; y en el físico (lenguaje científico), contrario al lenguaje común, se dice que la energía no se crea ni se destruye, es decir se conserva, lo cual se estructura como un principio organizador denominado principio de conservación de la energía. Esto, según Solbes y Tarín (2008) se constituye en una dificultad en la enseñanza, dado que el estudiante está mayormente relacionado con el lenguaje común que con las ideas validadas en la ciencia. En este sentido, estos autores expresan que la persistencia de las ideas previas que vienen del uso de dicho lenguaje y la no contrastación con las ideas científicas se constituye en una dificultad para la comprensión de los conceptos científicos, siendo este el caso del principio de conservación.

Para este caso particular López & Katia (2004), señalan que tanto estudiantes como profesores presentan dificultades con el concepto de energía: a los estudiantes se les dificulta comprender y aplicar el principio de conservación en el análisis de fenómenos físicos, y a los profesores se le dificulta planificar estrategias adecuadas que permitan enfrentar el tránsito entre la noción cotidiana (conocimiento común) que se tiene del concepto y el proceso de construcción del pensamiento científico en el aula.

Es importante anotar que dichas dificultades no se dan solo en la actualidad, ya eran objeto de investigación antes del 2000, lo que da cuenta de que es un reto que todavía está vigente y pendiente por solucionar en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las



ciencias. Por ello, es importante revisarlas y tenerlas en cuenta a la hora de diseñar estrategias y a su vez reflexionar sobre la manera en que se llevan a cabo los procesos educativos desde los cuales, según las investigaciones actuales, no se ha dado solución a esas dificultades que se encontraban ya en los 90.

Algunas de ellas, por ejemplo, reportan que la mayoría de los estudiantes asocian la energía con la fuerza o el movimiento; la relacionan sólo con los aparatos que funcionan con energía eléctrica, con combustible o con el esfuerzo físico que realiza una persona (Driver, 1999). Por su parte, Gallastegui y Lorenzo (1993), afirman que los estudiantes reconocen la energía mecánica (la cinética y potencial gravitacional) con mayor facilidad que la energía química. Otra situación que se reporta como problemática tiene relación con el hecho de que la secuencia de enseñanza del concepto de energía (tal y como se plantea en los libros o textos de estudio) se inicia con la relación entre energía mecánica y trabajo, reduciéndola sólo al campo de la mecánica, lo que provoca confusión entre energía, trabajo y fuerza (Mellado, 1998). Las investigaciones en didáctica de las ciencias orientan a los maestros a que diseñen secuencias de enseñanza de la energía en general y de sus procesos: Transformación, transferencia, conservación y disipación, antes de pasar al concepto de energía mecánica.

Por otro lado, investigaciones más actuales pero relacionadas con los trabajos precedentes, expresan concretamente algunas de las dificultades que tienen los estudiantes para la asimilación de tales conceptos, entre las cuales se destaca que para el estudiante es usual asociar la energía solo con los cuerpos en movimiento, pensar en la energía como una



sus fuentes y por tanto no distinguir entre tipos y transformaciones de energía y pensar que la energía potencial pertenece al cuerpo y no a la interacción entre los cuerpos (Perrota et al, 2008).

Por su parte Solbes y Tarín (1998), reportan como una de las dificultades identificadas con mayor relevancia en la enseñanza, aquella relacionada con la no activación de los esquemas de transformación, conservación y transferencia de energía sin los cuales no es posible comprender el concepto de energía ni el principio de conservación. Esta dificultad se debe posiblemente a la manera desarticulada en la que se enseña la energía y el principio de conservación, ya que, en termodinámica, por ejemplo, se enseña dicho principio haciendo referencia a un gas en un recinto cerrado, estableciendo escasa o nula vinculación con las situaciones mecánicas, lo cual tiene como consecuencia que el estudiante no lo aplique en otras situaciones físicas. Además, estos autores señalan que la dificultad también radica en que los estudiantes continúan utilizando sus preconceptos y no tienen claro si la conservación de la energía es un principio o un teorema.

También se estima que estas dificultades están en estrecha relación con la diversidad de definiciones y enfoques que se encuentran en los libros de texto y demás fuentes que consultan los estudiantes, sumadas a las definiciones que son usualmente utilizadas por los profesores en el aula, en la cual aquella en la que se define la energía como la capacidad de realizar trabajo se convierte en una de las mayormente citadas. Al respecto González (2006) expresa dos razones por las cuales dicha definición presenta dificultades: al definir el trabajo como energía en tránsito junto con el criterio de que la energía es la capacidad de



cual es confuso y no favorece su comprensión al ser un discurso circular y de excesiva generalidad. Además, “los cuerpos o sistemas siempre tienen energía, aun cuando esa energía haya perdido su capacidad para realizar trabajo” (González, 2006, p. 57).

Todas estas problemáticas traen como consecuencia que el estudiante presente dificultades a la hora de resolver situaciones que exijan aplicar el principio de conservación, ya que su aplicación se restringe a un aspecto mecánico en lo que se dejan de lado otros tipos de energía y no consideran la energía interna.

Lo anterior motiva a indagar por ¿cómo estructurar el principio de conservación de la energía para su enseñanza, a partir de un análisis histórico y epistemológico de los planteamientos de Robert Mayer?

## **1.2 Objetivos**

### **Objetivo general**

Estructurar el principio de conservación de la energía para su enseñanza, a partir de un análisis histórico y epistemológico de los planteamientos de Robert Mayer

### **Objetivos específicos**

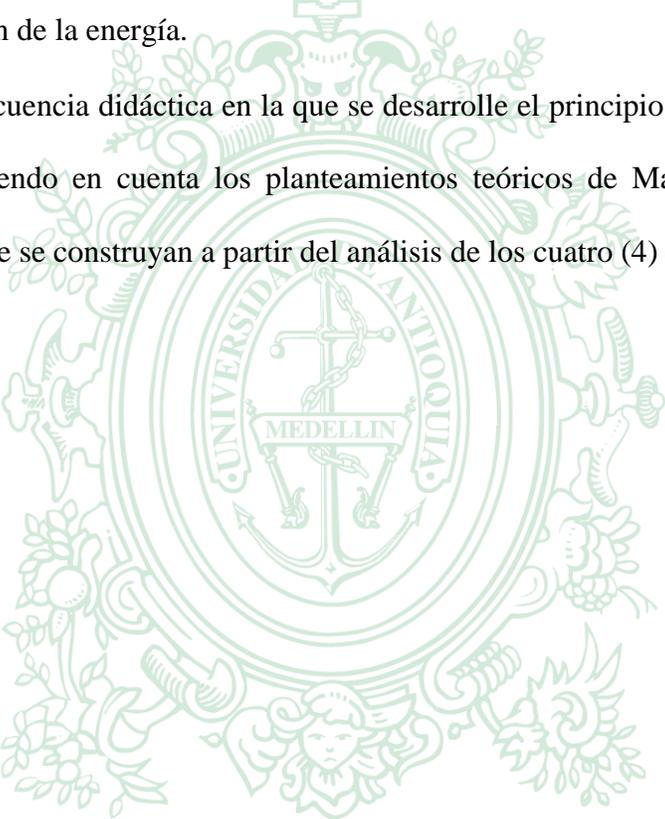
- Identificar los aspectos estructurantes del principio de conservación de la energía planteados por Mayer en sus obras “bemerkungen über die kräfte der unbelebten natur” (comentarios sobre las fuerzas de naturaleza inanimada, 1842) y “Die organische



**Facultad de Educación**

bewegung in hirem zusammenhange mit dem stoffwechsel” (El movimiento orgánico en su relación con la transformación de la materia, 1845).

- Caracterizar los modelos explicativos de cuatro (4) casos relacionados con el principio de conservación de la energía.
- Diseñar una secuencia didáctica en la que se desarrolle el principio de conservación de la energía teniendo en cuenta los planteamientos teóricos de Mayer y los modelos explicativos que se construyan a partir del análisis de los cuatro (4) casos.



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3



## **Capítulo 2. Marco teórico**

Es necesario señalar en primera instancia la importancia del principio de conservación de la energía en la física clásica, dado que este puede ser considerado como un eje estructurante y unificador, ya que su estudio favorece la comprensión de múltiples fenómenos de la naturaleza. Sin embargo, se percibe tanto en el trabajo en el aula como en las investigaciones realizadas, la persistencia de dificultades con su comprensión y la posibilidad de articularlo con la experiencia y la vida cotidiana.

Por ello y con el fin de estructurar el principio de conservación de la energía para su enseñanza, se buscó identificar el estado actual de dichas dificultades así como posibles alternativas, enmarcar el presente estudio en una línea de investigación y posteriormente, configurar una cosmovisión en la que propiedades tales como la causalidad, indestructibilidad y convertibilidad se tomaron como puntos de referencia para la comprensión de este principio. Todo esto se hizo posible tomando la historia y la epistemología de las ciencias como la base para situar cada uno de los conceptos en su contexto histórico y su interpretación.

### **2.1. Energía y conservación en el contexto de la enseñanza**

Al realizar una revisión bibliográfica acerca de los conceptos de energía y su conservación, se encuentran múltiples investigaciones, entre las cuales hay algunas clásicas tales como (Gallástegui & Lorenzo, 1993; Michinel & D'Alessandro, 1994; Solbes y



Tarín, 1998; Mellado, 1998; Driver, 1999) y mucho más recientes, pero encontrando varios puntos en común con los anteriores trabajos se encuentran (Doménech, Gil, Gras, Martínez, Guisasola y Salinas, 2001; Hodson, 2003; López y Katia, 2004; Núñez, Maturano, Mazzitelli y Pereira, 2004; González, 2006; Solbes, 2007; Solbes y Tarín, 2004 y 2008; Dima, Follari, Perrotta y Gutiérrez, 2011). En estas investigaciones no solo se ponen de manifiesto las dificultades existentes para su comprensión y enseñanza, sino también unas posibles alternativas.

En ellas, de manera general, se señala que en la enseñanza se tiende a mostrar un concepto de energía muy generalizado, con lo cual los estudiantes no comprenden el verdadero significado de la energía sino tan solo lo que produce, confundiendo las formas de energía con sus fuentes. Se estima que esto se debe a que la principal fuente a la que recurren los maestros de ciencias son los libros de texto, los cuales indirectamente se convierten en fuentes generadoras de concepciones previas en los estudiantes. Se señala, entre otras cosas, que en los libros de texto se presenta la energía restringiéndola, en la mayoría de los casos, a situaciones mecánicas; se evita abordar la energía desde un punto de vista conceptual y solo se habla de sus efectos, constatándose una falta de consenso en lo que se entiende por energía; además, en muchos de ellos, pese a que el principio de conservación fue establecido hace dos siglos por Mayer y otros, se habla en términos provenientes de la teoría del calórico (Michinel y D'Alessandro, 1994).

En consecuencia, los estudiantes presentan dificultades en la interpretación de la energía cuando está asociada a la posición de un cuerpo y piensan principalmente en la energía solo en situaciones en las que se da movimiento; no tienen en cuenta las variaciones en la



energía interna, y no activan los esquemas de transformación, conservación, transferencia y degradación de la energía, sin los cuales no es posible entender el concepto ni el principio de conservación, así como su papel articulador de toda la física. Además, no se hacen los suficientes esfuerzos en el aula para relacionar el principio de conservación con situaciones cotidianas con las cuales estén familiarizados los estudiantes y puedan comprender con mayor facilidad su formulación.

Por su parte, Solbes y Tarín (2008) proponen la historia de las ciencias como una alternativa a estas dificultades, puesto que a partir de los obstáculos encontrados en el desarrollo de las teorías científicas es posible extraer información sobre las dificultades que pueden tener los estudiantes para su comprensión. De hecho, al hacer un paralelo entre ellas se encuentran algunas similitudes, tales como: la tendencia que se observa en los alumnos a considerar sólo la energía asociada al movimiento, siendo ésta a nivel histórico la primera manifestación considerada, mientras que la energía potencial fue considerada dos siglos después; el que los alumnos consideren que el calor es una sustancia que pasa de un cuerpo a otro, coincidiendo con la idea del calórico; no diferenciar entre calor y temperatura, tal como sucedía antes de las experiencias de J. Black; y finalmente en cuanto al principio de conservación, el cual no se presenta como un principio en los libros de texto ya que lo deducen de las leyes de la dinámica, asemejándose esta situación con su desarrollo histórico, pues su estatus oscilaba, según la escuela de pensamiento, entre principio fundamental y corolario. Además, no se tienen en cuenta los aportes de la teoría de campos o la física moderna, transmitiéndose una idea incompleta de la energía y su conservación en todos los fenómenos de los diversos campos de la física.



Por todo lo anterior, se hace necesario buscar alternativas con las cuales se pueda hacer frente a los problemas expuestos, y en este sentido la historia y epistemología de las ciencias cobra una gran relevancia en las propuestas didácticas y pedagógicas que se puedan plantear para el mejoramiento de los procesos enseñanza y aprendizaje, especialmente en el caso particular del principio de conservación de la energía, ya que esta permite profundizar en el conocimiento disciplinar y además propicia escenarios de reflexión sobre la enseñanza de las temáticas desde un punto de vista crítico y adaptado a las particularidades del contexto. Además, favorece la aplicación de estrategias científicas por parte de los alumnos tales como el planteamiento de problemas y la generalización de conceptos (Solbes y Tarín, 2008).

## **2.2. Historia y epistemología en la enseñanza de la física**

Al hacer una revisión de la literatura, es observable la preocupación cada vez más creciente por la incorporación de la historia y la epistemología de las ciencias en el currículo o programas de formación de maestros, en tanto se reconoce el aporte que hace a una enseñanza contextualizada y crítica, además de permitirle al maestro en formación tener un mayor conocimiento de la estructura de la ciencia, lo cual, a su vez, se traduce en un conocimiento más profundo sobre los conceptos científicos y el reconocimiento de su lugar en el marco intelectual. Por tanto, su incorporación no solo enriquece la formación del maestro de ciencias, sino el proceso educativo que posteriormente llevará a cabo, puesto que se pretende con ello desplazar la visión clásica de la enseñanza de las ciencias, la cual se centra en la asimilación de los productos científicos dejando de lado la



En este sentido, diversos autores como Matthews (1994), Rodríguez y Romero (1999), Aguilar (2006), Castillo (2008) entre otros, coinciden en señalar el uso de la historia y la epistemología como una posible alternativa a la crisis que se presenta actualmente con la enseñanza de las ciencias, dado que, según estos autores, bajo los lentes histórico y epistemológico, las ciencias se humanizan y se acercan a los intereses personales, éticos, culturales y políticos. Además, las clases se convierten en oportunidades para desarrollar el pensamiento crítico, a la vez que son más estimulantes y reflexivas en tanto los contenidos científicos se comprenden de mejor manera y las fórmulas y ecuaciones pasan a tener un significado que antes pocos conocían, lo cual contribuye a su interiorización.

Adicionalmente, se defiende una enseñanza de las ciencias contextualizada, donde los estudiantes conozcan y comprendan las diversas formas que han tenido las ideas científicas a lo largo del tiempo y cómo dichas ideas son afectadas por los contextos social, moral, espiritual y cultural en los cuales se desarrollan (Matthews, 1994), puesto que con esto se favorece una visión de la ciencia en la que los productos científicos son cambiantes y por tanto es posible hacer ciencia, desplazando de esta manera la idea de ciencia como cúmulo de conocimientos acabados y que solo es posible memorizar pero no comprender ni mucho menos construir (Rodríguez y Romero, 1999).

DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



Bajo estas circunstancias, al recrear los problemas iniciales que se plantearon en la física, se fortalece de un lado el componente disciplinar, en tanto hay una reflexión en torno a los conceptos lo cual mejora su comprensión; pero también el componente pedagógico y didáctico, en tanto puede surgir una reorganización conceptual y nuevos enfoques que den solución al problema original (Aguilar, 2006). Esto permite entonces ver la física como una disciplina históricamente constituida lo cual, a su vez, genera procesos de recontextualización de saberes por parte de los maestros, la toma de una posición crítica frente a su saber (cómo lo comprende, qué comprende, cómo enseñarlo...), así como tener en cuenta los aportes que diversos autores han hecho a cada una de las temáticas, en lo cual el papel de la historia y la epistemología de las ciencias es determinante (Ayala, 2000, citado por Aguilar, 2006).

Por este motivo, se considera que asumir la enseñanza del principio de conservación de la energía desde un lente histórico y epistemológico puede contribuir a su resignificación, reconociendo de esta manera los factores determinantes para la identificación y comprensión de los problemas que inicialmente se plantearon y que dieron origen a su formulación, así como establecer conexiones con los intereses actuales. Por lo anterior, se analizarán las obras de Julius Robert Mayer con el fin de formalizar el principio de conservación de la energía y sus axiomas estructurantes, ya que desde este autor es posible explicarlos no solo de manera algorítmica, sino teniendo en cuenta los aspectos conceptuales que encierra dicho principio, lo cual nos proporcionará herramientas para



diseñar estrategias que propendan por su comprensión en el intento por aminorar las problemáticas existentes. Además, es de destacar que, este autor, aunque es cuidadoso y minucioso a la hora de establecer dicho principio, siempre recurre a ejemplos prácticos y cotidianos, lo cual favorece su comprensión y permite llevarlo con mayor facilidad al aula.

### **2.3. La energía y conservación desde la perspectiva de Julius Robert Mayer.**

Robert Mayer en sus obras “Comentarios sobre las fuerzas de naturaleza inanimada” (1842)<sup>1</sup> y “El movimiento orgánico en su relación con la transformación de la materia” (1845)<sup>2</sup> hace un análisis sobre lo que él llama fuerzas, que en términos actuales sería lo que conocemos como energía, considerándolas como las causas del movimiento y de la caída de los cuerpos. Así mismo, a partir de esta caracterización da algunos elementos que permiten establecer el principio de conservación de la energía, lo cual ilustra con ejemplos en los que se evidencian procesos de transferencia y transformación.

Para lograr sus propósitos Mayer (1842, 1845) apela a una estrategia de formalización en la que sus planteamientos se convierten en los ejes organizadores que luego le van a permitir decir que la energía no se crea ni se destruye, sino que se transforma, y que por consiguiente se debe conservar. En primera instancia redefine la manera en que se va a entender la causalidad, la cual va a estar enmarcada, en los términos de Cassirer (1979) en la cosmovisión fenomenológica (energética), modo de ver que se constituye en el escenario

---

<sup>1</sup> La versión original de este texto fue tomada de Magie, E.F. (1963). La traducción del inglés al español fue realizada por la autora de esta investigación.

<sup>2</sup> La versión original de este texto fue tomada de R.B. Lindsay (1973).



fértil para explicar los fenómenos en función de una relación mutua o de interdependencia. Esto lleva a que la causalidad sea entendida como una función, distanciándose así de la cosmovisión realista (mecanicista) en la cual se asume una relación unidireccional de dependencia, con una relación lógica entre un antes y un después. Como consecuencia de esto y contrario a lo planteado por Mayer (1842), la causalidad era significada como el principio que dicta la necesidad de llegar hasta la causa última del fenómeno (Vélez, Ríos y Marín, 2015), entendiendo la causa como el agente que “produce en todo tiempo y bajo las mismas circunstancias externas, efectos iguales” (Cassirer, 1979, p.4).

Por otra parte, esta resignificación de la causalidad conlleva a que para las causas se definan ciertas propiedades que estén en consonancia con el cambio de cosmovisión. En este sentido, Mayer (1842) describe dos propiedades esenciales de las causas llamadas indestructibilidad y convertibilidad, propiedades que se convierten en los pilares sobre los cuales descansa lo que hoy conocemos como la formulación del principio de conservación de la energía. Con estas propiedades establece que las causas (fuerzas) son cuantitativamente indestructibles y cualitativamente convertibles.

Para comprender el principio de conservación de energía desde los planteamientos de Mayer (1842, 1845) examinemos los fundamentos con los cuales conceptualiza este principio.



### 2.3.1 Ejes estructurantes del principio de conservación de la energía: Causalidad, indestructibilidad y convertibilidad

Causalidad: Desde Mayer la causalidad puede ser entendida como una cadena de eventos, en la que una causa es igual a un efecto y, a su vez, ese efecto es igual a una causa, de manera que si una causa  $c$  produce el efecto  $e$  tenemos  $c=e$ , pero si a su vez el efecto  $e$  produce una causa  $f$ , tenemos  $e=f...=c$ . En consecuencia, no es posible distinguir entre lo que es causa y lo que es efecto y más bien se habla de una multiplicidad de causas y efectos o interdependencia de fenómenos, por lo cual fenómenos como el movimiento no se explican en función de la fuerza como se suele hacer, sino en función de otro fenómeno, que en este caso puede ser el movimiento mismo o el calor, y de ser el calor, este se explica en función del movimiento. Además, debido a que en Mayer (1842) los efectos son indistinguibles (o intercambiables) de las causas, manifestaciones de la energía tales como el movimiento y el calor no necesariamente son efectos como lo consideramos en la actualidad, sino que también pueden ser causas. Esto Mayer (1845) lo ilustra cuando expresa que: “El calor calienta, el movimiento mueve” (p. 79). Esto es, si una masa móvil encuentra otra en reposo, esta última adquiere movimiento mientras que la primera pierde algo del que traía. Esta situación es ilustrada por Mayer con el siguiente ejemplo:

Si en el billar la bola blanca colisiona directamente con la roja, la blanca pierde su velocidad y la roja se mueve con la velocidad que la blanca ha perdido. Es el movimiento de la bola blanca que, cuando se gasta, provoca el movimiento de la roja o podemos decir se transforma en este último. El movimiento de la bola blanca es una



forma de energía. El movimiento de la roja es un efecto que es igual a la causa; también es una forma de energía. (1845, p. 79)

Aquí es importante anotar que la colisión de una bola en movimiento puede provocar el movimiento de otras bolas y aún continuar moviéndose, por lo cual podemos decir que la magnitud de la energía cinética de todo el sistema se mantiene antes y después de la colisión. Se resalta entonces cómo desde Mayer (1845) el movimiento puede ser causa del movimiento mismo (el movimiento produce movimiento).

Adicionalmente, si se entiende la causalidad como una interdependencia de fenómenos, una función o cadena de eventos, la explicación de un fenómeno se da en función de otro fenómeno, de manera que la preocupación no está centrada en determinar la causa que produce un efecto, sino en la relación que se puede establecer entre los efectos que permiten explicar la ocurrencia de los fenómenos, lo cual es clave para entender cómo Mayer (1842) llega a que la energía no se crea ni se destruye sino que se transforma. Al respecto, Mayer (1845) propone el siguiente ejemplo en el cual se puede visualizar un modo de entender la causalidad:

[...] Supongamos que una masa de 1 libra comienza a moverse hacia arriba con una velocidad de 30 pies por segundo. Después de 1 segundo, el movimiento ha cesado, y la masa de 1 libra ha sido levantada a 15 metros sobre el suelo. La energía que se ha puesto de relieve a este peso es su movimiento; lo que antes era efecto ahora es la causa, lo que era causa ahora se ha convertido en efecto. La energía de caída se ha transformado en movimiento y el movimiento a su vez transformado en energía de caída. (p. 81).



Energía de caída es lo que actualmente conocemos como energía potencial gravitacional, de manera que cuando tenemos un objeto levantado a unos metros sobre el suelo decimos que posee dicha energía; por su parte, la energía que aparece cuando hay movimiento la conocemos como energía cinética, que en términos de Mayer se conoce como la fuerza viva (*vis viva*). El ejemplo anterior entonces puede traducirse en términos actuales considerando una piedra que es lanzada hacia arriba hasta que pierde por completo su movimiento y se detiene. Hasta aquí podemos decir que el movimiento (energía cinética) se transformó en energía potencial. Sin embargo, una vez sucede esto la piedra nuevamente empieza a caer, de manera que la energía potencial se transforma en movimiento, con lo cual es claro entonces que la causa produjo un efecto que a su vez se convirtió en la causa de otro efecto. Esta relación, que más arriba se denotó como  $e=f...=c$  es la base para los siguientes planteamientos que hace Mayer en relación con la conservación de la energía ya que en esta ecuación, debido precisamente a su naturaleza, ningún término puede ser igual a cero (0). El hecho de que ningún término en la ecuación pueda ser cero (0) nos lleva a concluir la imposibilidad de la desaparición de las causas y los efectos, y de acuerdo con Mayer (1845), no hay efecto sin causa, ninguna causa desaparece sin su efecto correspondiente: “*Ex nihilo nil fit. Nihil fit ad nihilum* (De la nada, nada sale. No pasa nada por nada).” (p. 78).

Esta es entonces la primera propiedad que describe Mayer (1842) para las causas, la cual surge como consecuencia de asumir la causalidad como una relación mutua o interdependencia entre los fenómenos junto con el principio básico de que “nada pasa por nada”. Esta propiedad es la que él llama indestructibilidad: las causas son agentes indestructibles, esto implica que los fenómenos no se pueden aniquilar, es decir no se pueden reducir a cero (0). Por lo anterior podemos decir que tanto el calor como el movimiento,



## Facultad de Educación

ambos equivalentes a fenómenos, causas o efectos no pueden desaparecer, y por tanto el calor puede ser la causa del movimiento y, a su vez, el movimiento la causa del calor. En el caso de una locomotora, por ejemplo, el calor producido en la caldera provoca el movimiento de ésta por los rieles, pero a su vez el deslizamiento de la locomotora por los rieles produce calor, lo que también sucede al frotar dos placas de metal.

Notemos que en el caso del frotamiento de las placas de metal el calor que se produce es cuantitativamente igual al movimiento que lo origina, lo cual está justificado por la propiedad indestructible de las causas y el hecho de que en la cadena  $e=f...=c$ , no hay ningún factor externo que pueda intervenir puesto que la igualdad se modificaría. Sin embargo, aunque cuantitativamente la cantidad de movimiento se mantiene, se produce un cambio cualitativo dando origen al calor. Notemos, además, y es clave tener esto en cuenta al analizar las obras de Mayer (1842, 1845) que en este caso el calor se asume como un tipo de energía, contrario a la manera en que se conceptualiza actualmente, donde se entiende que el calor es un proceso de transformación de la energía y no energía en sí mismo. El asumir el calor como un tipo de energía es lo que le permitirá a Mayer (1842) plantear las propiedades.

La segunda propiedad que describe Mayer para las causas, es la que él denomina convertibilidad, y hace referencia a las diversas formas en que pueden manifestarse las causas, convirtiéndose unas en otras. Notemos además que cuando se tiene una causa  $c$  que produce un efecto  $e$ , decimos, por la causalidad e indestructibilidad, que  $c=e$ , de manera que cuando esta igualdad se cumple  $c$  ha dejado de ser  $c$  en su totalidad para convertirse en  $e$ . Sin embargo, si no aparece  $c$  en su totalidad, es decir  $c < e$ , lo cual es contrario a la suposición  $c=e$ , entonces sabemos que la parte restante debió haber producido otros efectos. En consecuencia, dice Mayer, “puesto que  $c$  se convierte en  $e$ , y  $e$  se convierte en  $f$ ,



etc., debemos considerar estas diversas magnitudes como diferentes formas bajo las cuales un mismo objeto hace su aparición” (1842, p.196).

Lo anterior está justificado en la propiedad de la convertibilidad de las causas, la cual además nos permite hablar de las diferentes transformaciones que se pueden dar en un sistema, para continuar así la cadena de causas y efectos. Un ejemplo de transformación cualitativa puede observarse también en una máquina de vapor, en la cual el calor se convierte en el movimiento de un peso o la elevación del mismo, donde la cantidad de movimiento es cuantitativamente igual a la cantidad de calor. Nótese además que en el caso de la máquina de vapor y de la locomotora el calor se está tomando como una causa y no como energía degradada como se suele tomar en la actualidad.

### **2.3.2 El principio de conservación desde la perspectiva de Mayer**

Hasta aquí hemos explorado los ejes estructurantes planteados por Mayer para establecer el principio de conservación de la energía, siguiendo una secuencia lógica en su manera de pensar. Notemos que la propuesta de Mayer, además de constituirse en una estrategia metodológica, puede ser asumida como una manera de ver o de pensar que nos permite organizar ciertas fenomenologías y construir explicaciones acordes con este modo de proceder. En primera instancia, se asume la causalidad como una cadena de eventos o sucesos, es decir como una función o interdependencia de fenómenos, de manera que una causa  $c$  produce un efecto  $e$  y este efecto  $e$  produce otro fenómeno  $f$ . Esto inmediatamente nos lleva a la propiedad indestructible de los fenómenos, puesto que se está asumiendo que la causa no puede desaparecer y además debe producir un efecto igual a ella, donde cuantitativamente (numéricamente) decimos  $c=e$ , lo cual nos permite concluir la



## Facultad de Educación

convertibilidad de las causas. Al asumir que  $c=e$ , es decir, que el número se conserva (la causa como agente indestructible) al no aparecer  $c$  en su totalidad queda la pregunta por lo que pasó con lo restante, de allí que se piense en diversas formas en las que se pueda haber manifestado esa causa, conservándose el número, pero cambiando de naturaleza (cambio cualitativo).

Se puede ilustrar esta metodología pensando en un objeto cualquiera que se pone en movimiento sobre una superficie plana. Al cabo de unos segundos, el objeto se detendrá, lo cual, como asumimos la causalidad, nos llevará a preguntarnos por qué se detuvo. Luego, como asumimos la indestructibilidad, nos preguntamos en qué se invirtió la totalidad del movimiento que el objeto llevaba, lo que tiene como consecuencia inmediata que nos preguntemos las distintas formas en las que, con la finalidad de que el número se conserve, se manifiesta ese movimiento (convertibilidad).

En este sentido, las fuerzas (causas) para Mayer (1842, 1845) son entidades que solo pueden llegar a ser identificadas en relación a la convertibilidad de fenómenos identificándose inicialmente dos fuerzas: la de caída (energía potencial) y la del movimiento o vis-viva (energía cinética), de manera que si se tiene un efecto mecánico en la que una fuerza es transformada en la otra, desde Mayer (1842, 1845) dicho efecto mantiene un valor constante. En esta situación aparece entonces el primer planteamiento de conservación de la fuerza o energía. Sin embargo, este se amplía cuando se tienen en cuenta situaciones en las que un movimiento desaparece sin producir otro movimiento o levantar un objeto, en lo que aparecen otros tipos de fuerzas a considerar, en este caso el calor.



Debido a que no es posible que el movimiento desaparezca sin producir otro efecto, hecho que se asume por la causalidad e indestructibilidad de los fenómenos, es necesario pensar en qué otra forma puede manifestarse el movimiento cuando no reaparece en un efecto mecánico. Para ello, y es clave para Mayer, la experiencia es la

única que puede proveer información. Por esto al frotar dos placas de metal entre sí y encontrar que el movimiento da lugar al calor, se llega a la conclusión de que el calor es también una fuerza que, al ser producida por una fuerza mecánica, de igual manera puede a su vez transformarse en una fuerza de tipo mecánico. El movimiento produce calor, el calor produce movimiento... la energía se conserva.

Por tanto, teniendo en cuenta la causalidad, la indestructibilidad y convertibilidad de los fenómenos, además de la información obtenida por la experiencia y la necesidad de formular un principio que permita explicar las conexiones entre diversos efectos, se concluye, en general, que las diversas formas de la fuerza (energía) pueden transformarse unas en otras y de esta manera mantener un valor constante en el universo, llegando así a la formulación de El Principio de Conservación de la Energía.



### **Capítulo 3. Marco metodológico**

#### **3.1 Enfoque y método**

En el presente estudio se aborda un problema educativo, entendiendo que el desarrollo cognitivo de los estudiantes está mediado por el contexto social y cultural en el que se desenvuelven, lo cual exige una interpretación con carácter flexible. Por ello, no se pretende suprimir estas particularidades para enfatizar en aspectos disciplinares, sino tener en cuenta la complejidad de las relaciones humanas que se tejen en condiciones específicas y sus implicaciones en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, y particularmente en la física. Por lo anterior, se escoge como enfoque de investigación un enfoque cualitativo, en el cual no se busca generalizar ni evaluar hipótesis o teorías preconcebidas, sino comprender cómo comprende el otro dentro de su propio marco de referencia, en este caso particular comprender las concepciones que tienen los estudiantes acerca de la energía y su conservación.

Para lo anterior se tiene en cuenta lo descrito por Hernández, Fernández y Baptista (2006), según lo cual, el enfoque cualitativo aplicado en una investigación con seres humanos, el interés está centrado en los conceptos, percepciones, pensamientos, experiencias y procesos manifestados en el lenguaje de cada uno de los partícipes de la investigación. Para ello se lleva a cabo un estudio enmarcado en situaciones cotidianas y naturales para los casos, donde el investigador está inmerso en el proceso y es partícipe desde el inicio, de manera que no es ajeno a las vivencias y problemáticas y por tanto experimenta la realidad tal como es experimentada por los casos seleccionados. Esto



permite identificarse con ellos de tal manera que se puede comprender cómo ven las cosas atendiendo a su contexto y vivencias personales, lo cual se logra a través de la interacción en el aula de clase y en actividades académicas, culturales, entre otras, en aras de reconocer cómo es concebido el principio de conservación de la energía y las coincidencias con los significados históricos anteriormente expuestos.

Debido a que no se pretende generalizar en un sentido estadístico, sino que se busca caracterizar los modelos explicativos que tiene cada caso sobre el principio de conservación de la energía, se ha seleccionado el método de casos para la investigación. Este método, de acuerdo con Solano (2005) permite estudiar eventos humanos y acciones en sus escenarios naturales, y además “provee información de varias fuentes y durante un periodo que permite un estudio holístico de complejas redes sociales y de la complejidad de la acción social y sus significados sociales” (p. 120).

Por otro lado, de acuerdo con Stake (1999) y la clasificación que hace sobre el método de casos, la presente investigación se basa en el método de casos instrumental, debido a que el interés está centrado en el estudio del principio de conservación de la energía y para ello se seleccionan algunos casos, de manera que aporten información, pero no son el objeto de estudio. Además, y siguiendo con Stake (1999) la investigación llevada a cabo con este método “comparte la carga de clarificar las descripciones y de dar solidez a las interpretaciones” (p. 91) con lo cual proporciona herramientas que permite la reexaminación e interpretación innovadora de conceptos científicos, tales como el principio de conservación, cuyo análisis puede derivar en propuestas pedagógicas que, desde una mirada histórica y epistemológica, busquen alternativas a las problemáticas encontradas,



donde se reivindique el papel del estudiante y del profesor como sujetos activos en la construcción social del conocimiento científico. En este sentido, se han retomado las obras de Julius Robert Mayer (1842, 1845), las cuales a partir de su análisis histórico y epistemológico permiten formalizar el principio de conservación de la energía y sus axiomas estructurantes, teniendo en cuenta los problemas que se plantearon inicialmente hasta llegar a su formulación.

### **3.2 Contexto de investigación**

La presente investigación se realizó en la institución educativa Francisco Luis Hernández Betancur, la cual se encuentra ubicada en el barrio Campo Valdés, Medellín, Antioquia, barrio de condición socioeconómica media-baja; esta institución se ubica en la dirección calle 87 NO 50AA – 21. Es una entidad oficial, adscrita a la Secretaría de Educación del municipio de Medellín, enmarcada en un proyecto de Gestión de la Calidad y la Inclusión Educativa.

La Institución cuenta con Jornada Única diurna y es de carácter mixto. El nivel de estrato socioeconómico de su población oscila entre 1 y 3, lo cual, sumado a que es una institución que cuenta con población sorda, vidente e invidente, la convierte en un escenario donde se evidencian problemáticas de carácter familiar, social y económico. Lo anterior se traduce en mayores dificultades para llevar a cabo los procesos educativos, ya que algunos estudiantes no manifiestan una adecuada actitud y además las diversas situaciones a las que debe atender la institución y que se presentan dentro de ella, dado que el proceso de inclusión que se lleva a cabo en la actualidad, en algunas ocasiones retrasan los contenidos a enseñar según el plan de estudios establecido.



Esta institución cuenta con diversos escenarios complementarios a las aulas de clase, tales como: canchas de fútbol, baloncesto, voleibol y vóley playa, amplias zonas verdes, una piscina, una biblioteca con textos en tinta y braille, un aula de informática y aulas de apoyo donde se brinda atención de manera particular a los estudiantes ciegos y otras para los sordos, como complemento al proceso educativo. Además, la mayoría de aulas cuentan con ordenadores y proyectores, los cuales favorecen y enriquecen el proceso de enseñanza. Así mismo, estas condiciones favorecieron la aplicación de los instrumentos vía recolección de los datos.

### **3.3 Casos y criterios de selección**

En esta investigación se seleccionaron cuatro casos teniendo en cuenta unos criterios orientados a que cada uno de ellos pudiera aportar información relevante para el cumplimiento de los objetivos planteados. Esta selección se apoyó en la observación realizada en el aula de clase, junto con el registro que se llevaba a cabo en el diario pedagógico, lo cual permitió conocer el perfil de los estudiantes y así llegar a su elección. No obstante, en el análisis final de los datos, solo se tuvieron en cuenta tres de los cuatro casos, ya que surgieron dificultades para la realización de la entrevista a uno de ellos por condiciones médicas. Dado lo insuficiente que resultó la información suministrada por el caso en los dos instrumentos iniciales para caracterizar su modelo explicativo en relación



con el principio de conservación de la energía, este caso no es reportado en el capítulo de hallazgos.

Los cuatro casos estuvieron conformados por dos hombres y dos mujeres, con un rango de edades que oscila entre los 16 y 18 años, y se seleccionaron atendiendo a los siguientes criterios:

En primer lugar, que pertenecieran al grado once, puesto que con esto se garantizaba un conocimiento por parte de los casos sobre el tema; no queriendo decir con ello que se pretenda evaluar ni dar apreciaciones sobre el proceso de enseñanza por parte de sus profesores de ciencia, sino garantizar una relación previa de los casos con el principio de conservación. En segundo lugar, se tuvo en cuenta que fueran estudiantes que mostraran interés y fueran participativos, ya que pueden dar a conocer sin mayores dificultades sus apreciaciones sobre un tema en concreto, así como identificar en ellos una mayor tendencia a buscar y dar explicaciones a diversas situaciones que les sean planteadas, con lo cual se puede llegar a conocer cómo comprenden el concepto. En tercer lugar, se buscó en ellos una actitud de compromiso con las actividades, pues se hacía indispensable garantizar la continuidad de todos los casos en el proceso principalmente porque se requería aplicar algunos instrumentos en horas extracurriculares. Y finalmente, pero no por ello menos importante, se tuvo en cuenta su gusto e interés por la física particularmente, puesto que se requería una participación activa, comprometida y fructífera en las diferentes actividades que les fueron planteadas, en lo cual se estima que el gusto por el tema en concreto favorece dichas características.



### **3.4 Recolección de la información**

La recolección de la información se llevó a cabo en tres sesiones, las cuales tuvieron una duración de dos horas aproximadamente. La entrevista se realizó de manera individual con cada participante, y las demás actividades fueron explicadas en conjunto a los cuatro casos, pero cada uno de ellos trabajó individualmente en su hoja de respuestas. A continuación, se hará una breve descripción de los métodos e instrumentos que fueron utilizados en la recolección de los datos.

Observación: Durante esta investigación se llevó a cabo una observación de los casos en su contexto escolar, con el fin de recolectar información acerca de su comportamiento, interés y participación en las diferentes actividades, los cuales sirvieron como criterios para posteriormente hacer la selección de los casos que participaron en la investigación. En este sentido, la observación se entendió como “la investigación que involucra la interacción social entre el investigador y los informantes en el medio de los últimos, durante la cual se recogen datos de modo sistemático y no intrusivo” (Taylor & Bogdan, 1987, p. 29).

Los registros obtenidos fueron recolectados en una bitácora de observación (ver anexo 1), donde no solo se hicieron anotaciones con respecto a las diferentes actividades que se realizaban en las clases, sino interpretaciones como investigadora acerca de las actitudes que tomaban algunos de los estudiantes con respecto a las mismas, teniendo en cuenta su contexto particular. La información recolectada en la bitácora de observación sirvió como guía a la hora de diseñar la secuencia didáctica, puesto que permitió hacer el seguimiento a



las dificultades existentes en el aula, no solo de tipo académico o la comprensión de los temas, sino de tipo social y familiar.

Lo anterior fue complementado con la información recolectada en el diario pedagógico, el cual, de acuerdo con Porlán y Martín (1999) se constituye en una herramienta de investigación en el aula, de manera que permite identificar problemáticas y registrar información sobre la cual se está volviendo constantemente para su reflexión, revisión y análisis, a partir de lo cual pueden surgir ideas para plantear propuestas de enseñanza con las que dar solución a las problemáticas encontradas y así conseguir un proceso de aprendizaje fructífero. En él entonces se registraron las experiencias más relevantes, se identificaron las problemáticas existentes en el aula y se hizo seguimiento a los estudiantes de manera que se pudo caracterizar su perfil, lo que sirvió posteriormente para elegir los casos participantes en la investigación.

Encuentros académicos: Para llevar a cabo la investigación fue necesario generar encuentros presenciales en horarios extra clase con los casos seleccionados para el estudio. En dichos encuentros se aplicaron dos instrumentos, los cuales fueron diseñados siguiendo las orientaciones del marco teórico y posteriormente validados. En el primero se indagó por la transferencia de energía y el principio de conservación y la manera en que era caracterizado por cada uno de los casos, a partir de situaciones extraídas de lo planteado por Mayer (1842, 1845), tales como la colisión de bolas de billar, el frotamiento de placas de metal y el movimiento generado por el vapor de una caldera (ver anexo 3); en este los casos debían responder de manera escrita a las preguntas planteadas, teniendo en cuenta cada una de las situaciones. En el segundo se indagó por la transformación de la energía y la relación con el



principio de conservación, a partir de una actividad experimental sobre caída libre, atendiendo a lo planteado por Mayer (1842) (ver anexo 4); posterior a la actividad los casos debieron responder preguntas de manera escrita. Si bien cada instrumento tenía el objetivo de indagar por un proceso en particular, al tener entre sí una conexión por medio del principio de conservación, se indagó por los procesos de manera simultánea y teniendo como objetivo comprender cómo comprenden los casos dicho principio.

Entrevista semiestructurada: Fue un método flexible y dinámico el cual, de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2006), consiste en un encuentro intencionado entre el entrevistado (quien hace las preguntas) y el entrevistador (quien responde las preguntas) con el fin de recolectar información para la investigación. Este método tuvo como objetivo generar una comunicación entre la investigadora y los casos, buscando que se expresaran de manera libre, tranquila y natural. Además, gracias a los matices aportados en las respuestas de los casos y la interrelación o conexión establecida entre los temas por la investigadora en las entrevistas, fue posible construir un conocimiento e interpretación global acerca de la caracterización que daba cada uno de los casos al principio de conservación.

Para este caso se utilizó como instrumento un protocolo de entrevista previamente diseñado (ver anexo 2), en el cual las preguntas se plantearon atendiendo a las categorías establecidas a partir del marco teórico (categorías apriorísticas). En él además se abordaron algunas de las situaciones expuestas en los instrumentos anteriores, con el fin de hacer claridad sobre algunos aspectos que no quedaron lo suficientemente claros y generaban dificultades a la hora de interpretar la comprensión que tenían los casos sobre el principio de conservación. Este protocolo sirvió como guía para la entrevista, sin embargo, en el



desarrollo de la misma surgieron otras preguntas. Las entrevistas fueron grabadas y posteriormente transcritas con el fin de facilitar el análisis.

### **3.5 Sistematización y análisis de los datos**

Con el fin de sistematizar y poder posteriormente analizar las respuestas de los casos, la información recolectada fue organizada en matrices de doble entrada (ver anexos 5 y 6), en cuyas columnas se ubicaron los casos y en las filas una paráfrasis o la respuesta textual que daban a cada una de las preguntas. Esto permitió llegar a los asertos, los cuales, de acuerdo con Stake (1999) hacen referencia a la interpretación fundamentada que el investigador hace sobre la manera en que el caso comprende el concepto, a partir de lo cual, y teniendo en cuenta las categorías previamente establecidas, fue posible construir una proposición general en la que se resumió la manera en que cada caso comprendía el principio de conservación; este aserto fue ubicado en la última fila. De manera análoga, para cada una de las preguntas también se construyó un aserto, el cual fue ubicado en la última columna. En estos se resumieron las puestas en común que tenían los casos para cada pregunta.

Para la construcción de los asertos se eligieron las líneas como unidad de análisis (Hernández, Fernández y Baptista, 2006), puesto que no solo se tuvo en cuenta la frecuencia de la utilización de los términos por parte de los casos para comprender su marco conceptual, sino que fue incluso más importante el contexto en el que usaban dichas palabras, ya que esto permitió darle el significado y una explicación como investigadora a la idea que plasmaba cada uno de los casos.



Con el objetivo de aumentar la confiabilidad y coherencia interna de las interpretaciones se aplicaron diversas estrategias de triangulación, entendida como la “combinación en un estudio único de distintos métodos o fuentes de datos” (Denzin, 1978; Patton, 1980, citado en Taylor & Bogdan, 1987, p. 91). Entre las que se destacaron diferentes métodos tales como triangulación de datos (Hernández, Fernández y Baptista, 2006), a partir de la información recolectada en los diferentes instrumentos, la observación y la entrevista; además, se hizo triangulación con el marco teórico, es decir que los datos obtenidos fueron analizados a la luz de los planteamientos allí establecidos, lo que se concretó en las categorías apriorísticas.



## **Capítulo 4. Hallazgos**

En este capítulo se presentan los hallazgos de la investigación, obtenidos a partir del análisis y sistematización de los datos arrojados por los instrumentos anteriormente descritos. Los participantes en la investigación serán llamados casos o C1, C2 y C3 en las situaciones donde se haga necesario particularizar, y en el caso de citar fragmentos de entrevistas la entrevistadora se nombrará por E.

Con el fin de hacer más amena y fluida la lectura, en algunas ocasiones se especificó el instrumento en el que se obtuvo la respuesta del Caso citado. Sin embargo, esto no siempre se hizo, por lo cual si el lector desea entrar en detalle puede remitirse al anexo 5 y 6, donde encontrará las matrices correspondientes a cada uno de los instrumentos. Adicionalmente, con el fin de esclarecer y poner en contexto al lector, se añadieron entre paréntesis comentarios por parte de la investigadora en algunas citas de los casos, es decir que todo lo que aparezca entre paréntesis no corresponde a la respuesta del Caso sino a un comentario añadido con el cual se aclara a lo que se refería el Caso cuando esto no es lo suficientemente claro en la respuesta.

### **4.1 La Causalidad: Una interdependencia entre fenómenos.**

Desde Mayer (1842, 1845) la causalidad es asumida como una cadena de efectos y causas, donde unos son indistinguibles de los otros y por tanto fenómenos como el movimiento pueden ser explicados no solo en función de la fuerza, como se hace en la actualidad:



el movimiento no se explica entonces solo como un efecto, sino en función de otro fenómeno. Dicho fenómeno puede ser el calor (el que también es entendido como una causa o efecto) o incluso el movimiento mismo. Es decir, bajo esta perspectiva fenómenos como el calor y el movimiento no son considerados solo como efectos, sino que también pueden ser causas. Esto lo expresa Mayer (1845) cuando dice: “El calor calienta, el movimiento mueve” (p. 3). Por lo anterior, en este modo de entender la causalidad la preocupación no está centrada en llegar hasta la causa que produjo el efecto, sino en la relación que se puede establecer entre los fenómenos para explicar la ocurrencia de un fenómeno en función de otro fenómeno.

Con el fin de identificar cómo es entendida esta relación por los casos, se les planteó varias situaciones extraídas de los presupuestos teóricos de Mayer, las cuales debían ser analizadas para posteriormente explicarlas de acuerdo con sus ideas y conocimiento al respecto. Entre ellas, se analizó lo que pasa cuando en el juego de billar la bola blanca impacta la bola roja, el fenómeno que se observa al frotar dos placas de metal y el movimiento de la locomotora que se produce gracias al vapor que expulsa una caldera.

Se identifica en los casos 1 y 2 la tendencia a explicar un fenómeno en función de otro. Esto se ve reflejado en respuestas como: “[...] las placas creaban calor a partir de fricción y energía cinética” (C 1); “ambos (las dos placas y la locomotora) están en una situación de movimiento generada por la energía cinética” (C 2). Nótese que ambos casos, aunque no hacen referencia explícita al movimiento, sí se refieren a la energía cinética la cual es asociada con el movimiento del cuerpo. Por ello, se interpreta que los casos 1 y 2, de acuerdo con lo planteado por Mayer, asumen la causalidad como la interdependencia de



fenómenos. El Caso 1 asume que el calor se produce por el movimiento, mientras que el Caso 2 asume que el movimiento mueve.

No obstante, el Caso 1 también asocia a la aparición del calor la fricción, la cual, de acuerdo con los asertos horizontales encontrados, es asumida por los cuatro casos como la fuerza que aparece cuando se encuentran dos cuerpos en contacto y se encuentran en movimiento. El Caso 3 lo dice explícitamente en el siguiente fragmento de la entrevista:

E: Cuando frotamos una placa de metal con otra notamos que éstas se calientan ¿cierto?  
¿Tú por qué crees que aparece ese calor?

C3: Por la fricción entre las dos placas. Esa fricción genera calor.

E: ¿Y para ti qué es la fricción?

C3: Es una fuerza ¿no? Una fuerza que aparece cuando se frota las dos placas.

E: ¿O sea que la fricción es una fuerza que aparece cuando se frota dos cuerpos entre sí?

C3: aja. Cuando hay dos cosas que están en contacto y se están frotando ahí hay fricción.

También se encontró que el Caso 1, habla de la fuerza como causa del movimiento, pero a su vez, el movimiento también como causa. Cuando se le pregunta por el movimiento de las bolas de billar dice lo siguiente: “la velocidad y fuerza de la bola blanca impulsa completamente a la bola roja”. Esta fuerza de la que habla aparece como el “impacto” o “golpe” (términos utilizados por C1 y C3) que se da entre la bola blanca y la bola roja.



De esta explicación pueden interpretarse dos cosas: por un lado, que para C1 el movimiento es un efecto, donde la causa es la fuerza, alejándose entonces de la causalidad como cadena de eventos. Pero por otro, se habla también de velocidad, en lo que deja entrever que de cierta manera considera el movimiento de la bola blanca como una causa del movimiento de la bola roja, lo cual sería más acorde con la explicación que da para la situación en la que reconoce el movimiento como causa del calor. Se observa una tendencia en C1 a explicar los fenómenos en función de otros, sin embargo es atravesado por los conceptos que se estima pueden venir de sus clases de física, dado que actualmente el movimiento es explicado siempre como el efecto de una fuerza que se aplica.

Por otro lado, C3 reconoce la fuerza como la causante de la aparición de la energía. Se notaba durante la entrevista una tendencia a usar los términos “fuerza” o “energía” para referirse indistintamente al mismo fenómeno. Por ello, se le hace la siguiente pregunta:

E: ¿Hay alguna diferencia entre energía y fuerza?

C3: sí... que la fuerza va antes de la energía.

E: ¿La fuerza va antes de la energía?

C3: Sí, que primero hay una fuerza que mueve un objeto o mueve alguna cosa y ahí empieza a tener energía, cuando se aplica la fuerza.

Se observa en este fragmento que C3, tal y como se expuso en el planteamiento del problema y el marco teórico, asocia la energía principalmente con el movimiento del objeto, y no tiene en cuenta la energía asociada a la posición. Además, aparecen nuevas situaciones



en las que atribuye a la fuerza la causa del movimiento con lo cual se reafirma su posición, como se evidencia en el siguiente fragmento:

E: Sabemos que el movimiento de una locomotora se da gracias al vapor que expulsa una caldera. ¿Encuentras alguna relación entre el hecho de que las placas se calienten al moverse y que la locomotora adquiera movimiento a partir de vapor?

C3: umh... a ver, pero es que la locomotora se mueve distinto ¿no? No es con fricción como las placas. La locomotora se mueve por el calor del vapor.

E: ¿Quieres decir que, la locomotora se mueve gracias al calor?

C3: no... con la presión del vapor que suelta la caldera.

Aunque el caso en un principio atribuye al calor la causa de que la locomotora se mueva, al interrogarlo explícitamente por esta situación argumenta que en realidad se da por la “presión” (fuerza) que ejerce el vapor que expulsa la caldera. De esto se interpreta que, tanto C1 como C2 acuden a la interdependencia de los fenómenos para explicar la ocurrencia de los mismos, aunque C1 con ciertas acepciones, circunscribiéndose a la cosmovisión fenomenológica (energética); mientras que C3 atribuye exclusivamente a la fuerza ser la causante del movimiento y el calor, es decir, al mayor número de efectos le atribuye el menor número de causas, circunscribiéndose a la cosmovisión realista (mecanicista). Esto conlleva a que la causalidad sea entendida para C1 y C2 como una función, mientras para C3 como una relación unidireccional lógica entre un antes y un después.



#### **4.2 El principio de conservación de la energía: una construcción a partir de la indestructibilidad y convertibilidad de las causas**

Como consecuencia de asumir la causalidad como la interdependencia de fenómenos o cadena de eventos, junto con el principio básico de que “de la nada nada sale”, se define para las causas (energía) la propiedad denominada por Mayer (1842) como indestructibilidad. Esto es, ninguna causa puede desaparecer sin su efecto correspondiente, dado que se rompería la cadena. De allí que los fenómenos no puedan reducirse a cero, donde entonces la existencia de uno implica la ocurrencia de otro. Como ningún fenómeno puede aniquilarse, es decir, debe mantenerse la relación cuantitativa entre ellos, decimos que  $c=e=\dots=f=\dots=c$ , y en consecuencia, aparece para la energía una segunda propiedad denominada por Mayer (1845) como convertibilidad. Con ella se describe la posibilidad que tienen las causas de convertirse unas en otras, es decir, es la propiedad que nos va a permitir hablar de la transformación cualitativa que tiene la energía en los diferentes procesos.

Para la indagación acerca de la manera en que los casos comprenden estas dos propiedades, se propuso un experimento de caída libre durante el cual se analizaron las diferentes transformaciones que se daban de la energía. Además, se tuvieron en cuenta los hallazgos obtenidos en el instrumento 1, donde además se pudo constatar como aserto horizontal que la energía se transmite, distanciándose de esta manera de lo expuesto por Solbes y Tarín (1998) quienes encuentran como una de las dificultades para la comprensión del principio de conservación, la no activación de los esquemas de transferencia de la energía. C1 y C2 dicen explícitamente que la energía se transmite, mientras que C3 usa palabras como



“toma” o “pasa” en lo cual deja entrever que también tiene la noción de que la energía se transmite, y lo expresa de la siguiente manera: “Al ser golpeada (la bola roja) toma o adquiere energía cinética aumentando la velocidad de su movimiento y vuelve a disminuir por la fricción que hay en la mesa”.

Nótese que C3 reconoce que la disminución del movimiento de la bola roja se da por la fricción de la mesa, pero no da cuenta de lo que pasa con ese movimiento, es decir, para él el movimiento desaparece, sin ningún tipo de explicación. Para C3 entonces los fenómenos se pueden aniquilar, con lo cual no reconoce para la energía la propiedad de la indestructibilidad. Esto se puede interpretar con mayor seguridad en el siguiente fragmento de la entrevista:

E: pero me dijiste que la bola roja al ser impactada por la bola blanca adquiriría energía cinética. ¿Por qué la adquiere?

C3: Por el impacto que tiene, porque la bola blanca le pasa la energía que tiene ¿no? Yo creo que es algo así. Al golpearla la impulsa.

E: ¿Es decir que la bola blanca que traía energía cinética le pasa toda su energía a la bola roja?

C3: Parte de la energía.

E: ¿Parte de la energía? ¿Y qué pasa con la otra parte?



**Facultad de Educación**

C3: Se queda en la bola blanca, o se devuelve, pues algo así ¿sí me entiende? O sea, cuando la bola blanca le pega a la roja, la blanca no se queda quieta de una sino que la blanca se devuelve un poquito. Entonces yo digo que parte de la energía que llevaba se la transmitió a la roja y la otra parte se perdió, pues se queda ya ahí.

E: ¿Se perdió?

C3: sí.

E: ¿Por qué se pierde?

C3: Umh... no, no sé. Pero es que la bola blanca le pega a la bola roja y se devuelve un poquito y después se queda quieta, entonces yo digo que pues le pasó solo una parte y la otra parte se perdió.

E: ¿En qué se pudo haber manifestado esa energía que se perdió?

C3: No, no sé. Pero mire que la energía de la bola blanca queda en cero porque deja de moverse.

E: ¿Entonces hubo una pérdida de energía que no se sabe que pasó con ella?

C3: Pues yo la verdad no, no sé.

E: ¿En resumen entonces podríamos decir que no se invierte toda la energía que traía la bola blanca?

C3: aja.



El no reconocer la indestructibilidad como propiedad de la energía tiene como consecuencia inmediata la anulación también de la convertibilidad, puesto que si el fenómeno se aniquila no se puede dar ninguna transformación cualitativa, con lo cual sí se identifican algunas de las dificultades expuestas por Solbes y Tarín (1998), ya que no se activan los esquemas de transformación y conservación de la energía.

Por su parte C1 expresa: “La energía cinética de la bola blanca se la transmite toda a la bola roja en el impacto”. Es decir que para C1 se invierte la totalidad de la energía de la bola blanca, la cual, al ser transmitida a la bola roja, hace que ésta continúe moviéndose.

Además, tanto C1 como C2 tratan de establecer, para la situación del objeto en caída libre, una relación cuantitativa entre los fenómenos donde se invierte la totalidad de los mismos (indestructibilidad) que dé cuenta de la transformación cualitativa que se está dando (convertibilidad), y expresan:

“Porque una es inversa de la otra. La energía potencial cambia o se modifica por su altura, en cambio la energía cinética depende de la velocidad que el objeto traiga. Por eso la potencial disminuye cuando el objeto está más bajo, porque no hay altura; en cambio la cinética aumenta porque hay más velocidad en la caída.” (C1). Por su parte, (C2) expresa: “Porque ambas vienen con diferente frecuencia y a medida que una pueda descender más rápido, la otra en el mismo caso puede disminuir más rápido.” Y agrega que: “Son inversamente proporcionales ya que a medida que uno aumenta el otro disminuye y viceversa”.



Por otro lado, Mayer (1842, 1845), con el establecimiento de la indestructibilidad y la convertibilidad llega a que la energía es cuantitativamente indestructible y cualitativamente convertible. Esto es, la energía se conserva. De aquí que el principio de conservación esté definido en términos de estas dos propiedades, las cuales, junto con la causalidad, entendida como la interdependencia de fenómenos, se convierten en sus ejes estructurantes.

En relación con lo anterior, tal como se ha expresado, se encuentra que para C3 la energía no se conserva, lo cual se puede interpretar de los fragmentos anteriormente expuestos; en estos, se pudo establecer que para este caso la energía se pierde. Además, en la situación del objeto en caída libre, nuevamente afirma que la energía total del sistema: “Se pierde, porque al aumentar la energía potencial y disminuir la cinética el cambio del resultado de la mecánica disminuye porque esta depende de ambas.”

Por su parte, tanto C1 como C2 reconocen en la energía la capacidad de conservarse, como se ve en los siguientes fragmentos:

“Pienso que se conserva su energía desde el principio. Vemos que varía, pero su energía mecánica al principio al ser 20 se sigue conservando su propiedad” (C2); mientras que (C1), dice: “Concluyo que la energía se conserva, desde el inicio hasta el final del experimento porque siempre va a haber una energía que fluye por otra, ya sea la cinética o la potencial, siempre va a haber una energía”.



C1 además da cuenta de dicha conservación en términos de la transformación de la energía, cuando dice “siempre va a haber una energía que fluye por otra”, trayendo de nuevo la convertibilidad. Que C1 y C2 reconozcan el principio de conservación de la energía mientras que C3 no lo haga tiene sentido de acuerdo con los presupuestos teóricos de Mayer y lo planteado por Solbes & Tarín (1998) y Solbes (2007), ya que tanto C1 como C2 asumen primero la causalidad como una función o la interdependencia de fenómenos, mientras que se interpreta que C3, la asume como una relación unidireccional.

En términos generales, se estima que C1 y C2 activan los procesos de transformación, transferencia y conservación de la energía, es decir, estos dos casos (C1 y C2) identifican la indestructibilidad y convertibilidad de las causas, con lo cual luego concluyen que, bajo tales circunstancias, la energía se debe conservar, ruta de análisis que coincide con la planteada por Mayer para el establecimiento del Principio de Conservación de la Energía.



### **Capítulo 5. Implicaciones didácticas**

El maestro de ciencias en la actualidad tiene grandes retos, en tanto se acepta que las prácticas educativas y en particular la enseñanza de las ciencias son prácticas culturales. Esto implica que el maestro de ciencias no solo se debe situar frente a los conocimientos disciplinares, sino frente al conocimiento común de los estudiantes, el cual está asociado al contexto en el que estos se desenvuelven. Por ello, y de acuerdo con Rodríguez y Romero (1999), es necesario que el maestro sea consciente de la necesidad de involucrarse activamente en ese proceso, lo que a su vez implica construir imágenes y representaciones sobre el mundo natural, el conocimiento científico, el conocimiento común y la forma en que estos se relacionan.

Lo anterior exige que el maestro de ciencias tenga una idea clara sobre la imagen de ciencia, en tanto sus prácticas van a estar directamente influenciadas por dicha concepción. En este sentido, la historia y la epistemología de las ciencias aparecen como dos escenarios claves para la construcción de dicha imagen en un sentido cultural, abandonando de esta manera la imagen más difundida de ciencia, aquella que la considera como un cúmulo de conocimientos o productos objetivos, que son independientes del contexto social y del sujeto, dotándola de esta manera de un carácter externo. Esta imagen implica, por un lado, que la ciencia es independiente del ser humano y del contexto social e histórico, y por otro, que el conocimiento científico es un conocimiento que solo es posible transmitir pero no comprender ni mucho menos construir. Además, esta relación de exterioridad tiene como consecuencia que los contextos de producción y difusión sean claramente diferenciados,



motivo por el cual tanto maestro de ciencias como alumno son considerados sujetos pasivos en la construcción del conocimiento.

Por ello, y siguiendo a Mach (1948), citado por Rodríguez y Romero (1999), teniendo en cuenta el carácter cultural del quehacer del maestro de ciencias y sus implicaciones en la enseñanza, la ciencia debe ser considerada como una actividad de producción, donde se considere al conocimiento como “procesos continuos de organización de la experiencia y de construcción conceptual a partir de ello; procesos que responden a necesidades particulares de los sujetos involucrados en tal actividad” (p. 10), donde el maestro tiene entonces un papel protagónico no solo en la difusión, sino en la producción de dicho conocimiento.

Gracias a estas reflexiones y el estudio teórico del principio de conservación desde una perspectiva histórica y epistemológica, queda como aprendizaje para el quehacer docente las valiosas herramientas que se adquieren y saberes que se logran construir a partir de una investigación realizada bajo estas características, tales como la consideración de la ciencia como una actividad humana, que a la par que es construida socialmente también construye sociedad y define el contexto, puesto que se trasciende la idea de que el contexto influye la ciencia para más bien considerar una construcción paralela de ambos. Es decir que no solo se considera que la posición política, religiosa y científica, influye en la creación conceptual, sino que incluso los nuevos conceptos y teorías de la ciencia redefinen la manera en que se ve el mundo.



Adicionalmente, el estudio de los objetos científicos a la luz de las problemáticas del pasado y algunas del presente, permitieron adquirir un nuevo discurso pedagógico, didáctico, histórico y epistemológico sobre la ciencia, aportando una visión global que luego se verá reflejada en el proceso de intervención en el aula. En este sentido, queda la invitación como maestro de ciencias, y en particular de la física, a propiciar escenarios donde el texto como representante del conocimiento científico puro y aceptado, contenedor de la verdad absoluta, sea desplazado de la posición que lo privilegia como principal elemento en la clase de ciencias, y más bien se indague por las prácticas que dinamizan el conocimiento científico. Bajo estas circunstancias, el estudiante ya no es visto como aquel que debe recibir y aceptar todos los conceptos científicos establecidos como una verdad absoluta, carentes de significados para él, sino como un sujeto que es partícipe de la actividad científica y que por tanto mediante su experiencia sensible también puede construir conocimiento

Al respecto, Matthews (1994), expresa que “un profesor de ciencias instruido en historia y filosofía puede ayudar a los estudiantes a entender cómo la ciencia capta, y no capta, el mundo real, subjetivo, vivo” (p. 264), es decir, puede hacer más comprensible para el estudiante las idealizaciones de la ciencia, y explicar su utilidad y el derecho a ser apreciadas, contribuyendo así a erradicar la idea que muchos tienen de su propio mundo como una fantasía, conclusión a la que llegan cuando la ciencia es enseñada como un cúmulo de conocimientos de los cuales muchos de ellos no concuerdan con lo captado directamente por los sentidos. Por ello, el estudio de un concepto desde su desarrollo



histórico es de suma importancia para el estudiante que se introduce en el mundo de la ciencia.

Otro aspecto que deja esta investigación para el quehacer del maestro de ciencia está relacionado con el conocimiento, apropiación y profundización de lo disciplinar, puesto que se trasciende más allá del dominio de los conceptos, leyes y ecuaciones con las cuales se describen para considerar las condiciones en las que se dio el origen de dichos conceptos y teorías, los problemas o inquietudes que se pretendían resolver, el proceso que se llevó a cabo para establecerlos teniendo en cuenta los posibles tropiezos que pudieron tener los científicos, cómo influyeron en su desarrollo el pensamiento y las prácticas de la sociedad en la que tuvieron lugar y, a su vez, cómo el surgimiento de éstas configuró unas nuevas prácticas y pensamientos en esa sociedad.

Es por esto que el estudio de los conceptos desde un teórico clásico favoreció el acercamiento a la física desde una óptica histórica y epistemológica, en la cual se evidencia su constitución cultural, y la toma de una posición crítica como maestro frente al proceso de enseñanza de las ciencias. Además, deja como ganancia el reconocimiento de una nueva imagen de ciencia y su fin en la educación media y secundaria, así como la reexaminación de las prácticas que se llevan a cabo en el aula.

Como resultado de la reflexión sobre todos estos factores que influyen en la enseñanza de las ciencias, se dio la construcción de una secuencia didáctica (ver anexo 7) para la enseñanza del principio de conservación de la energía. Para su construcción se tuvieron en cuenta los presupuestos teóricos sobre la física y su constitución, la construcción teórica



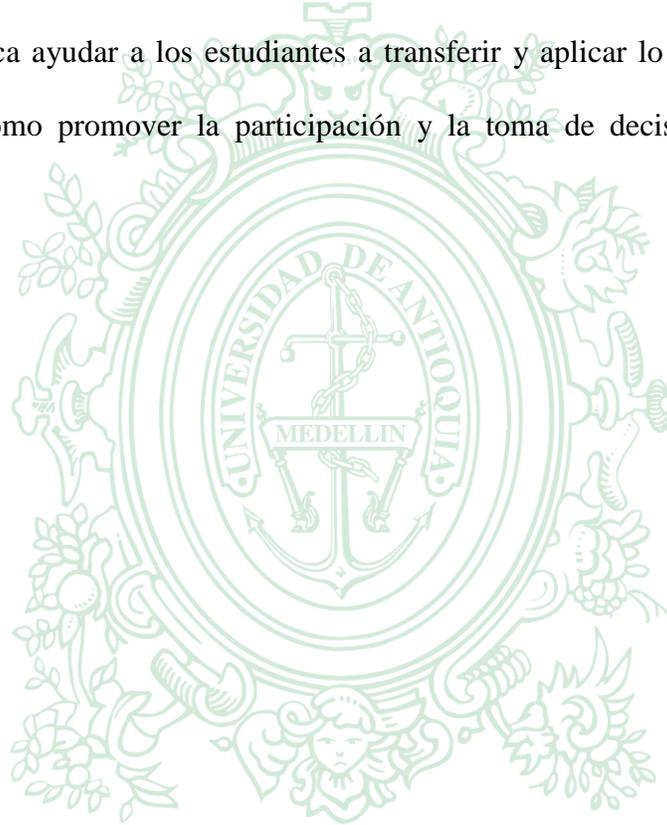
para el principio de conservación desde Robert Mayer, y finalmente las disposiciones didácticas que se consideran pertinentes para su aprehensión, teniendo en cuenta las ideas que se perciben en los estudiantes sobre este principio y los hallazgos realizados en el estudio de casos.

Con esta secuencia se intenta responder parcialmente a las necesidades y problemáticas educativas sobre la ciencia que fueron expuestas en el planteamiento del problema, especialmente las relacionadas con el principio de conservación de la energía. Para ello se plantean situaciones en las que se ven reflejadas las características identificadas en el análisis de la significación que hace Robert Mayer sobre este principio, no pretendiendo con ello que el estudiante lo aprenda reproduciendo tal cual las experiencias y razonamientos que él hace, sino proponiéndole situaciones en las que aparecen estas propiedades. Adicionalmente, la secuencia tiene también como objetivo transmitir una mirada distinta de la física, para lo cual se propone un conjunto de actividades en las que primero se da un acercamiento al fenómeno desde la experimentación, y posteriormente su formalización conceptual y matemática, teniendo en cuenta además los intereses actuales a nivel científico y social relacionados con el principio de conservación.

Para el diseño de la secuencia didáctica se tuvo como referente el ciclo didáctico propuesto por Gómez, San Martí y Pujol (2003), el cual consiste en cuatro fases organizadas de manera cíclica y que, como todo proceso de enseñanza, requiere una evaluación permanente. La primera fase tiene la intencionalidad de indagar sobre las ideas que los estudiantes tienen acerca de los conceptos que se pretenden enseñar, con el fin de contextualizar la enseñanza; en la segunda fase se busca ayudar a los estudiantes a



organizar las ideas que tienen sobre los conceptos, a la par que se incorporan nuevos modelos explicativos, procedimientos y actitudes; la tercera fase tiene como finalidad apoyar una abstracción más profunda de las ideas y su aplicación a casos específicos; y finalmente, en la cuarta fase se busca ayudar a los estudiantes a transferir y aplicar lo aprendido a nuevas situaciones, así como promover la participación y la toma de decisiones en pro de la comunidad.



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3



## **Capítulo 6. Consideraciones finales**

En este proceso de recontextualización del principio de conservación de la energía se han obtenido múltiples ganancias: Por un lado, se fortaleció el conocimiento disciplinar, ya que este estudio implicó el acercamiento a las obras de Robert Mayer y las interpretaciones que otros autores hicieron sobre ellas, con lo cual se fortalecieron también los conocimientos históricos y epistemológicos referentes al principio de conservación, ya que en el análisis de las obras se tuvieron en cuenta los aspectos metodológicos, el contexto histórico y presupuestos filosóficos bajo los que se rigió Mayer para la construcción y formulación de este principio. Fue así como se logró su conceptualización aun cuando, según lo expuesto en el marco teórico y planteamiento del problema, persisten dificultades para su comprensión, enseñanza y formulación; dificultades que aparecen, entre otras cosas, como producto de la manera en que se expone en los libros de estudio, en los que no se tiene en cuenta su carácter estructurante y articulador de toda la física ni su naturaleza de principio, ya que se deduce normalmente de las leyes de la dinámica, con lo cual queda definido como un corolario.

La recontextualización del principio de conservación se hizo posible retomando las obras de Mayer (1842, 1845) en las que se pudo identificar sus aspectos estructurantes: causalidad, indestructibilidad y convertibilidad. En ellas se logró establecer que Mayer se inscribe en la cosmovisión fenomenológica, motivo por el cual la causalidad es asumida como una cadena de efectos y causas, donde unos son indistinguibles de los otros. Estas



causas o efectos son lo que actualmente conceptualizamos como energía. Bajo esta concepción de la causalidad, Mayer (1842, 1845) define para las causas dos propiedades básicas: no se pueden desaparecer (indestructibilidad), tan solo transformar (convertibilidad); esto es, la energía no se puede crear de la nada ni tampoco destruir, por tanto toma varias formas en las cuales se está manifestando la misma cantidad inicial. Por ello el principio de conservación queda definido como la conjunción de estos dos axiomas.

Por otra parte, y teniendo en cuenta dicha recontextualización, se logró caracterizar, en los casos, sus modelos explicativos referentes al principio de conservación, lo cual se llevó a cabo por medio del análisis y sistematización de la información recolectada en la aplicación de diferentes instrumentos y técnicas de recolección de información, las cuales fueron descritas en el capítulo 3. Este análisis permitió interpretar cómo comprendían los casos dicho principio, en lo que se identificaron coincidencias, en dos de ellos, con la ruta de análisis que plantea Mayer para su formulación, ya que se pudo observar en ellos una tendencia a explicar la ocurrencia de un fenómeno en función de otro, es decir, se asume la causalidad como la interdependencia de fenómenos. De allí salieron planteamientos similares a los de Mayer, tales como el movimiento que produce movimiento, el movimiento produce calor.

Como consecuencia de lo anterior, los casos se veían en la necesidad de explicar la transferencia y transformación de la energía, es decir, identificaron la convertibilidad y utilizaron palabras y plantearon situaciones en las que se pudo caracterizar la indestructibilidad de acuerdo con los presupuestos teóricos de Mayer, con lo cual llegaron a que la energía se conserva. Contrario a esto, y es un aspecto que llama la atención, el caso

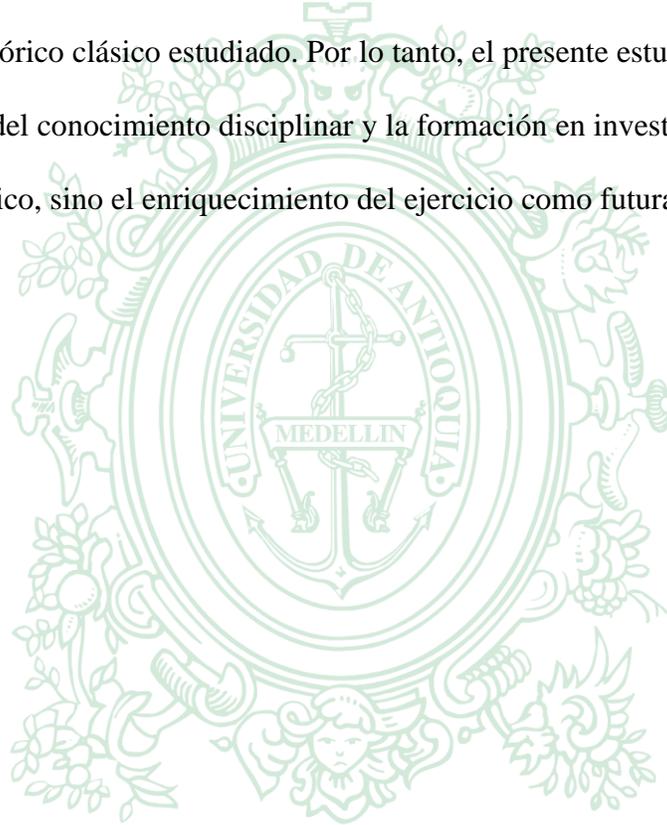


que no asume la causalidad como la interdependencia de fenómenos sino como una relación unidireccional, no reconoce en la energía la capacidad de conservarse, y más bien afirma que ésta se pierde y en muchas ocasiones no reconoce su transformación (convertibilidad), interpretación que se pudo constatar en la información recolectada de varios instrumentos. También se destaca especialmente la activación de los esquemas de transferencia por parte de todos los casos, ya que se pudo identificar en diversas situaciones que les fueron planteadas la conceptualización de la energía como una entidad que se transmite, con lo cual se encontraron diferencias con algunas investigaciones en las que se expone esta situación como una de las dificultades para su comprensión; también se pudo evidenciar cómo los dos casos que llegan a que la energía se conserva activan no solo los esquemas de transferencia, sino también los de transformación y conservación.

Finalmente, la presente investigación propició la profundización en obras relacionadas con la historia y epistemología de las ciencias en relación con su enseñanza, lo cual permitió asumir una postura crítica frente a la manera en que es asumida la ciencia y los aportes que el estudio de la misma, bajo los lentes histórico y epistemológico, pueden hacer para la construcción de una imagen de la ciencia donde esta sea concebida como una actividad humana e históricamente constituida, lo cual se convierte en una ventaja para los procesos de intervención en el aula, en la que tanto alumno como profesor tienen un papel protagónico en la construcción social del conocimiento. En este sentido, y teniendo en cuenta los aspectos disciplinares del principio de conservación estudiado desde Mayer (1842, 1845), la caracterización de los modelos de los casos participantes en la investigación y los aportes de la historia y la epistemología para la enseñanza de las



ciencias, se diseñó una secuencia didáctica en la que se intentó responder parcialmente a las necesidades identificadas en los casos durante el proceso de investigación, así como plantear una ruta de enseñanza del principio de conservación de la energía de acuerdo con los presupuestos del teórico clásico estudiado. Por lo tanto, el presente estudio no solo significó el fortalecimiento del conocimiento disciplinar y la formación en investigación tanto a nivel teórico como práctico, sino el enriquecimiento del ejercicio como futura maestra.



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3



### **Referencias**

Aguilar, M. Y. (2006). Enseñanza y formalización de los fenómenos físicos. Tomado de: El concepto de presión desde la perspectiva euleriana. Tesis de maestría. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Cassirer, E. (1979). Fin y método de la física teórica. En: *El problema del conocimiento*. México: Fondo de cultura económica.

Castillo, J. C. (2008). La historia de las ciencias y la formación de maestros: la recontextualización de saberes como herramienta para la enseñanza de las ciencias. *Nodos y nudos, revista Universidad Pedagógica Nacional*, Vol. 3, pp. 1-10.

Doménech, J., Gil, D., Gras, A., Martínez, J., Guisasola, G. y Salinas, J. (2001). La enseñanza de la energía en la educación secundaria. Un análisis crítico. *Enseñanza de la Física*, Vol. 14, pp. 45 - 60.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V., (1999). *Dando sentido a la ciencia en secundaria. Investigaciones sobre las ideas de los niños*. Madrid: Visor (traducción de María José Pozo Municio).

Gallástegui Otero, J. y Lorenzo Barral, F. (1993). El café tiene cafeína y nos despierta, nos da energía: concepciones sobre la energía química, una buena razón para poner de acuerdo a los profesores de Física y Química y Ciencias Naturales. *Enseñanza de las Ciencias*. 11(1). P. 20-25.



Gómez, A., San Martí, N. y Pujol, R. (2003). Resumen a partir de: Aprendiendo sobre los seres vivos. Una propuesta realizada en la escuela primaria. *Aula de innovación educativa*, n° 125, pp. 54-58.

González, A. (2006). El concepto de "energía" en la enseñanza de las ciencias. *Revista Iberoamericana de Física*, Vol. 38, pp. 56-59.

Hernández, C. (2001). Aproximación a un estado del arte de la enseñanza de las ciencias en Colombia. En Estados del arte de la Investigación Educación y Pedagogía en Colombia. Tomo I (pp. 1-71). Bogotá: Icfes, Colciencias, Sociedad Colombiana de Pedagogía.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P.. (2006). Recolección y análisis de los datos cualitativos. En *Metodología de la investigación cualitativa*. (pp. 583-668). México: Mc Graw Hil.

Hodson, Derek. (2003). "Time for action: Science education for an future". *International Journal of Science Education*, 5 (6), 645-670.

Jiménez, M y Sanmartí, N. (1997). ¿Qué ciencia enseñar? : Objetivos y contenidos en la educación secundaria. En: *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria (una aproximación a las orientaciones actuales en didácticas de las ciencias experimentales)*. (pp 17-45). Barcelona: Horsori.

López, P. y Katia, H. (2004). Dificultades y estrategias para la enseñanza del concepto de energía. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 22, pp. 159-166.



Matthews, M. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual.

*Enseñanza de las ciencias*, Vol. 2, pp. 255-277.

Mayer, R. (1842). Comentarios sobre las fuerzas de naturaleza inanimada (Remarks on the

Forces of Inorganic Nature). En: Magie, E.F. (1963) (ed). A Source Book in

Physics. Cambridge, Harvard University Press, pp. 196-203.

Mayer, R. (1973). El movimiento orgánico en su relación con la transformación de la materia.

Reimpreso por R. B. Lindsay, *Men of physics: Julius Robert Mayer, Prophet of*

Energy, Pergamon Press, Oxford, pp 76-99. Original de 1845.

Mellado, V. (1998). La enseñanza de la energía en profesores de ciencias con distinta

formación inicial. *Revista de Enseñanza de la Física*, Vol. 2, pp. 21-33.

Michinel, J. L. y D'Alessandro, A. (1994). El concepto de energía en los libros de texto: de

las concepciones previas a la propuesta de un nuevo sublenguaje. *Enseñanza de las*

*ciencias*, vol. 12, pp. 369-380.

Núñez, G.; Maturano, K.; Mazzitelli, C. y Pereira, R. (2004). ¿Por qué persisten las

dificultades en el aprendizaje del concepto de energía? *Didáctica de las ciencias*

*experimentales y sociales*, N° 18, pp. 105-120.

Perrota, M.; Dima, G.; Capuano, V.; Botta, I.; Follari, B.; De La Fuente, A. y Gutiérrez, E.

(2008). La Energía. Planificación, aplicación y evaluación de una Estrategia



Didáctica para un curso universitario de Física Básica en carreras de Ciencias Naturales.

*Revista Latin-American Journal of Physics Education*, Vol. 3, pp. 350-360.

Porlán y Martín (1999). *El diario del profesor. Un recurso para la investigación en el aula.*

7° Edición, Sevilla, España: Díada.

Rodríguez, L. D. y Romero, A. (1999). *La construcción de la historicidad de las ciencias y*

*la transformación de las prácticas pedagógicas. Física y cultura, cuaderno sobre historia y enseñanza de la ciencia*, Vol. 1, pp. 1-14.

Solano, S. (2005). La utilización del estudio de caso para el análisis social. *Región y*

*sociedad*, Vol. 17, pp. 107-144.

Solbes, J. y Tarín, F. (1998). Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía.

*Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 3, pp. 387 - 397.

Solbes, J. (2007). Una propuesta para la enseñanza aprendizaje de la energía y su

conservación basada en la investigación en didáctica de las ciencias. *Revista de Enseñanza de la Física*, Vol. 20, N° 1 y 2, pp. 65-90.

Solbes, J. y Tarín, F. (2008). Generalizando el concepto de energía y su conservación.

*Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, N° 22, pp. 155-182.

Stake, R. (1999). *Investigación con estudio de casos*. (2° edición), Madrid, España:



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

Ediciones MORATA, S. L.

Taylor, S. J. & Bogdan, R. (1987). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*,  
Barcelona, España: Paidós. Traducción de Jorge Piatigonky.

Vélez, J., Ríos, S. y Marín, A. (2015). Análisis de los procesos energéticos desde una  
perspectiva histórica y epistemológica: aportes para su enseñanza. Trabajo presentado para  
optar el título de Licenciado(a) en Matemáticas y Física. Universidad de Antioquia, Medellín,  
Colombia.



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3



**Anexos**

**Anexo 1**

**Formato de bitácora de observación**

**Situación:**

**Fecha:**

**Hora:**

**Participantes:**

**Lugar:**

1. Impresiones del investigador (actitudes, familiarización con el tema y dificultades de los estudiantes)
2. Explicaciones o hipótesis acerca de lo que sucede.
3. Implicaciones para la secuencia didáctica y para la investigación en general

**Anexo 2**

**Guía de entrevista**

Fecha

Hora

Lugar

Antes de todo me gustaría agradecer tu participación en la investigación, en este encuentro la idea es que conversemos acerca de ciertas situaciones y me cuentes a partir de lo que piensas o lo que sabes la comprensión que tienes de ellas. Quiero que tengas claro que no se trata de un interrogatorio o evaluación, tan solo un conversatorio con el que pretendo entender cómo comprendes algunos conceptos.



- 1) Cuando en el billar la bola blanca impacta a la bola roja esta adquiere movimiento. ¿Por qué crees que se da esta situación?
- 2) ¿Cómo lo explicarías en términos de energía?
- 3) Cuando frotamos una placa de metal con otra notamos que éstas se calientan, y por otro lado sabemos que el movimiento de una locomotora se da gracias al vapor que expulsa una caldera. ¿Encuentras algún tipo de relación entre estas situaciones?
- 4) ¿Creerías que hay alguna relación entre calor y movimiento?
- 5) Cuando se tiene un objeto levantado unos cuantos metros sobre el suelo posee energía potencial, al dejarlo caer en caída libre adquiere energía cinética mientras que la potencial va disminuyendo. ¿Cómo explicarías esta situación?
- 6) ¿Creerías que en este sistema la energía se conserva? ¿Por qué?



**Anexo 3**

**Universidad de Antioquia**

**Facultad de Educación**

**Licenciatura en Matemáticas y Física**

**Instrumento 1**

**Objetivo**

Caracterizar los modelos explicativos que tienen los cuatro casos relacionados con el principio de conservación de la energía.

El presente instrumento se aplica con el fin de recolectar información para la investigación que se lleva a cabo en el trabajo de grado para optar al título de licenciada en matemáticas y física. Por ello, la idea es que respondas con los conocimientos que has obtenido a lo largo de tu trayectoria escolar hasta ahora. Ten presente que el instrumento se aplica solo con fines investigativos, no evaluativos.

Lee las siguientes definiciones, a partir de ellas hay algunas preguntas propuestas.

La energía cinética es un tipo de energía mecánica y es la que posee un objeto en virtud de su movimiento, es decir, es la energía que depende de la velocidad del objeto.

Por su parte, la energía potencial es también un tipo de energía mecánica y es la que posee un cuerpo en virtud de su posición, de manera que pueden existir diferentes tipos de energía potencial según el sistema que se esté considerando. En particular, la energía potencial gravitacional es la que se presenta cuando un cuerpo adquiere altura con respecto a un nivel de referencia fijado, por ejemplo, al levantar un objeto del piso este adquiere energía potencial gravitacional.

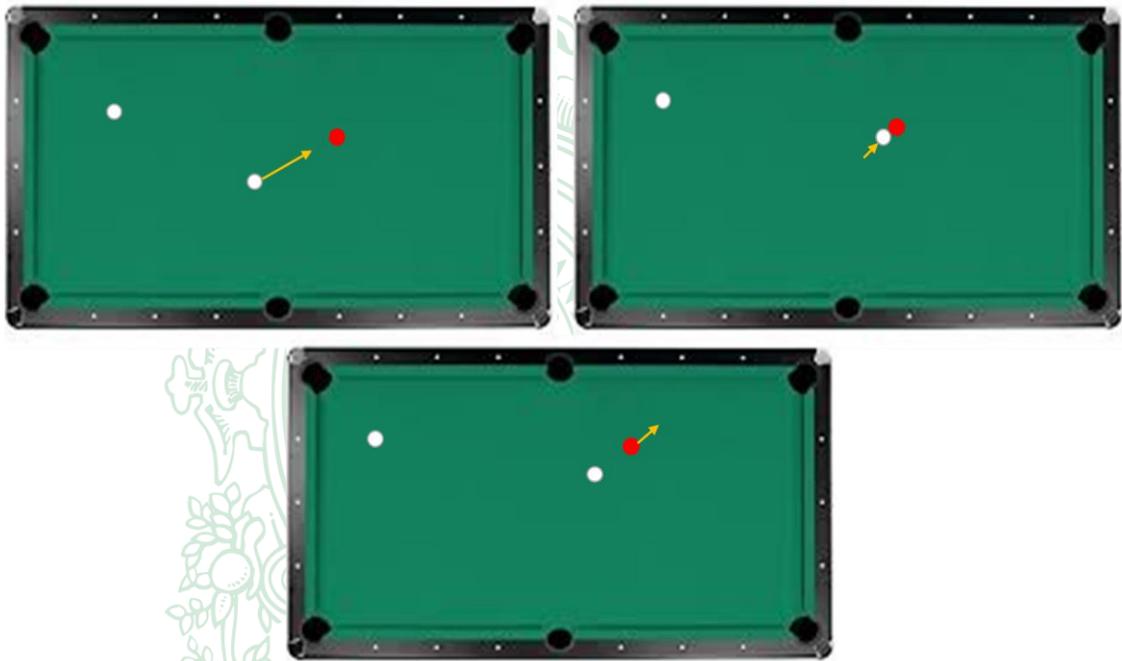
Atendiendo a estas definiciones, analiza las siguientes situaciones:

1. En el juego de billar se cuenta con tres bolas: dos bolas blancas y una roja. En este juego, cuando la bola blanca se encuentra en movimiento posee energía cinética, mientras que la bola roja que se encuentra en reposo no posee dicha energía. Al impactar la bola blanca con la roja se puede observar luego del choque que la bola



blanca queda en reposo mientras que la bola roja se pone en movimiento (ver figura 1). Realiza un escrito en donde expliques: ¿qué pasa con la energía cinética que tenía la bola blanca? Y en términos de energía ¿qué pasa con la bola roja?

Figura 1



2. Cuando se frota entre sí dos placas de metal, notamos que las placas se calientan. ¿Por qué crees que sucede esto? ¿Qué origina ese calor que notamos? ¿Tiene lo observado alguna relación con la energía? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Explica tu respuesta \_\_\_\_\_

3. Ahora considera una locomotora que es movida gracias al funcionamiento de una caldera, la cual es una máquina que produce vapor. Gracias a ese vapor, es capaz de mover algunos cuerpos, como en el caso de la locomotora. ¿Qué crees que origina en este caso el movimiento de la locomotora? ¿Encuentras alguna relación con la situación anterior? Explica tu respuesta.



**Anexo 4**

**Universidad de Antioquia**

**Facultad de educación**

**Licenciatura en matemáticas y física**

Instrumento 2:

Objetivo:

Indagar acerca de la activación de los esquemas de transformación y conservación de la energía en los casos.

Consideremos un objeto de masa  $m = 1 \text{ kg}$ , que se deja caer desde una altura de 2 m.

Analicemos la transformación de la energía en diferentes puntos de la trayectoria, llenando los datos de la siguiente tabla.

Altura (h)	Tiempo (t)	Velocidad (v) $v = v_i + gt$	Energía potencial (u) $u = mgh$	Energía cinética (k) $k = \frac{1}{2} m \times v^2$	Energía mecánica $w = u + k$
2 m					
1.5 m					
1 m					
0.5 m					
0 m					

Considerando esta información, responde a las siguientes preguntas:

- 1) ¿Qué relación se puede establecer entre la energía cinética y la energía potencial de acuerdo con los datos obtenidos en cada punto de la trayectoria?
- 2) ¿Qué crees que origina el cambio numérico de la energía potencial y el de la energía cinética? ¿Por qué se ven ambas modificadas a medida que el objeto desciende?
- 3) ¿Qué puedes concluir con respecto a los datos obtenidos para la energía total del sistema -calculada como la energía mecánica- en relación a su conservación? ¿Se mantiene? ¿Se pierde energía? Explica tu respuesta.



Tabla 1 Matriz instrumento1

	caso 1	caso 2	caso 3	caso 4	aserto
<b>pregunta 1</b>	La energía cinética de la bola blanca se la transmite toda a la bola roja en el impacto, la velocidad y fuerza de la bola blanca impulsa completamente a la bola roja la cual sigue con energía cinética transmitida por la bola blanca y con la bola roja que estaba en reposo tenía una energía potencial de 0, cuando la bola blanca impacta le descarga toda su fuerza y energía a la roja, esto hace que la bola blanca pierda su energía cinética y potencial, quedo en 0.	Lo que pasa con la bola blanca es que disminuye su velocidad y de este modo va dando un poco más de movimiento a la bola roja. O sea es como que le transmitiera la energía a la roja.	La energía de la bola blanca disminuye rápidamente hasta llegar a 0 después de golpear la bola roja. La bola roja tiene una energía potencial en el momento donde no se mueve; al ser golpeada toma o adquiere energía cinética aumentando la velocidad de su movimiento y vuelve a disminuir por la fricción que hay en la mesa.	Al haber un choque entre ambas bolas pienso que la bola blanca al quedar en reposo pierde energía cinética, mientras que la bola roja la adquiere.	Los 4 casos coinciden en afirmar que la energía se transmite.
<b>pregunta 2</b>	Si. Porque esto genera energía cinética por fricción, al hacer contacto una placa con la otra, con una fuerza y velocidad del movimiento, esto hace que las condiciones físicas del material aumenten.	Sí. La fricción entre dos cuerpos, al estar más unidos los cuerpos y ejercer presión sobre ellos vemos un choque y esto hace que los cuerpos generen cierto calor.  Hay varios tipos de energía y yo pienso en este caso estamos hablando de la energía cinética en movimiento de las placas de metal.	Si. Al frotar las placas se origina una energía de fricción que hace que se caliente, mediante el roce.	Si. tiene relación porque con la frotación de algunos elementos se puede tener energía debido a que estas a su vez cada una tiene diferentes energías y al frotarlas estas se unen lo cual produce un calor. Sería por el contacto de estas.	La fricción produce calor, además se define la fricción como una entidad (energía o fuerza) que aparece cuando hay contacto entre dos cuerpos.





	caso 1	caso 2	caso 3	caso 4	aserto
<b>pregunta 3</b>	<p>La locomotora a vapor funciona con una caldera que cuando llega a su punto de ebullición produce vapor, este vapor que suelta la caldera con una alta presión se dirige a unas turbinas que funcionan por la fuerza y velocidad que le da el vapor.</p> <p>Esto genera una energía cinética, en que las turbinas y las placas magnéticas en su interior. Y sí porque las placas creaban calor a partir de fricción y energía cinética.</p>	<p>La locomotora está ejerciendo un movimiento y la explicación de la energía cinética nos dice que es un cuerpo en virtud de su movimiento.</p> <p>El vapor genera cierto tipo de movimiento en la máquina locomotora. Sí. Porque ambos están en una situación de movimiento generada por la energía cinética.</p>	<p>La locomotora se mueve gracias a la presión que ejercen en sus ejes. Puede haber relación ya que para generar vapor se necesita calor.</p>	<p>Podría ser el calor que esta produce. Sí pueden tener relación porque ambas utilizan el calor para diferentes actividades y lo utilizan para que lo que quieren llevar se adquiriera.</p>	<p>No es posible interpretar una puesta en común para esta pregunta.</p>
<b>Aserto</b>	<p>La energía cinética es generada por el calor, esta se transmite y a su vez esta genera calor.</p>	<p>La energía cinética se transmite y esta a su vez genera movimiento (la energía cinética está asociada con el movimiento y esta genera movimiento, esto resulta acorde con lo planteado por Mayer cuando expresa que el movimiento mueve.</p>	<p>La energía se transmite, la fricción hace que el movimiento se pierda.</p>	<p>La energía se transmite.</p>	

**Fuente:** Elaboración propia, 2017



**Anexo 6**

Tabla 2 Matriz instrumento 2

	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Aserto
Pregunta 1	Son inversamente proporcionales una inversa a la otra cada vez que una aumenta otra disminuye.	Son inversamente proporcionales ya que a medida que uno aumenta el otro disminuye y viceversa.	La relación entre las fuerzas depende de la libertad de movimiento que tenga.	La relación que hay es que la energía cinética depende de la energía potencial.	Hay una relación de dependencia entre la energía cinética y la potencial, esta relación es inversa.
Pregunta 2	Porque una es inversa de la otra. la energía potencial cambia o se modifica por su altura, en cambio la energía cinética depende de la velocidad que el objeto traiga por eso la potencial disminuye cuando el objeto está más bajo, porque no hay altura en cambio la cinética aumenta porque hay más velocidad en la caída.	La variación del tiempo y la velocidad que se maneja entre ambos casos. Porque ambas vienen con diferente frecuencia y a medida que una pueda descender más rápido, la otra en el mismo caso puede disminuir más rápido.	Al descender el objeto aumenta su velocidad y aumenta la energía cinética además de ya tener la energía potencial.	Ambas dependen de la masa, pero el resto cambia totalmente para las dos fórmulas. En ambas no se utiliza ni la altura, ni la velocidad, etc.	Para c1, C2 y C4 se identifica una relación en la que mientras una aumenta, la otra disminuye



	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Aserto
Pregunta 3	Concluyo que la energía se conserva, desde el inicio hasta el final del experimento porque siempre va a haber una energía que fluye por otra, ya sea la cinética o la potencial, siempre va a haber una energía.	Pienso que se conserva su energía desde el principio. Vemos que varía, pero su energía mecánica al principio al ser 20 se sigue conservando su propiedad.	Se pierde, porque al aumentar la energía potencial y disminuir la cinética el cambio del resultado de la mecánica disminuye porque esta depende de ambas.	Esto pasa porque el objeto siempre mantendrá su velocidad hasta que surja una barrera que lo detenga.	Para C1 y C2, la energía se conserva. Para C3 no se conserva y en el caso de C4 no es posible interpretar su comprensión del concepto
Aserto	La energía se conserva, lo que experimenta son transformaciones, establece una relación inversa entre la energía potencial y la cinética.	La energía se conserva, hay una relación inversa.	Para el Caso 3, no se conserva	No es posible interpretar cómo lo asume.	

**Fuente:** Elaboración propia, 2017



**Anexo 7**

**SECUENCIA DIDÁCTICA**

**Objetivo:**

Plantear una ruta de enseñanza para el principio de conservación de la energía, en la cual propiedades como la indestructibilidad y convertibilidad aparezcan como los ejes estructurantes para su conceptualización

**Pregunta:**

¿Cómo estructurar el principio de conservación a partir de situaciones cotidianas, cuyo análisis derive en su comprensión y aplicación a situaciones de carácter científico y social?

**Actividades de indagación**

**1. Conocimientos previos**

**Tiempo:** 30 minutos

**Nombre:** \_\_\_\_\_ **Grado:** \_\_\_\_\_

**Fecha 1:** \_\_\_\_\_ **Fecha 2:** \_\_\_\_\_

**Objetivo:**

Identificar el nivel de apropiación de algunos conceptos y procesos relacionados con la energía.



**Indicaciones:**

Esta Evaluación inicial tiene como propósito identificar tus conocimientos previos sobre algunos aspectos de la Unidad que comenzaremos a trabajar; con esta información podremos saber tu punto de partida. Posterior al desarrollo de la Unidad se volverá a implementar con el fin de valorar cuanto hemos aprendido.

Utilizando las categorías siguientes, marca con una X en el recuadro que lo represente.

**CATEGORÍAS:**

1. Lo sé y como lo sé lo podría explicar a alguien.	2. No estoy seguro de saber, no podría explicárselo a alguien.	3. No lo entiendo	4. No lo sé
---	--	-------------------	-------------

**1. NIVEL CONCEPTUAL**

Planteamientos	1	2	3	4
EL concepto de energía				
Procesos de transformación de la energía				
Procesos de transferencia de la energía				
Disipación de la energía				
Principio de conservación de la energía				

**2. NIVEL PROCEDIMENTAL**

Planteamientos	1	2	3	4
Identificar tipos de energía.				
Observar fenómenos de la naturaleza.				
Identificar la transferencia de la energía en diversas situaciones.				
Identificar la transformación cualitativa de la energía en diversas situaciones.				
Describir los fenómenos a partir del principio de conservación.				

**3. NIVEL ACTITUDINAL**

Planteamientos	1	2	3	4
Respetar opiniones de mis compañeros.				
Escuchar a mis compañeros.				
Valorar el entorno natural.				
Participar en las actividades propuestas.				

Comentarios:

.....  
 .....  
 .....



## 2. Observación de fenómenos

**Tiempo:** 45 minutos

**Nombre:** \_\_\_\_\_ **Grado:** \_\_\_\_\_

**Fecha** \_\_\_\_\_

### **Objetivo:**

Describir y analizar algunos fenómenos a partir de la observación y los conocimientos previos

### **Orientación**

Ten en cuenta la siguiente definición para analizar la situación que se te plantea:

La energía cinética es un tipo de energía mecánica y es la que posee un objeto en virtud de su movimiento, es decir, es la energía que depende de la velocidad del objeto.

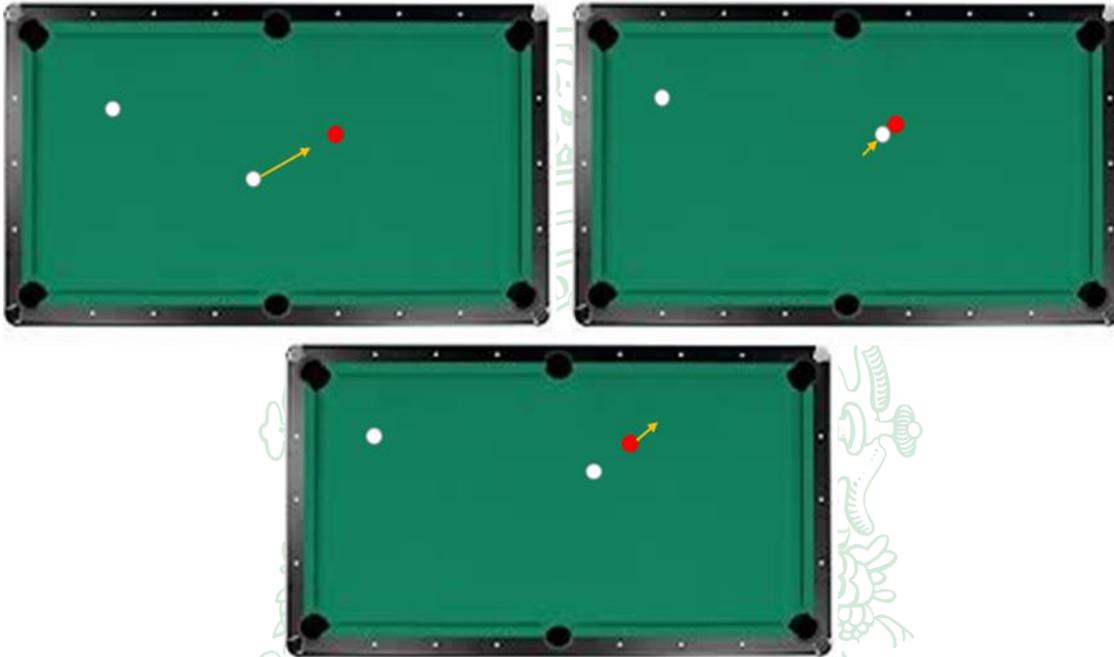
### **Situación:**

En el juego de billar se cuenta con tres bolas: dos bolas blancas y una roja. En este juego, cuando la bola blanca se encuentra en movimiento posee energía cinética, mientras que la bola roja que se encuentra en reposo no posee dicha energía. Al impactar la bola blanca con la roja se puede observar luego del choque que la bola blanca queda en reposo mientras que la bola roja se pone en movimiento. Realiza un



escrito en donde expliques: ¿qué pasa con la energía cinética que tenía la bola blanca?

Y en términos de energía ¿qué pasa con la bola roja?



### Actividades experimentales

#### 1. Convertibilidad e indestructibilidad de la energía

Tiempo: 45 minutos

Nombre: \_\_\_\_\_ Grado: \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

1 8 0 3

Objetivo

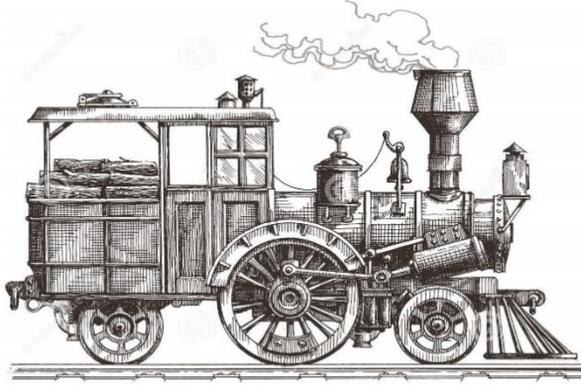


Introducir los conceptos de indestructibilidad y convertibilidad como propiedades fundamentales de la energía a partir de situaciones extraídas de los planteamientos de Robert Mayer.

Julius Robert Mayer fue un médico y físico alemán (1814 – 1878), quien junto con Joule –aunque de manera independiente- establecieron en el siglo XIX la primera formulación del principio de conservación de la energía.

A continuación, se presentan algunas de las situaciones en las que Mayer se basó para llegar a plantear las propiedades esenciales de la energía. Léelas y analízalas con atención.

- A. Supongamos que a un vagón de tren que tiene una masa de 100.000 libras se le da una velocidad de 30 pies por segundo. Por el gasto de una cantidad adecuada de energía se puede lograr. Por ejemplo, el vagón de tren puede obtener esta velocidad rodando por un plano inclinado adecuado. Como regla general, sin embargo, el tren se pondrá en marcha sin el gasto de "energía de caída" (energía potencial) y a pesar de la fricción, etc., mantendrá este movimiento. Cuando se supone un aumento en la elevación del camino de 1 parte en 150 (como equivalente a la fricción), entonces una velocidad de 30 pies por segundo será suficiente para elevar la carga del tren 720 pies de altura en 1 hora, que corresponden a un gasto de 45 caballos de fuerza. Esta enorme cantidad de movimiento producido originalmente asume una gran cantidad igual de energía gastada de algún tipo. La energía efectiva en el caso de una locomotora de un tren de tracción es el *calor*. (Mayer, 1845)



- B. “Si, por ejemplo, frotamos dos placas de metal, vemos desaparecer el movimiento, y el calor, por otra parte, hacer su aparición, y ahora solo tenemos que preguntar si el movimiento es la causa del calor; el movimiento no tiene algún otro efecto que la producción de calor y el calor alguna otra causa que el movimiento.” (Mayer, 1842)

**Espacio de socialización:**

Discute con tus compañeros las ideas principales que puedes extraer a partir de la lectura de Estas dos situaciones. ¿Qué relación encuentras entre ellas? ¿Qué puedes concluir con respecto al movimiento y el calor? ¿Qué se puede inferir acerca de la energía según los textos?

**Espacio de conceptualización:**

En este espacio el profesor deberá tener en cuenta los resultados obtenidos en las actividades de indagación y la discusión generada, a partir de lo cual deberá reorientar las situaciones para aclarar los conceptos de indestructibilidad y convertibilidad. Así mismo, deben plantearse nuevas situaciones en las que se evidencien estas dos propiedades con el fin de evaluar la claridad de los estudiantes y su capacidad de identificarlas en los procesos.



## **2. Experimento caída libre**

**Tiempo:** 90 minutos

**Integrantes:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Grado:** \_\_\_\_\_

**Fecha:** \_\_\_\_\_

### **Objetivo**

Comprender el principio de conservación a partir de la caída libre, atendiendo a los planteamientos de Robert Mayer en cuya actividad se evidencie la indestructibilidad y convertibilidad como propiedades fundamentales de la energía.

### **Orientación**

En equipos de tres personas, deja caer libremente un objeto desde una altura de 0,5m, 1m, 1,5m y finalmente 2m, mientras otro de tus compañeros registra el tiempo de caída con un cronómetro. Para este experimento vamos a utilizar un objeto de masa 1kg, con el fin de facilitar los cálculos. Con los datos obtenidos experimentalmente, llena la siguiente tabla y posteriormente responde de manera escrita a las preguntas que se te plantean.

1 8 0 3



Altura (h)	Tiempo (t)	Velocidad (v) $v = v_i + gt$	Energía potencial (u) $u = mgh$	Energía cinética (k) $\frac{1}{2} m v^2$	Energía mecánica $w = u + k$
2 m					
1.5 m					
1 m					
0.5 m					
0 m					

Ten en cuenta los datos obtenidos en la tabla y discute con los compañeros de tu equipo para responder a las siguientes preguntas en un escrito:

- 1) ¿Qué relación se puede establecer entre la energía cinética y la energía potencial de acuerdo con los datos obtenidos en cada punto de la trayectoria?
- 2) ¿Qué crees que origina el cambio numérico de la energía potencial y el de la energía cinética? ¿Por qué se ven ambas modificadas a medida que el objeto desciende?
- 3) ¿Qué puedes concluir con respecto a los datos obtenidos para la energía total del sistema -calculada como la energía mecánica- en relación a su conservación? ¿Se mantiene? ¿Se pierde energía? Explica tu respuesta.

### **Espacio de conceptualización**

Este espacio deberá ser aprovechado por el profesor para aclarar dudas sobre los datos obtenidos en el experimento y para generar discusión alrededor de las respuestas formuladas por los equipos, con el fin de hacer una puesta en común sobre las



conclusiones que pueden extraerse de este experimento. Así mismo se propone la resolución de otros problemas en los que se aplique el principio de conservación de la energía.

**Actividades de estructuración**

**1) Video sobre conservación de la energía**

**Tiempo:** 60 minutos

**Integrantes:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Grado:** \_\_\_\_\_

**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Objetivo**

Caracterizar el principio de conservación de la energía teniendo en cuenta procesos de transferencia, transformación y disipación de la energía

**Orientación**

Observa el siguiente video en el que se explica el principio de conservación de la energía y la disipación de ésta. Luego por parejas construye un cuadro sinóptico donde representen lo que han aprendido sobre el principio de conservación, teniendo en cuenta todo lo que se ha estudiado hasta aquí.

Video: Conservación de la energía

<https://www.youtube.com/watch?v=LXcOrp6Qhy8&t=6s>



**Tiempo:** 60 minutos

**Integrantes:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Grado:** \_\_\_\_\_

**Fecha:** \_\_\_\_\_



### **Objetivo**

Introducir nuevos tipos de energía y su degradación para afianzar la comprensión del principio de conservación

### **Orientaciones**

Por parejas, lean con atención la situación que se les presenta a continuación en la que se dan diferentes tipos de transformación de la energía. Posterior a esto, construyan una nueva situación de la vida cotidiana en la que se evidencien procesos de transformación y especifíquenlos.

### **Situación**

Considera un molino que es movido por el viento (en este punto tenemos una transformación de energía eólica a energía cinética rotacional); luego el molino mueve un dínamo, y se produce un cambio de energía cinética rotacional a energía eléctrica. Posteriormente, los electrones que viajan por el conductor llegan a una batería de plomo



ácido sulfúrico y hacen que se dé una reacción química de la cual se puede generar electricidad si se deja que ocurra en sentido contrario, que posteriormente se va a transformar en la energía que se manifiesta como luz, sonido, televisión, y demás cosas que utilizamos y hacemos cotidianamente, entre ellas la utilización de un ventilador que genera corrientes de aire (energía eólica), volviendo así nuevamente al tipo de energía de partida, sin ser necesariamente la misma cantidad de la generada por el viento, puesto que en todo proceso hay irreversibilidades (pérdida de calidad).



### **Espacio de socialización y conceptualización**

Este espacio deberá ser aprovechado por el profesor para hablar de los diferentes tipos de energía que existen -explicando aquellos que aparecen en la situación planteada- con



**Facultad de Educación**

el fin de que los estudiantes reconozcan otros tipos diferentes a la mecánica, con lo cual se afianzará la comprensión del principio de conservación en las situaciones en las que la energía se manifiesta en otro tipo de energía diferente a la cinética o potencial gravitacional, dado que se detectaron dificultades para reconocer el principio de conservación en tales circunstancias. Además, se recomienda empezar con una discusión en la que los estudiantes expresen si la pérdida de calidad de la energía (degradación) afecta el principio de conservación y de qué manera. Posterior a la discusión, se deberá aclarar el concepto y la relación que hay entre degradación y este principio.

**Actividad de aplicación a nuevas situaciones**

**Tiempo:** 60 minutos

**Integrantes:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Grado:** \_\_\_\_\_

**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Objetivo**

Sintetizar lo aprendido sobre la energía y su conservación, y establecer relaciones con situaciones de interés actual, temáticas científicas, sociales y ambientales.

**Orientación**



# UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

A continuación se presentan algunos apartes de un artículo sobre el calentamiento global y su relación con la energía, escrito por Katherin Fula y Claudia Ayala, estudiantes de

administración de empresas y gestión ambiental de la Fundación Universitaria Monserrate.

Si quieres consultar el artículo completo, entra a:

[http://www.unimonserrate.edu.co/publicaciones/administracion/imp\\_amb/calentamiento\\_global-DEFINITIVO.pdf](http://www.unimonserrate.edu.co/publicaciones/administracion/imp_amb/calentamiento_global-DEFINITIVO.pdf)

En equipos de tres integrantes, lee los fragmentos del artículo y responde a las siguientes preguntas:

- 1) ¿Qué significados de la energía puedes extraer según el artículo? ¿Es diferente al significado físico que se te ha enseñado en clase? ¿Por qué?
- 2) ¿Qué relación encuentras entre el fenómeno del calentamiento global y el principio de conservación de la energía?
- 3) Explica en tus palabras y teniendo en cuenta los conocimientos adquiridos hasta ahora las palabras o frases que han sido subrayadas. Ten en cuenta también el contexto en el que se mencionan.
- 4) ¿Por qué crees que, según señalan las autoras, es importante apagar la luz y no seguir usando la misma nevera de hace 25 años? ¿Cómo relacionas esto con la energía?

## Calentamiento global



proyecciones sobre lo que ocurrirá en el planeta en los próximos 50 años de no frenarse las emisiones de los gases invernadero son preocupantes. Este artículo plantea las causas y consecuencias de este fenómeno y da un brochazo sobre cómo el ser humano con unos pequeños cambios en su vida cotidiana puede generar grandes beneficios a la conservación del planeta y a la reducción de lo que hasta el momento hemos ocasionado.

La Tierra es un sistema cerrado, lo que significa que ninguna materia entra o sale, con excepción de la energía radiada por el Sol; y los únicos procesos que pueden tener lugar son aquellos en que la materia cambia de una forma a otra. Como podemos ver, este sistema

cerrado provoca que todas las emisiones o procesos de combustión que pasen dentro de este invernadero mundial, tienden a calentar la parte que se encuentra entre la capa de ozono y la superficie de la Tierra.

Más allá de las políticas de Estado para solucionar el problema, la toma de conciencia de los ciudadanos del mundo sobre el peligro que corre la humanidad, de seguir emitiéndose gases invernadero al medio ambiente, es fundamental para lograr avances. Los beneficios de actuar a tiempo serán grandes para la humanidad. La primera práctica estriba simplemente en quemar menos combustible, en lograr que los automóviles y las empresas hagan un uso más eficiente de la energía. Muchas industrias que han recortado las



emisiones han descubierto un ahorro de dinero que puede ser reinvertido en tecnologías innovadoras.  
**Facultad de Educación**

El efecto invernadero se produce a partir del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el vapor del agua y otros gases que constituyen la atmósfera, los cuales absorben parte de las radiaciones que emite la Tierra por lo que así disminuyen la transferencia de calor desde el planeta hacia el espacio exterior. La progresiva acumulación en la atmósfera de los gases que producen el efecto invernadero, dará lugar a un creciente aumento de la temperatura de la superficie de la Tierra.

La humanidad está impulsando este proceso en gran parte por el uso de los combustibles fósiles. Y es un problema serio, tal vez el más serio de todos los que estamos enfrentando hoy. El cambio climático sin freno intensificará los actuales azotes de la humanidad -pobreza, enfermedades, hambre- y añadirá unos cuantos nuevos, como el aumento de catástrofes debidas al cambio extremo del clima, el aumento de nivel de los mares y las inundaciones en una escala sin precedentes. También se destacan como consecuencias el origen de huracanes más peligrosos y poderosos argumentando que "Aguas más calientes en los océanos añade más energía a las tormentas tropicales, haciendo estas más destructivas e intensas"; extinción de especies, la desaparición de algunos ecosistemas, temperaturas más cálidas, sequías y fuegos arrasadores.

No podemos seguir pensando que el calentamiento global sólo afecta a los países industrializados. Es una problemática que nos afecta a todos, y todos somos responsables de los efectos que provoca, a pesar que países como china y Estados Unidos son los que



## UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

más contaminación producen, no debemos atribuirle toda la culpa. El hecho de no apagar la luz, utilizar productos que contengan CFCs, seguir con la misma nevera de hace 25 años, la

quemada de llantas, y el uso inadecuado del agua produce también efectos en el calentamiento global.

La crisis del clima global es una amenaza tan grave que debemos reaccionar a movilizar una inmensa aplicación de recursos contra el calentamiento global –dinero, tecnología y energía humana— expandirlos estratégicamente para obtener el máximo efecto. Sólo a través de una evolución rápida de los combustibles fósiles a fuentes de energía limpia, y de la preservación y restauración de los bosques, podemos detener la acumulación de gases invernadero que nos pone a todos en peligro.

Todos podemos hacer algo para reducir la emisión de gases de invernadero y las consecuencias del calentamiento global. Por ejemplo, reducir el consumo de energía eléctrica, utilizar bombillos fluorescentes, limitar el consumo de agua, adquirir productos sin empaque o con empaque reciclable, utilizar papel reciclado, caminar o utilizar transportes públicos, sembrar árboles, reciclar envases de aluminio, vidrio y plástico, así como el cartón y el papel. Por último, crear conciencia en otros sobre la importancia de tomar acciones dirigidas a reducir el impacto del calentamiento global.

UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3