

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
MAESTRÍA EN DESARROLLO EDUCATIVO  
LÍNEA: ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES**

**PROPUESTA DIDÁCTICA APOYADA EN EL DESARROLLO HISTÓRICO DE  
LOS CONCEPTOS DE CALOR Y TEMPERATURA PARA ALUMNOS DE  
SECUNDARIA.**

**PRESENTA:  
ISABEL CRISTINA RÍOS CELIS**

**DIRECTORA DEL PROYECTO  
MTRA. MA. XÓCHITL BONILLA PEDROZA**

**SEPTIEMBRE 2007**

## ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	4
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	5
III. JUSTIFICACIÓN .....	8
IV. PROPÓSITOS DEL PROYECTO DE INTERVENCIÓN .....	9
V. SUPUESTOS TEÓRICOS .....	10
1. Contexto Epistemológico .....	10
1.1 Naturaleza de la Ciencia .....	11
1.2 Constructivismo.....	14
1.2.1 Constructivismo Radical .....	16
1.2.2. Constructivismo Social .....	17
2. Contexto Psicopedagógico .....	18
2.1. Cambio conceptual.....	20
2.1.1 El cambio conceptual desde el punto de vista de Posner, et al (1982) .....	20
2.1.2 El aprendizaje desde la perspectiva de la modelización (Tiberghien 1994) .....	22
2.1.3 El aprendizaje por evolución conceptual Mortimer (1995) .....	30
VI. MARCO HISTÓRICO.....	34
1. “Faceta Realista”.....	34
2. “Faceta Empirista”.....	36
3. “Faceta Clásica Racional” .....	39
4. “Faceta Racional Moderna” .....	41
VII. LA IMPORTANCIA DE LAS IDEAS PREVIAS.....	49
1. Ideas Previas de Calor y Temperatura referidas en la literatura.....	52
XVIII. LINEAMIENTOS GENERALES DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA.....	53
1. En qué consiste una Secuencia Didáctica.....	53
2. La historia de la ciencia como herramienta didáctica para la enseñanza y aprendizaje de la ciencia. ....	55
IX. METODOLOGÍA .....	58
X. SECUENCIA DIDÁCTICA.....	61
1. Etapas de la Secuencia Didáctica.....	61
2. Descripción de las etapas de la secuencia didáctica.....	61
2.1 ETAPA 1 .....	61
2.2 ETAPA 2 .....	62
2.3 ETAPA 3 .....	67
3. Organización General de las Sesiones de Trabajo.....	69
XI. RESULTADOS.....	70
1. Ideas previas detectadas.....	70
2. “Teorías” y “modelos” de los alumnos después de la confrontación de las ideas previas en el campo de la experimentación. ....	75
3. Graficas comparativas de las ideas previas contra las ideas después de la confrontación. ....	81
XII. EVALUACIÓN DE LOS DE LOS APRENDIZAJES.....	85
1. Las estructuras de las “teorías” y “modelos” de los alumnos antes y después de la confrontación de las ideas previas. ....	85
2. Análisis de los resultados .....	96

XIII. EVALUACIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA.....	102
1. Sistematización de la información.....	102
2. Construcción de categorías de análisis .....	103
3. Interpretación de la información.....	103
3.1.1 El papel del docente y de los alumnos en una plenaria de discusión.	105
3.2.4. Discusión y Argumentación .....	109
XIV. CONCLUSIONES .....	113
XV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	116
ANEXOS .....	123

## **PROPUESTA DIDÁCTICA APOYADA EN EL DESARROLLO HISTÓRICO DE LOS CONCEPTOS DE CALOR Y TEMPERATURA PARA ALUMNOS DE SECUNDARIA.**

### **I. INTRODUCCIÓN**

Desenredar la intrincada madeja que representa el problema de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias es una tarea ardua y añeja. Los Interesados en el campo, han buscado “camino” que les ayuden a realizar esta labor con el propósito de contribuir a su “solución”; algunos abordan este problema desde el pensamiento y las estructuras mentales de los niños, otros consideran el desarrollo de habilidades cognitivas y algunos más piensan que el ser humano no es simplemente cabeza sino que es necesario conocerlo íntegramente para poderle enseñar.

Todos esos caminos llevan a tratar de “responder” la pregunta más apremiante de la madeja: ¿Por qué los alumnos no aprenden la ciencia que se les enseña? , ¿Será acaso que los actuales avances científicos y tecnológicos han lesionado la noble propiedad de la mente humana que es la curiosidad?, o ¿Qué nuestros niños han perdido la capacidad de observación, de fijarse en los “detalles” de la naturaleza que llenaron de asombro al hombre del pasado? o ¿Más bien, serán la las estrategias de enseñanza que empleamos los profesores con las cuales no logramos su aprendizaje?

Considerando la última pregunta en este trabajo se propone la elaboración de una propuesta didáctica con un enfoque constructivista apoyada en el desarrollo histórico de la ciencia, que promueva la evolución de las ideas previas de los alumnos de secundaria sobre los conceptos de calor y temperatura.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para Machold (1992), la implicación principal de la enseñanza de la física es el de tratar de promover el desarrollo de habilidades cognitivas con las que el estudiante va a poder entender la lógica de ésta disciplina, mismas que podrá aplicar a otros campos de la vida. En cuanto a su aprendizaje el autor reconoce tres grandes dificultades que tienen que ver con diferentes aspectos:

1. **Aspecto cuantitativo.** Se refiere al manejo anticipado de problemas matemáticos, lo que está más ligado a las matemáticas que a la investigación de las “leyes” de la naturaleza, ya que los profesores enfatizan desde temprano las relaciones cuantitativas, en lugar de introducir ideas fundamentales.

2. **Conceptos cotidianos.** Es un conflicto para los estudiantes abandonar sus viejos conceptos, aprendidos a través de muchos años y bien probados, o aceptar las nuevas ideas, que contradicen parcialmente su propia experiencia.

El maestro de física puede partir de los conceptos cotidianos de sus alumnos y tomarlos en cuenta para sus clases.

3. **Formación de conceptos.** Los conceptos no se aprenden aisladamente sino unidos a estructuras.

Por su parte, Piaget (1973) refiere que el fracaso del aprendizaje de la ciencia, es atribuible al paso “prematureo” de lo concreto a lo abstracto y cuantitativo, por lo que dice este autor valdría la pena reflexionar sobre los métodos de enseñanza que emplean los profesores, los que en su mayoría, sólo ayudan a ejercitar la memoria, que es muy útil para contestar aquellos exámenes que sólo incluyen definiciones, pero pasado éste tipo de “evaluación, el “nuevo” conocimiento se pierde, debido a que durante la instrucción no se ofrecieron las condiciones que propiciarán la construcción de los conceptos científicos.

Durante la enseñanza se debe propiciar que los alumnos estén satisfechos con los conocimientos nuevos y su sentido común, sin embargo la construcción del sentido común pocas veces se ajusta a la construcción del conocimiento científico, por ello con los métodos de enseñanza “tradicionales”, no se logra que los alumnos se sientan insatisfechos con las explicaciones que se dan sobre los fenómenos naturales; es decir, que sus ideas previas sufran un “desequilibrio” y un posterior “reajuste”, por lo tanto las explicaciones científicas no son incorporadas a su sistema explicativo, ni se logra favorecer la adquisición de estructuras cognitivas que les permitan comprender los fenómenos naturales con una lógica y una coherencia “similar” con las que se construyen las teorías científicas, mismas que forman parte del contenido de la ciencia escolar.

Un tema de difícil comprensión y que forma parte del contenido de la asignatura de Física del nivel medio básico, es el de termodinámica, en donde se abordan entidades físicas abstractas como el calor y la temperatura, las cuales tienen dificultades para ser entendidos por los alumnos, debido a que sus ideas previas sobre éstos dos conceptos actúan como obstáculos epistemológicos ya que están muy alejadas de las explicaciones de la ciencia.

Driver, et al. (1989), mencionan que, hay muchos aspectos de los conceptos de calor y temperatura que son anti-intuitivos o, al menos problemáticos para algunos alumnos por lo tanto, dan explicaciones “simples” que pueden ser diferentes a las científicas a situaciones cotidianas relativas a estos fenómenos, mismas que posteriormente son integradas a sus estructuras explicativas al enfrentarse a problemas semejantes en la clase de física.

Lo que menciona esta autora es lo que comúnmente sucede en las aulas, es decir que los alumnos trasladan sus ideas previas al ámbito escolar para explicar los fenómenos naturales que se les plantean en clase, por lo que resulta fundamental que el profesor las identifique para que pueda tomar decisiones sobre los

conceptos previos que debe abordar antes de presentar a sus alumnos los de mayor complejidad.

La visión de Machold (1992), Piaget (1973) y Driver, *et al* (1989) con respecto a la enseñanza y aprendizaje de la física, sugiere a los interesados en diseñar estrategias de aprendizaje en donde se le de al estudiante la oportunidad de confrontar, reflexionar y revisar sus ideas con el propósito de que se convierta en el artesano de su propio conocimiento.

### III. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con lo reportado en la literatura sobre las explicaciones que dan los alumnos de secundaria relacionados con los fenómenos de calor y temperatura, se encontró que existe una distancia significativa entre éstas y las de la ciencia escolar, debido a que el “sistema conceptual” construido a través de sus experiencias cotidianas lo llevaron a tener sus propias representaciones, aunado a que las metodologías tradicionales de enseñanza no han ayudado a los alumnos a “pasar de un estado de conocimiento caracterizado “A” a otro perfectamente delimitado “B” (López y Flores, 2003, en Flores y Aguirre 2003). El estado de conocimiento “A” se pueden interpretar como los modelos conceptuales alternativos que tienen los alumnos de estos dos conceptos los que mediante un desequilibrio conceptual y posterior equilibrio (Strike y Posner, 1982), pasarían al estado de conocimiento “B”, el que sería más cercano al conocimiento científico.

Por su parte Tiberghien (1994), considera que al comparar la estructura del conocimiento de los estudiantes con la estructura de las teorías científicas abordadas durante la enseñanza, la de los estudiantes se ha construido con base al uso de relaciones basadas en una causalidad lineal (causalidad aristotélica), es decir, el objeto asociado al efecto (por ejemplo lo que es caliente, calienta) y la estructura del contenido de la enseñanza de la física que aunque no se puede comparar con la estructura de los contenidos de la física de los físicos no esta basada en un razonamiento de tipo causa-efecto y ni tampoco está directamente relacionada con objetos y eventos.

Esta diferencia justifica el propósito principal de este trabajo, que es el de promover la evolución de los conceptos de calor y temperatura en alumnos de secundaria a través de intervenir en el aprendizaje por medio de una estrategia didáctica que considere estos dos aspectos incompatibles.

#### **IV. PROPÓSITOS DEL PROYECTO DE INTERVENCIÓN**

1. Diseñar una estrategia didáctica con enfoque constructivista apoyada en el desarrollo histórico de los conceptos de calor y temperatura para propiciar su evolución conceptual en alumnos de secundaria.
2. Aplicar y evaluar dicha propuesta de estrategia didáctica.

## V. SUPUESTOS TEÓRICOS

### 1. Contexto Epistemológico

La epistemología es una rama de la filosofía que estudia al fenómeno del conocimiento, es decir, su génesis, su construcción y su desarrollo. Este fenómeno se puede estudiar a través de un prisma en cuyas caras se proyecta de diferente manera; la empirista-positivista, la lógico-positivista, la racionalista y la relativista (contextualismo).

En este trabajo se adoptó como marco referencial, el enfoque relativista (contextualismo), por enfatizar el carácter revolucionario del progreso científico y considerar el aspecto histórico de la ciencia ya que ofrece una perspectiva de conocimiento temporal y relativo, que prevalece como una forma de pensamiento en una época determinada y que es superado en el momento que un nuevo pensamiento surge bien por una nueva necesidad explicativa de algún acontecimiento o bien por presiones de alguna otra índole.

El relativismo o contextualismo, surge en los años sesenta, entre sus principales representantes tenemos a: Stephen Toulmin, Larry Laudan y Thomas Kuhn.

En este enfoque epistemológico, se concibe a la ciencia como un proceso inacabado, en donde los conocimientos surgen de una interacción entre el sujeto y el objeto de conocimiento, de esta interacción el sujeto cognoscente construye modelos que le permiten interpretar el mundo.

A los rasgos que caracterizan al contextualismo, Ramírez (2003) los identifica de la siguiente manera:

- Enfatiza el carácter revolucionario del progreso científico.
- Niega el criterio de racionalidad universal por lo que una teoría puede ser juzgada mejor que otra.
- Se centra en la dinámica del proceso del cambio y evolución del conocimiento científico, considerando su propia historicidad.

- En este enfoque existe una preocupación por dar cuenta y analizar los cambios profundos de las comunidades científicas y no es de su interés normar o prescribir métodos.
- El conocimiento científico es una construcción de la “realidad” que se conoce a través de diferentes modelos o teorías que se utilizan en determinado tiempo, espacio y contexto.
- La ciencia en este contexto articula y desarrolla paradigmas en su intento por explicar y “acomodar” el comportamiento de algunos aspectos importantes del mundo material.

### **1.1 Naturaleza de la Ciencia**

Enmarcado en el contextualismo se encuentra la teoría de Kuhn (1986/1962), quien considera que el pensamiento científico, es aquel cuyas teorías pueden explicar los fenómenos que son de interés de una comunidad científica o de la sociedad de una época determinada, pero en la medida que éstas ya no pueden dar respuesta a las preguntas que van surgiendo, se produce una fractura en el pensamiento dominante, lo que provoca un cambio en la ciencia normal.

De acuerdo a Kuhn (1986/1962), la ciencia normal es la realización de un paradigma que una comunidad científica particular reconoce durante cierto tiempo, como fundamento para su práctica posterior. Es la que produce las piezas clave (conceptos, modelos y teorías) que la comunidad científica está continuamente “añadiendo” a la evolución de la ciencia y que suprime frecuentemente innovaciones fundamentales, debido a que resultan demasiado subversivas para sus compromisos básicos, por lo tanto es resistente a los cambios. Es una actividad en que la mayoría de los científicos consume casi todo su tiempo.

Un paradigma constituye una serie de creencias, valores, técnicas, etc., que comparte una determinada comunidad científica, misma que tiene compromisos de carácter ontológico, epistemológico y de tipo pragmático para construir

determinadas teorías y modelos o delimitar los campos de investigación de los fenómenos a estudiar, también comprende compromisos sobre procedimiento, es decir las técnicas y las herramientas formales que se consideran las más adecuadas y confiables para la experimentación.

En el momento de cambio del pensamiento científico, el paradigma se fragmenta generándose una “anomalía” con la que se inicia un periodo de “crisis”, intervalo en el que se duda que los problemas sean solucionables desde las teorías y reglas dominantes de la ciencia normal, por lo que se pasa a ser “ciencia extraordinaria”. En la “ciencia extraordinaria”, proliferan teorías especulativas o alternativas que preparan el terreno para el cambio de paradigma.

Una vez que se ha aceptado el nuevo paradigma el cambio revolucionario implica una transformación relativamente súbita.

En el cambio de paradigma la nueva teoría es incomparable con la anterior, esto significa que entre ésta y la que prevalece en ese momento no hay ningún lenguaje neutral o de cualquier otro tipo.

Kuhn considera que un aspecto fecundo de la producción humana, es la ciencia, es como, un quehacer, como una actividad productiva y dinámica de conocimientos sobre la naturaleza, que puede avanzar o sufrir retrocesos, a los cambios en el pensamiento científico, Kuhn les denomina “revoluciones científicas”.

Una “revolución científica”, es aquella que modifica la perspectiva de la comunidad que la experimenta, que afecta a toda investigación que en ese momento se realiza en la comunidad “sapiencial”, con lo cual también se ve afectado la estructura de los libros de texto y las publicaciones de investigación, por lo que una “revolución científica” es una construcción nueva y original que representa un cambio sustancial en los cimientos de las teorías.

Los ejemplos más evidentes de revoluciones científicas son las grandes rupturas o episodios del desarrollo científico cuyos protagonistas principales fueron aquellos personajes que cambiaron el rumbo de sus investigaciones para generar nuevos conocimientos.

Los científicos posrevolucionarios “trabajan en un mundo diferente”, y eso explica las dificultades o insuficiencias de la comunicación con sus colegas de otro paradigma. Esto se da porque los distintos científicos ven cosas diferentes, observando lo mismo, con los mismos instrumentos. “Miran el mismo mundo, los “estímulos son los mismos para todos, incluso los términos empleados pueden ser idénticos, pero aún así ven cosas diferentes y la elección del paradigma no puede resolverse nunca de manera inequívoca sólo mediante la lógica y la experimentación” (Beltrán en Kuhn, 1989, p.21). Eso hace que incluso las “buenas razones” que los científicos utilizan para la elección funcionen como “valores” en los que intervienen elementos “subjetivos”. “La tradición científica normal” que surge de una revolución científica es incomparable con la que existía con anterioridad.

Para Kuhn, lo que sucede en etapas cruciales del desarrollo científico no se reduce a una reinterpretación de datos estables, sino que tiene consecuencias de gran cambio para la filosofía de la ciencia dominante y que el trabajo de investigación no es sólo el de reunir pruebas empíricas para demostrar la validez y fiabilidad de alguna teoría, sino entender el porqué algún científico elaboró tal o cual hipótesis, esto se puede hacer rastreando el origen de sus ideas y de esa manera detectar los puntos innovadores para el surgimiento de una nueva teoría, la nueva teoría implica un cambio en las reglas que rigen la práctica anterior de la ciencia normal.

La concepción que tiene Kuhn sobre la naturaleza de la ciencia de “revoluciones” constantes donde un marco teórico prima sobre otro por considerarse que ofrece “mejores” elementos explicativos de acuerdo a las necesidades del momento nos

ofrece un panorama acorde con lo que en este trabajo se persigue, que es justamente el reconocer al proceso del desarrollo del conocimiento científico como un proceso “semejante” al que se da en el aprendizaje de la ciencia en los estudiantes de secundaria, en cuanto a que, el nuevo conocimiento que se les presente va a ofrecer cierta resistencia para ser incorporado a su aparato explicativo, pero en la medida que se adopten estrategias de enseñanza que provoquen insatisfacción con sus explicaciones -al igual que sucede en el proceso del desarrollo científico-, tendrán la necesidad cognitiva de construir nuevos modelos a partir de nuevas teorías que estén más cercanos a los modelos y teorías científicas actuales, entonces -en términos de Kuhn- se puede provocar en los estudiantes una “revolución conceptual”.

## **1.2 Constructivismo**

El constructivismo es otro enfoque de conocimiento en el que este trabajo se apoya, el cual coloca a los sujetos en el centro de su propio aprendizaje. Pedro Hernández (1997), al igual que otros autores, lo ubica como una corriente epistemológica que considera que el conocimiento se deriva de la interacción del sujeto con el mundo, de tal manera que éste está determinado por las características del sujeto y también por las características de la realidad, estas consideraciones establecen las diferencias con las otras referencias teóricas del pensamiento como; el Realismo-Empirismo, en donde el conocimiento sólo es posible a través de la experiencia que se capta de la realidad tal cual es, (el objeto como centro de conocimiento) y del Idealismo-Racionalismo, en el que el mundo es sólo una referencia sacada del mundo de las ideas del sujeto.

Por su parte von Glasersfeld (1995 p: 22), concibe al constructivismo como: “lo que vivimos y experimentamos, lo que conocemos y llegamos a saber está necesariamente construido con nuestros propios materiales y sólo se puede explicar por manera y forma de construir”, éste autor se apoya en las ideas de los constructivistas de antaño cuyo origen se encuentra desde la antigua Grecia con los presocráticos, los que eran escépticos del pensamiento tradicional, tal es el

caso del filósofo griego, Jenófanes (s. VI aC, citado por von Glasersfeld 1995, p:26) quien decía: “ningún hombre ha visto una cierta verdad y nunca habrá alguien que sepa acerca de los dioses y las cosas.....pues aún si triunfa en decir lo que es completamente cierto, el mismo no sabrá que sabe de ello”.

De la primera década del siglo XVIII, Von Glasersfeld, reconoce a Giambattista Vico, como el primer genuino constructivista quien dijo: “así como la verdad de Dios es lo que Dios llega a conocer al crearlo y organizarlo, la verdad humana es lo que el hombre llega a conocer al construirlo, formándolo por sus acciones...” (Giambattista citado por von Glasersfeld ,1995 p:29).

El filósofo Kant sostenía que: “podemos en gran medida inferir las operaciones con las cuales organizamos el mundo de nuestra experiencia, y que la conciencia de operar, puede ayudarnos a hacer las cosas de manera diferente y tal vez mejor”, (Kant citado por von Glasersfeld, 1995, p: 21).

Kant también expresó en su tiempo, que nuestra mente no crea sus leyes partiendo de la naturaleza sino que las impone, es decir las construye.

Del siglo XX, Silvio Cecatto y Jean Piaget, son considerados por von Glasersfeld, como aquellos pensadores cuyas ideas ofrecieron gran resistencia a los filósofos del pensamiento tradicional debido a que para ellos, el constructivismo pretende enterrar una parte demasiado grande de la cosmovisión tradicional.

Por su parte, Gergen (1995) menciona que el constructivismo rompe con lo convencional al desarrollar una teoría en la cual el conocimiento no refleja un objeto ontológico de la realidad sino exclusivamente un ordenamiento y organización de un mundo constituido por nuestra experiencia, por lo tanto al igual que von Glasersfeld, concibe al constructivismo como una ruptura en el pensamiento tradicional en el sentido de que para él el foco del conocimiento está en el sujeto que construye no en el objeto.

Como podemos apreciar el pensamiento constructivista no ha sido obra de un solo ser humano, ni surge de manera instantánea, sino que es el producto de un

pensamiento que fue gestado desde los presocráticos y que se puede estudiar desde diferentes enfoques como; el constructivismo radical y el constructivismo social.

### **1.2.1 Constructivismo Radical**

Su representante principal es von Glasersfeld, este filósofo, considera que el constructivismo quiere afirmar que el conocimiento del mundo en el que vivimos lo debemos sólo a nosotros mismos y que ha de interpretarse, no como una imagen del mundo real, sino tan solo como una llave que nos abre caminos posibles a nuestro entendimiento.

Desde este punto de vista, toda concepción, todo saber y toda comprensión es siempre construcción e interpretación del sujeto, esto representa una gran diferencia con la concepción de los realistas metafísicos cuyo pensamiento, acerca del conocimiento, sostenía que sólo tenemos derecho a llamar “verdad” a lo que corresponde con una realidad independiente y objetiva.

En el constructivismo radical de von Glasersfeld (1995) se ve al sujeto, como aquel que tiene en la mano muchas llaves pero no sabe cuál de ellas abre la cerradura de la puerta que resguarda el preciado “botín” del conocimiento y por lo tanto tiene que construir un “modelo” con una organización idónea que le permita encontrar la llave con la que pueda abrir la cerradura y llegar a “conocer la realidad”. Esto no puede ser el fruto de una actitud pasiva, sino que se origina como “producto de la actividad del sujeto”. Esta actividad no corresponde necesariamente a la manipulación física del objeto sino que el sujeto “opera” mentalmente en él, con su organización cognitiva, tal como Piaget (citado por Glasersfeld, 1995, p: 29) lo expone: “el organizarse a sí mismo organiza su mundo experiencial”, es decir que la organización interna del sujeto se proyecta hacia la organización externa de la realidad, algo así como hacer un “modelo mental interno” que pueda ser “probado” en la realidad.

En el constructivismo radical, la actividad cognitiva del ser humano, no puede llevar a una imagen verdadera y certera del mundo, sólo se limita a indagar e inferir si la “llave” que abre el conocimiento funciona bien o no, y esto no depende de que se encuentre una cerradura adecuada, sino solamente de que se facilite el camino hacia los fines que se quiere alcanzar.

Se puede considerar que el constructivismo de von Glasersfeld, no es radical sólo por ocasionar una ruptura en el pensamiento tradicional, sino por llevar al relativismo al extremo, ésta apreciación se apoya en el primer principio de su constructivismo, que dice; “el conocimiento es construido desde dentro de una persona, no se recibe pasivamente a través de la comunicación de las personas” (von Glasersfeld, 1995, citado por Staver 1999, p: 501).

Desde este principio la construcción del conocimiento se da solo en el interior del sujeto sin que se vea influenciada por lo social por lo que se puede calificar a este constructivismo de solipsismo, lo que se puede considerar como una debilidad de la teoría de von Glasersfeld.

### **1.2.2. Constructivismo Social**

A diferencia del constructivismo radical tenemos el criterio de la influencia de la interacción social en la construcción del conocimiento que es considerado en el constructivismo social cuyo representante principal es Lev Vigotsky (1896-1934).

Klinger y Vadillo (2000) mencionan que el constructivismo social examina el impacto de la interacción social y de las instituciones sociales en el desarrollo del individuo. Este constructivismo estudia básicamente la relación entre el lenguaje descriptivo y el mundo que proyecta representar.

En el constructivismo social se considera que el papel del adulto (ente social) es el del mediador que promueve el proceso interno del niño y el papel del niño es activo en la construcción o reconstrucción del aprendizaje que está ligado

generalmente al diálogo. En el caso de la lectura está dirigido a las habilidades de comprensión del lenguaje.

Vigotsky considera al lenguaje como intermediario entre los “expertos” y los niños, y establece que el habla utilizada como medio específico en la interacción social es incorporada e internalizada por el niño individual lo que representa un fundamento social de la cognición (Cazden 1991). Esta idea subyace en la definición de “la zona del desarrollo próximo” de Vigotsky, que la explica como la distancia que hay entre el nivel de desarrollo real determinado por la solución de problemas independientes, y el nivel de desarrollo potencial, determinado por la solución de problemas bajo la dirección de adultos o en colaboración con “iguales más capaces”.

De esta manera Vigotsky concibe a la interacción social como impulsora de las “funciones superiores de los niños”, que se desarrollan en forma de argumentación.

## **2. Contexto Psicopedagógico**

Dentro de la psicología del conocimiento, Hernández (1997) califica al constructivismo como cognocitivismo subjetivista debido a que el conocimiento en esta postura es una elaboración e interpretación individual del mundo, esto en contraposición con el cognocitivismo objetivo que considera al conocimiento como una estructura lógica, jerárquica, unívoca y reflejo del universo.

Desde este punto de vista, el constructivismo es una referencia teórica subjetiva, ya que el conocimiento es la mera construcción adaptativa de cada persona, con relación con sus propios conocimientos y experiencias.

Las proposiciones del subjetivismo se contraponen con las del objetivismo generándose dos polos opuestos con diferentes objetivos y metas. La meta fundamental de la enseñanza en el objetivismo es, que el alumno adquiera el conocimiento socialmente acumulado por lo tanto el aprendizaje se da con relación a la realidad natural, social y cultural, expresadas a través de currículos establecidos; el papel del docente es el experto que controla y evalúa el

conocimiento y administra la cultura objetiva. El papel del alumno (mal llamado "inmaduro") es el receptor del conocimiento. La metodología de la enseñanza está basada en la transmisión de conocimientos (terminales y conclusivos) por parte de los expertos, y por lo tanto la evaluación del aprendizaje están centrados en que el alumno acumule y reproduzca los contenidos recibidos.

En el cognocitismo subjetivista, la meta fundamental de la enseñanza, es que el estudiante establezca un debate entre sus ideas previas y sus creencias con el conocimiento nuevo que se le presenta para que con este ejercicio desarrolle mayor capacidad para saber aprender y saber pensar así como desarrollar un verdadero interés por el conocimiento y por lo tanto la principal referencia del aprendizaje es la realidad subjetiva, expresada a través del "currículo vivencial" del sujeto, traducido en contenidos cotidianos o experienciales.

En cuanto al papel del docente en esta corriente, es la de mediador entre la cultura "objetiva" y la "subjetiva" del alumno. El papel del alumno es el de ser el protagonista de su propio aprendizaje.

La metodología de la enseñanza constructivista, está enfocada hacia los procesos de aprendizaje, es decir, a que el alumno cuestione, busque, averigüe, y genere sus propios conocimientos, por lo tanto los objetivos de la evaluación desde esta perspectiva se establecerán de acuerdo a la metodología; es decir, enfocados a la evaluación de los procesos, de comprensión, relaciones, uso, y producción de nuevos conocimientos.

Según Hernández (1997), el punto intermedio entre el objetivismo el subjetivismo es el constructivismo vigotskyano, el cual posee un carácter dialéctico entre los dos polos especialmente en la interacción sociedad-individuo, cultura-naturaleza, etc., en donde se acentúan los conceptos mediación o negociación de significados en el desarrollo y en la educación, asimismo la atención individualizada que imprime el concepto de la "zona de desarrollo próximo", el aprendizaje está mediado y negociado en lo cooperativo y lo social.

## **2.1. Cambio conceptual**

El cambio conceptual es una perspectiva epistemológica constructivista del aprendizaje, al cual se le puede considerar como el reemplazo de las ideas previas por los conceptos científicos o bien que en el proceso de aprendizaje las ideas previas nunca son reemplazadas sino que coexisten con el conocimiento científico y que van a emerger unas u otras de acuerdo al contexto o a las necesidades explicativas del sujeto.

Los pioneros en el estudio de ésta corriente del aprendizaje son Posner, Strike, Hewson, Gertzog (1982), quienes establecieron las primeras características del aprendizaje por cambio conceptual.

### **2.1.1 El cambio conceptual desde el punto de vista de Posner, et al (1982)**

Los autores parten de la idea de que todo conocimiento se origina en la experiencia del sujeto, la que está unida a sus ideas por importantes reglas lógicas y neutrales que permiten decidir cuando una experiencia es aceptada o rechazada. Para ellos el conocimiento es sumativo y tanto el conocimiento como el aprendizaje están unidos a los datos sensibles dentro de patrones o regularidades.

Para Posner, *et al* (1982) el cambio conceptual enfatiza la transformación de las concepciones de los alumnos en el proceso de aprendizaje, las nuevas ideas no se adhieren a las viejas sino que existe una interacción entre ambas y como resultado hay modificaciones.

Para éstos autores el aprendizaje está más orientado a la acomodación que a la asimilación, siendo el primero el que provoca el cambio conceptual. La acomodación podría ser observada como una competencia entre concepciones (la científica y la del alumno) y cuando el estatus de la idea alternativa excede el estatus de la existente surge la acomodación y se adquiere la nueva.

Posner, *et al* (1982) también consideran la distinción entre acomodación y asimilación como una característica de grado, ya que las nuevas concepciones son comprendidas, juzgadas, obtenidas o rechazadas en un contexto conceptual existente por lo tanto para ellos, el aprendizaje es una importante explicación de cómo funciona la ecología conceptual del alumno.

Algunas características de la ecología conceptual son: las anomalías, experiencias pasadas, compromisos epistemológicos, etc., mismas que pueden influir en la selección de una nueva concepción.

Un punto relevante de la teoría de Posner *et al*, es la caracterización de cuatro condiciones que promueven el cambio conceptual, las que son consideradas en mayor o menor grado por los distintos autores que estudian este enfoque:

1. Insatisfacción de las concepciones existentes
2. Una nueva concepción tendrá que ser comprendida
3. La nueva concepción tendrá que ser plausible
4. La nueva concepción podría sugerir la posibilidad de un programa de investigación fructífero.

Otro punto de vista de cambio conceptual es el de Tiberghien (1994), para quien el aprendizaje de la ciencia, al igual que Posner, *et al*, se da por la interacción entre las ideas de los estudiantes y las teorías científicas, pero considera a diferencia de ellos, que el cambio conceptual no se debe a la transformación de las concepciones de los alumnos como resultado del proceso de acomodación, sino que se produce de manera “similar” al proceso de construcción de las teorías científicas a lo que le llama: “modelización”, es decir, que al igual que en la ciencia, los estudiantes elaboran “teorías” y “modelos” para explicar los fenómenos naturales, por lo tanto éste proceso se estudia desde dos esferas que constantemente interactúan que son: el aprendizaje de los estudiantes y la epistemología de la ciencia.

La interrelación entre las dos esferas de conocimiento sugerida por Tiberghien, coincide con la postura epistemológica y la naturaleza de la ciencia que articulan este trabajo.

### **2.1.2 El aprendizaje desde la perspectiva de la modelización (Tiberghien 1994)**

Para Tiberghien el cambio conceptual de los sujetos, se da como un proceso análogo al que describe la epistemología de la ciencia para la construcción de las teorías científicas, a este proceso le llama “modelización”, al cual lo concibe, como la relación que se establece entre el mundo material y el sujeto que intenta conocer ese mundo. Esto significa que cuando los científicos interpretan y predicen hechos experimentales no aplican directamente una teoría sino que con base en ésta, construyen modelos que les ayudan a explicar una determinada situación fenomenológica. De manera “similar”, la autora sugiere que, los estudiantes también pasan por un proceso similar al de los científicos para explicar los fenómenos naturales .

En cuanto al aprendizaje de los conceptos físicos, Tiberghien (1995), considera que las dificultades que tienen los estudiantes para aprenderlos, se deben a un vacío real que existe entre el significado construido por el estudiante y ciertos aspectos del conocimiento físico, debido a la independencia que hay entre la estructura del conocimiento de los estudiantes y la estructura del contenido de la enseñanza de la física ya que el contenido conceptual de esta última aunque no es de la misma naturaleza que las teorías científicas no incluye en sus explicaciones una causalidad semejante a la que utilizan los estudiantes para explicar los fenómenos naturales. De tal manera que resulta muy importante considerar este aspecto en el momento de promover los aprendizajes, para lo cual Tiberghien (1994) identifica diferentes tipos que tienen que ver con los niveles que constituyen el proceso de la modelización.

Para entender éste proceso, la investigadora describe el que corresponde al de los científicos y con base a éste hace un parangón con el de los estudiantes.

El proceso de modelización de los científicos abarca tres niveles, que son: Teoría, Modelo y Campo Experimental de Referencia.

### ***Nivel de teoría del científico***

Este nivel posee un paradigma inmerso en una causalidad, principios y leyes aunado a una explicación de lo observado y que está fuertemente relacionado a tres factores principales que son: Los antecedentes teóricos, los hechos experimentales y las explicaciones que se dan a esos hechos.

Las teorías contienen un sistema explicativo y la interpretación y predicción de los fenómenos son construidos desde un paradigma.

Los “paradigmas” en el sentido kuhniano, son parte de la misma teoría y un aspecto fundamental de ésta es su estatus hipotético lo que representa un aspecto básico de la ciencia moderna.

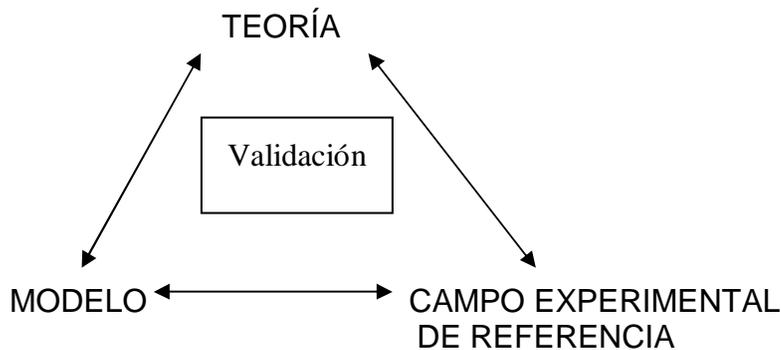
### ***Nivel de modelo del científico***

Tiberghien concibe al modelo como Bachelard (1979, citado por Tiberghien 1994), es decir, como una relación o como un intermediario entre la teoría del sujeto y el mundo material, por lo tanto cada modelo, contiene dos aspectos: los teóricos y los preceptuales.

El modelo no es una imitación del fenómeno sino que representa una característica de la realidad, en el que se establecen relaciones funcionales cualitativas y cuantitativas. Los modelos de los científicos están muy desarrollados por que están impregnados de formalismos matemáticos con los que se pretende la generalización.

### ***Nivel del campo experimental de referencia del científico***

Éste implica una situación experimental en la cual se valida la construcción teórica y el modelo. Comprende valores, hechos y recursos experimentales, los que se consideran que son intermediarios entre el nivel de objetos- eventos y el modelo. El tipo de lenguaje asociado con este nivel es la descripción de hechos en términos de objetos y eventos.



El esquema anterior representa los tres niveles de la modelización que constantemente interactúan para la construcción de nuevos conocimientos.

Tiberghien (1994), considera que al igual que los científicos, los alumnos también construyen teorías y modelos cuando interpretan y/o cuando predicen alguna situación fenomenológica, sólo que las “teorías” de los alumnos, como es natural, no tienen el mismo nivel de operaciones lógico-matemáticas que las de los científicos pero juegan “el mismo papel” para explicar una determinada situación, de igual manera el modelo científico y el modelo del alumno se encuentran entre la teoría y el mundo material. Cuando los estudiantes construyen un modelo, (así como los científicos), seleccionan los objetos y los eventos relevantes de acuerdo a su propio punto de vista y sus experiencias, que son coherentes con su contexto social.

El uso de la modelización como marco de referencia para definir la estructura del conocimiento del estudiante requiere identificar el juego de situaciones materiales (nivel de objetos y eventos) que está asociado a una interpretación de los hechos. A continuación se explican cada uno de los niveles de la modelización que desarrolla el estudiante:

### ***Nivel de Teoría del Estudiante***

Al igual que la teoría científica, la del alumno contiene un sistema explicativo, pero a diferencia de la científica incluye una explicación de tipo causa-efecto que se relaciona con lo que directamente percibe, por lo tanto la causalidad que utiliza el estudiante en sus explicaciones no es de la misma naturaleza que las científicas. Esta discordancia investigada por Tiberghien justifica en gran medida la elaboración de propuestas didácticas que estén encaminadas a considerar la causalidad en las explicaciones de los niños como un “obstáculo epistemológico”, es decir, como un aspecto que “dificulta” la adquisición del conocimiento científico.

Tiberghien (1994), refiere que en algunas ocasiones en alumnos de entre 13 y 14 años de edad se identifica una “causalidad aristotélica” en sus explicaciones de los fenómenos naturales. Esta causalidad puede ser de diferentes tipos: material, eficiente, formal y final.

Causalidad Material: es usada cuando los estudiantes consideran (en el caso del calor) que la lana o el algodón es caliente, o calienta “porque es lana” y ser caliente o calentar es una propiedad de la lana, lo cual implica una relación lineal de tipo causa-efecto.

Causalidad Eficiente: esta causalidad es muy frecuente en las explicaciones de los estudiantes de secundaria, se refiere a que cuando el sujeto observa un cambio en los fenómenos, la causa de éste lo atribuye a un sólo factor, por ejemplo; la causa de que la luminosidad suba en un foco conectado a una batería, es una propiedad sólo de la batería, o una pelota que le pega a otra inmóvil provoca que ésta se mueva; para el alumno, el movimiento de la primera pelota (o el empujón dado a la segunda pelota por la primera) es la única causa del movimiento de que la segunda pelota se mueva.

Por otro lado, dependiendo del arreglo espacial de los objetos y la duración de un determinado evento, los estudiantes pueden o no invocar un mediador, es decir, cuando los objetos o eventos considerados como causa y los considerados como efecto están muy separados, entonces aparece una necesidad intelectual del

estudiante de invocar un mediador, el cual “transmite la causa”. Por ejemplo, en una situación de calentamiento el mediador es frecuentemente llamado como “calentador” o “aire caliente”.

Causa Formal y Final: éstas dos causas es difícil distinguirlas; los estudiantes las emplean cuando tienen la necesidad de predecir o interpretar la función de algún objeto; por ejemplo, que en las ollas metálicas calienten los líquidos, la función de calentar lo atribuyen a la olla (causa formal), ya que para ellos el metal guardará el calor (causa final).

Tiberghien, menciona que la causalidad aristotélica constituye un marco de referencia relevante para analizar las explicaciones dadas por los estudiantes en situaciones relacionadas con, calor, aislamiento, electricidad y movimiento, por lo que es posible encontrar dicha causalidad en las explicaciones de los alumnos para contextos relacionados con fenómenos térmicos.

### ***Nivel de Modelo del Estudiante***

Los modelos de los estudiantes están muy cerca de los objetos y eventos que son directamente percibidos por ellos; un ejemplo de modelo sería el que construye el estudiante para explicar el calentamiento, en el cual incluye un mediador que puede ser aire caliente o frío. Esto es completamente diferente de los modelos de la física los cuales no incluyen objetos y eventos como tales sino que se usan cualidades físicas con formalismos matemáticos, sin embargo en ambos casos tenemos una teoría acompañada de un modelo de la situación.

### ***Nivel del campo experimental de referencia del estudiante***

En este nivel los estudiantes confrontan sus ideas previas con algún experimento, por lo tanto como en el caso de los científicos comprende una situación empírica, sólo que la elección de los “recursos experimentales” estarán de acuerdo con su contexto social.

## **DIFERENTES TIPOS DE APRENDIZAJE TIBERGHEIN (1994)**

En cuanto a los aprendizajes Tiberghien (1994) propone tomar en cuenta los niveles implicados en la modelización para lo cual identifica dos tipos principales de aprendizaje que se dan: a nivel modelo que se refiere a la modificación en la estructura de objetos y eventos y a nivel de teoría que corresponde a un cambio en la causalidad; por lo tanto se consideró importante identificar las “teoría” y los “modelos” que los alumnos construyen para explicar los fenómenos de calor y temperatura con propósito de partir de esta referencia para el diseño de las actividades de la secuencia didáctica encaminadas a promover la evolución de las ideas previas de los estudiantes hacia las teorías y modelos de la ciencia escolar.

### **Extensión del campo de aplicabilidad**

En este tipo de aprendizaje, no hay modificación en la estructura del conocimiento a nivel de teoría y modelo, solamente un nuevo elemento es incorporado durante un evento; por ejemplo que los alumnos agreguen a su modelo que las sustancias al hervir alcanzan una máxima temperatura, con este nuevo elemento los estudiantes aprenden la estabilidad de la temperatura para algunas sustancias, pero esta estabilidad no la relacionan con la coexistencia de dos fases (líquido y vapor) pero el decir que las sustancias alcanzan una máxima temperatura al hervir aporta un nuevo conocimiento relacionado al objeto cuya estructura material es modificada al llegar a esa temperatura.

### **Nuevas relaciones semánticas entre el modelo y el campo de aplicabilidad**

En este aprendizaje los estudiantes después de la enseñanza pueden tener dos tipos de interpretación relacionadas con un mismo fenómeno, por ejemplo el que los estudiantes digan antes de la instrucción que la lana (o el algodón) guarda un

objeto caliente pero no frío, o bien en que el metal pueden guardar por más tiempo un objeto frío, pero al enfrentar estas ideas en el campo de la experimentación tal concepción puede sufrir una contradicción de tal suerte que las explicaciones de los alumnos se modifiquen y digan después del experimento que el frío del objeto dentro del metal se va hacia fuera, en cambio en el algodón se “guarda”. También es posible que sigan diciendo que el algodón guarda el calor más que el metal. Esta interpretación representa un cambio desde el punto de vista del rol de objeto, el objeto frío (aluminio) que fuera el receptor (del frío) cambió a ser el agente (el que transfiere el calor o el frío). La nueva explicación implica un cambio sólo en el modelo inicial.

### **Cambio de roles de los objetos a relaciones causales**

Se establece una nueva relación entre los objetos y eventos, por ejemplo que el objeto que es el agente se convierta en receptor. Según Tiberghien (1994), éste aprendizaje se da en muchas situaciones de enseñanza.

Aún cuando el aprendizaje que se obtiene no se da por un cambio radical en la teoría, se requiere que el estudiante elabore una nueva organización del conocimiento con respecto a que hay una nueva relación semántica entre el modelo y el campo experimental (eventos). Por lo tanto se considera que este aprendizaje corresponde al tipo de modificación conceptual al que se le llama “cambio conceptual semántico”, y se da a nivel modelo.

### **Un nuevo modelo con relación a un nuevo nivel teórico**

En este aprendizaje, algunos estudiantes adquieren la noción de dos diferentes magnitudes físicas en lugar de verlas como una sola, por ejemplo; el calor y la temperatura. Para diferenciar las dos magnitudes los estudiantes deben ser capaces de ir del nivel de objeto al de evento, es decir, después de un experimento

en donde se considere confrontar sus ideas con respecto al fenómeno de aislamiento del calor, los estudiantes pueden elegir a la lana para aislar tanto una pelota caliente como una fría, y poder explicar que la lana es un buen aislante y desechar en sus explicaciones la relación causal “lo que es caliente calienta”. El ejemplo anterior, ilustra la capacidad del estudiante de ir de un nivel de objetos al de evento que demuestra que la diferencia entre el calor y la temperatura ha sido construida. Los estudiantes que tienen este nivel de interpretación (que son muy pocos) muy frecuentemente usan el verbo “tomar” asociado con la temperatura, mientras que al calor lo relacionan con verbos de movimiento.

En este aprendizaje se requiere la reestructuración de la sintaxis del modelo y de la semántica de la teoría; por lo tanto el aprendizaje se refleja en un cambio en la teoría.

### **Teoría construida de reglas sociales de enseñanza**

En este tipo de aprendizaje se pretende desarrollar en los alumnos “la competencia” para resolver problemas “tipo” sin haber adquirido una comprensión conceptual de la ciencia. Es muy frecuente que las teorías de los estudiantes hayan sido construidas con el propósito de ser eficientes para resolver problemas pero no necesariamente para entender y predecir fenómenos físicos. Las “teorías” de los estudiantes pueden contener aspectos originales (adquiridos antes de la enseñanza) asociados con principios provenientes de las reglas sociales del contenido de la enseñanza y también de las estrategias de la física para resolver los problemas tipo.

Para detectar los aprendizajes identificados por Tiberghien (1994), se diseñaron actividades de enseñanza que incluyeron como recurso heurístico la historia de la ciencia (de la termodinámica) no en el sentido de encontrar un paralelismo entre el pensamiento de los niños y las ideas de los científicos del pasado, sino para tomar el proceso de evolución de las teorías como sustento de las actividades para la instrucción, es decir, se tomaron los experimentos que produjeron cambios en

pensamiento científico para propiciar en los estudiantes la revisión y reflexión de sus ideas.

### **2.1.3 El aprendizaje por evolución conceptual Mortimer (1995)**

Mortimer (1995), presenta un modelo para analizar la evolución conceptual en el aula, el cual se basa en una noción de “Perfil Conceptual”, este modelo contiene algunos aspectos que comparte y de alguna manera complementan la teoría del aprendizaje de la modelización de Tiberghien (1994); por ejemplo, para los dos autores el aprendizaje de un nuevo concepto no necesariamente es el reemplazar las ideas previas o alternativas por las científicas, sino que es posible usar diferentes formas de pensamiento para diferentes dominios o contextos. Para Tiberghien, el aprendizaje se puede dar en diferentes niveles; teoría o modelo y para Mortimer, el aprendizaje es el cambiar de nivel del perfil conceptual a otro y volverse conciente de las diferentes zonas del perfil.

Como se puede apreciar, los dos autores coinciden en que hay diferentes niveles de aprendizaje con lo cual se refuerza la idea que se tiene en este trabajo, que es el de ver al aprendizaje de la ciencia como una evolución de las “teorías” de los estudiantes, no como un reemplazo de éstas por las científicas.

Mortimer (1995) considera que su idea de perfil conceptual tiene algunas similitudes con el perfil epistemológico de Bachelard (1968, citado por Mortimer 1995), tales como las jerarquías entre sus diferentes zonas, por las cuales cada zona sucesiva es caracterizada por tener categorías con mayor poder explicativo que sus anteriores.

Bachelard explica las diferentes maneras de conceptualizar la realidad en términos de los conceptos científicos, por lo que para él; una sola doctrina filosófica no es suficiente para describir todas las diferentes formas de pensamiento relacionado a un solo concepto, mismo que puede ocasionar la separación de las filosofías al tratar de explicarlo y refiere que algunas de estas filosofías son incompetentes para describirlo en todas sus facetas por considerar sólo un aspecto de éste.

Según Bachelard (citado por Mortimer (1995), cada individuo elabora su perfil epistemológico para cada concepto científico y que a pesar de las características individuales del perfil como un resultado de un “psicoanálisis individual” de un cierto concepto, las categorías que constituyen las diferentes divisiones del perfil son formas súperindividuales de pensamiento, en la medida que éstas pertenecen a un intelecto colectivo.

Bachelard, ilustró su noción del perfil epistemológico mostrando diferentes facetas que puede tener un concepto y al que en este trabajo se encontró que está vinculado con el pensamiento predominante en algún momento de la historia de la ciencia.

A continuación se explican las facetas del perfil epistemológico propuestas por Bachelard (en Mortimer 1995):

Faceta “Realista”, que corresponde a una noción cotidiana y que está, fuertemente enraizada en el razonamiento del sentido común, cuyas características actúan como obstáculos epistemológicos para el desarrollo del concepto, es decir bloquean el avance del conocimiento.

Faceta “Empirista”, que corresponde a una precisa y objetiva determinación dada por el uso empírico de escalas, esto unido al simple e infalible uso de un instrumento que sustituye la experiencia primaria y da a algún concepto una claridad empírica y positiva.

Faceta “Clásica Racional”, que está relacionada a su uso dentro de un cuerpo de nociones y no solo a un elemento primitivo de experiencia directa e inmediata.

Faceta “Racional Moderna”, que depende de un cuerpo de nociones aún más complejas que la faceta anterior.

Siguiendo las diferentes facetas del perfil epistemológico propuesto por Bachelard, se trazó el que correspondería a los conceptos de calor y temperatura con la intención de detectar los momentos de “crisis” y los experimentos que propiciaron la evolución de las teorías:

Faceta “Realista” se refiere a la noción del sentido común “lo que es caliente calienta”, en donde el calor es atribuible sólo a los cuerpos calientes y es apreciado por los sentidos.

Faceta “Empirista”, “el calor es lo mismo que temperatura”, esta idea está relacionada al uso de escalas que a través de un instrumento (termómetro) se mide la “cantidad de calor”, el instrumento sustituye a la experiencia primaria de sólo apreciar el calor por los sentidos y da al concepto una consistencia empírica.

Faceta “Clásica Racional”, “el calor es una sustancia”, esta noción está vinculada a una relación lineal entre los cuerpos, la sustancia que pasa de un cuerpo a otro y afecta su masa y por lo tanto ya no es sólo la percepción del calor por los sentidos o atribuible a los cuerpos calientes sino que está conectada a otra noción que es que el calor es algo material que se puede medir.

Faceta “Racional Moderna”, “el Calor es una forma de vibración de las moléculas de los cuerpos”, noción que depende de otras más complejas, que son: la interacción entre los sistemas de la materia, la energía cinética de los átomos y las moléculas, la generación de la energía térmica en los cuerpos, el calor latente, el calor específico de los cuerpos, etc.

Al recorrer sucintamente el perfil de los conceptos de calor y temperatura, nos damos cuenta de su complejidad y de las dificultades que representa para los profesores enseñarlos y para los alumnos aprenderlos, sobre todo porque una característica importante que pude distinguir el perfil del científico de el del estudiante es que los primeros son conscientes de su perfil y pueden usar cada noción en un contexto apropiado, mientras que los estudiantes no pueden alcanzar esta conciencia (Mortimer 1995), por lo que es difícil que arriben a la faceta “Racional Moderna” del concepto ya que las facetas “Realista” y “Empirista” tienen mayor poder explicativo para ellos por ser coherentes con su percepción, lo cual actúa como un obstáculo epistemológico lo que les impide conceptualizar el calor como un producto de la interacción de la materia a nivel atómico-moléculas.

Para Mortimer (1995) es primordial que al planear la enseñanza se tomen en cuenta las diferentes divisiones del perfil de un determinado concepto para que a través de este se identifiquen los obstáculos epistemológicos que impidieron su desarrollo. Por otro lado también es importante en primera instancia identificar las concepciones alternativas de los alumnos ya que servirán para determinar las características del concepto en su nivel elemental.

Una beta de conocimiento importante para delinear el perfil epistemológico de los conceptos de calor y temperatura, es la historia de la ciencia por lo que es muy conveniente identificar sus facetas y detectar los obstáculos epistemológicos y ontológicos que impidieron su progreso así como para identificar los experimentos que permitieron cambiar la orientación de las investigaciones para la formulación de nuevas teorías.

A continuación se describen las facetas por las que atravesaron los conceptos de calor y temperatura durante su desarrollo, facetas: Realista, Empirista, Racional Clásica, Racional Moderna de los conceptos de calor y temperatura con información extraída de la historia de la ciencia (Clifford, 1980; Bernal, 1981; Asimov, 1985, 2001, 2003, 2006; Jeans, 1986; Pessoa, 1999; García-Colín, 2003 ; Rius y Castro-Acuña, 2003).

## **VI. MARCO HISTÓRICO**

### **Perfil epistemológico de los conceptos de calor y temperatura**

Como se mencionó con anterioridad a largo de la historia de la ciencia se han construido teorías que son el resultado de la actividad científica. Éstas han sufrido constantes “crisis” debido a la dominancia de diferentes paradigmas, por lo tanto se puede considerar que la evolución del conocimiento científico, se debe a la producción de nuevas teorías y modelos que permiten explicar y predecir ciertos fenómenos. En el caso de los conceptos de calor y temperatura, las explicaciones que se han dado sobre estos fenómenos se han ido transformado considerablemente, debido a las constantes investigaciones de diversos científicos que ha propiciado también el avance de la tecnología. Con el aporte de nuevas ideas por parte de los científicos, se fueron construyendo diversas teorías y modelos, que van desde sólo considerar aspectos como “frío y caliente” (como los griegos) hasta llegar al actual modelo basado en la “Teoría Cinético Molecular” de la materia para explicar el calor.

A continuación se presentan algunos momentos históricos relevantes del desarrollo de estos dos conceptos, lo que nos dará la oportunidad de conocer la evolución de sus teorías a través de su “reconstrucción” histórica, la que ha contribuido a nuestra moderna visión de estos conceptos, lo que permite presentar a la ciencia como una actividad que apoya la revisión, la sustitución y la evolución del conocimiento científico y ayuda a crear un ambiente de aprendizaje que respalda los intentos de los estudiantes por revisar sus propias ideas

#### **1. “Faceta Realista”**

En las leyendas más antiguas de los filósofos jonios, se consideraron al calor y su opuesto el frío como las causas de la evolución del universo; el calor dilatando y evaporando las cosas y el frío reduciéndolas y solidificándolas.

Los jonios fueron los primeros pensadores que trataron de explicar el universo sin recurrir a los seres divinos, para ellos el universo se conduce de acuerdo con

ciertas “leyes de la naturaleza” que no pueden alterarse. Esta concepción del universo les permitió estudiarlo sin que sus observaciones fueran alteradas por la voluntad de ningún dios por lo tanto sería posible establecer una serie de leyes elementales que describiesen a la naturaleza y darle un carácter general a sus observaciones.

Por su parte Aristóteles (384-322 a.C.) en la antigua Grecia, estableció las cualidades de lo caliente y lo frío que, junto con lo húmedo y lo seco, determinaron los cuatro elementos canónicos del fuego (caliente y seco), el agua (fría y húmeda), el aire (caliente y húmedo) y la tierra (fría y seca). La idea de los cuatro elementos quedó grabada durante dos milenios en el pensamiento humano, tanto en países de oriente como en Europa.

Para Scmidt (2005), la ciencia aristotélica tiene un vínculo con la experiencia cotidiana, el azar, la suerte y la necesidad que son las posibles causas naturales, que se refieren a:

- la materia
- la forma
- lo que inicia un proceso (que responde a la pregunta ¿por qué?, causa eficiente)
- el propósito (que responde a la pregunta ¿para qué?, causa final).

Las tres últimas causas confluyen frecuentemente en una sola; la esencia y el propósito.

Para Aristóteles todos los eventos naturales se reducen a la necesidad. Si Zeus hace llover, no es para que crezca el trigo sino sólo por necesidad. El aire que ha subido debe enfriarse y ya enfriado, se convierte en agua y cae, esto sucede “así simplemente”, del mismo modo, si a alguien se le echa a perder el trigo en la troje por la lluvia, no ocurre este fenómeno para que se eche a perder el cereal, sino que “ocurre simplemente” y de esta manera también explica la causa del calor: “lo caliente es por naturaleza de un modo y lo frío de otro”, es decir que el frío ocurre simplemente como consecuencia opuesta del calor.

Esta explicación causal que da Aristóteles al fenómeno del calor corresponde a la noción del sentido común, la noción elemental; “lo que es caliente calienta”, en donde el calor es atribuible a los cuerpos calientes ya que es apreciado sólo por los sentidos y tiene relación con las explicaciones que dan la gran mayoría de los alumnos de secundaria a este fenómeno, la cual está íntimamente vinculada a su experiencia perceptual.

## **2. “Faceta Empirista”**

### **“La Medición del Calor”**

Con respecto a la medición del calor, las primeras ideas provinieron de la medicina, de las experiencias con los escalofríos y la fiebre, los antiguos filósofos griegos y en los inicios de la era cristiana (cuando algunos médicos intentaban representar cuantitativamente , los diversos grados de “caliente” y “frío”) y hasta el final de siglo XVI, se lograron avances significativos en los fenómenos ligados a la física térmica, de estas primeras ideas surgieron las bases de lo que hoy se conoce como la termometría.

Galileo Galilei fue el primero en considerar la temperatura bajo su aspecto cuantitativo y en 1603 construyó un “termoscopio”, el cual sólo proporcionaba datos cualitativos por no contar con una escala. El aparato consistía de un bulbo esférico de vidrio, conectado a un tubo cilíndrico largo y de diámetro reducido, del mismo material del bulbo, el tubo era sumergido dentro de una tina con agua provocando que éste se llenara de agua. Al calentarse el bulbo, el aire contenido en su interior, sufría una expansión, empujando la columna de agua hacia abajo, variando así la altura del líquido dentro del tubo. Se tenía por lo tanto como sustancia termométrica al aire, que sufría expansión o contracción a partir del calentamiento o enfriamiento del bulbo. Este aparato no poseía una graduación, en forma de escala y el observador consideraba como “medida” de la temperatura las variaciones de la altura de la columna de agua.

La graduación en forma de escala en el tubo del termoscopio de Galileo se le atribuye al médico Santóro, que utilizaba tal instrumento para medir la temperatura de sus pacientes.

A mediados del siglo XVII Jean Rey, médico belga, modificó el termómetro de Santóro, cambiando el aire por agua. Ésta pasó a ser la sustancia termométrica que, con el calentamiento o enfriamiento del bulbo la sustancia se contraía o se expandía. El inconveniente de este modelo, era que una extremidad del tubo estaba abierta, lo que permitía su evaporación y la influencia de la presión atmosférica sobre la misma, además de que también este líquido se congelaba en el invierno y por lo tanto no se podían apreciar sus ascensos y descensos dentro del tubo en la época invernal, lo que condujo a los investigadores hacia la búsqueda de sustancias que pudieran dilatarse y contraerse fácilmente con pequeños cambios de temperatura. Los líquidos que se encontraron fueron el alcohol y el mercurio, los cuales superaban la desventaja del agua ya que su punto de congelación era inferior y a la vez ofrecían la ventaja de dilatarse linealmente.

Semejante al termómetro de Jean Rey, fue el de Fernando II, Duque de Toscana, como criador de gallinas, este italiano, se interesó por la construcción de termómetros, con la finalidad de mantener constante la temperatura de los huevos durante la incubación en artefactos artificiales. En 1654 ideó un termómetro independiente de la presión atmosférica, este aparato contenía un líquido (alcohol) en una ampolla, la cual se unía a un tubo recto. La dilatación y contracción del propio líquido señalaba los cambios de temperatura. Este termómetro no contaba con una escala, lo que no permitía apreciar la temperatura bajo su aspecto cuantitativo lo que originó, por esa misma época, que las investigaciones se enfocaran hacia la creación de escalas de temperatura.

En el siglo XVIII, en 1714, el físico alemán Daniel Gabriel Fahrenheit, combinó las investigaciones del duque de Toscana y otros investigadores e introdujo una escala a su termómetro. Fahrenheit incorporó al tubo una escala graduada para poder medir la temperatura: Asignó el cero a la temperatura más baja que pudo crear en

su laboratorio mezclando sales de amonio y hielo. Sobre esta base fijó la solidificación del agua a  $32^{\circ}$  y la de ebullición  $212^{\circ}$ . Otro punto que considero fijo, fue la temperatura del cuerpo humano en,  $98^{\circ}$ . Fahrenheit tenía con esta escala agua líquida en un rango de 180, valor que relacionó con los  $180^{\circ}$  del medio círculo de la circunferencia, incorporando de esta manera los grados a su escala de temperatura.

Un punto relevante en la construcción de este termómetro es que Fahrenheit en sus observaciones notó que los barómetros poseían mercurio en su interior y que esta sustancia era extremadamente sensible a la variación de la temperatura, por lo que vertió mercurio en un tubo de vidrio lo que le permitió usar la dilatación y la contracción del metal líquido como indicador termométrico. Fue el primero en utilizar en sus termómetros esta sustancia y también en sustituir los tubos esféricos por los cilíndricos para la construcción de los mismos.

En, 1742, el astrónomo sueco Anders Celsius, también incorporó una escala al termómetro que el mismo inventó; tomó como punto cero el punto de ebullición del agua y cien para el punto de congelación de la misma (con el tiempo esta escala se invirtió), se le denominó a esta escala “centígrada”, del latín “*centum*” y “*gradus*” que significa “cien peldaños”.

A finales del siglo XVIII- surgió una nueva escala, llamada “escala absoluta de temperatura, creada por el físico inglés William Thomson, conocido como Lord Kelvin, este científico escogió un punto cero de temperatura con base a cálculos matemáticos que lo llevaron a deducir que no puede haber una temperatura más baja que  $-273.15^{\circ}$  C, partió de este valor al cual le llamó cero absoluto y a su escala de temperatura, “absoluta”.

Es importante resaltar el hecho de que en el siglo XVIII época de proliferación de los termómetros que servirían para dar el carácter empírico al calor, se consideraba al calor y la temperatura como una misma “entidad física” y se pensaban que los termómetros medirían la cantidad de calor más no su intensidad y, fue hasta 1760

que el químico escocés Joseph Black, intenta por primera vez establecer la distinción entre calor y temperatura. Su consideración fue esencialmente médica y física, y su propósito fue el de esclarecer la naturaleza del fuego o calor, como el “elemento” que podía pasar a través de los recipientes y afectar su contenido. Encontró que varias sustancias daban temperaturas diferentes cuando se les aplicaba la misma cantidad de calor, descubrió que el elevar en un grado celsius su temperatura de un gramo de hierro requería tres veces más calor que el calentar en la misma proporción un gramo de plomo a su vez el berilio necesitaba tres veces más calor que el hierro. De esta manera logró establecer la capacidad térmica o calor específico de las diferentes sustancias. Black también demostró la posibilidad de introducir calor en una sustancia sin elevar en lo más mínimo su temperatura, a lo que le llamó “calor latente”.

Los experimentos de este investigador, sirvieron para que se despertara el interés por el estudio del calor y la temperatura, de tal suerte que varios científicos empezaron a especular sobre la naturaleza del calor, con lo que surgieron diversas teorías y modelos relacionadas con esta magnitud física de las cuales se enuncian las más importantes a continuación:

### **3. “Faceta Clásica Racional”**

#### **“Teoría del Calórico”**

La teoría del calórico antecede a la teoría de Joseph Black, fue acuñada en el siglo XVIII por el francés; Antoine Laurence Lavoisier, quien nació en París el 26 de agosto de 1743, éste científico tuvo una educación en derecho, además de que estudió diversas ciencias, mismas que le atrajeron más que las leyes y a las cuales les dedicó gran parte de su vida.

Para financiar sus experimentos, Lavoisier, colaboró con la Ferme Générale, una compañía privada que se había ocupado de cobrar para el gobierno monárquico los impuestos sobre la sal, el tabaco y otras mercancías. El dinero que ganó en esta

corporación, junto con la herencia de su madre, lo empleó, para equipar un excelente laboratorio en donde realizó sus experimentos, los que se caracterizaron por la meticulosidad de sus mediciones. Este método de Lavoisier llamó tanto la atención que a sus 25 años de edad, lo admitieron en la Académie Royale des Sciences. Con su método comprobó por primera vez la importancia de la precisión en las medidas y fue el primero en efectuar las primeras medidas calorimétricas, aunque para él, el calor era una “sustancia material”, que podía verse y transmitirse de un cuerpo a otro, al que le denominó “calórico” del latín *caloris* “calor”. Según esta idea cuando la madera arde su calórico pasa a la llama, y de esta a la olla sobre la llama y ahí al agua dentro de la olla. Cuando el agua se llena de calórico se convierte en vapor.

La teoría del calórico cuenta con los siguientes postulados que Lavoisier estableció y que se enuncian a continuación:

- 1) El calórico es un fluido elástico que se expande por todo el espacio, las partículas del cual se repelen fuertemente unas a otras.
- 2) Las partículas del calórico son atraídas por las partículas de la materia.
- 3) El calórico es sensible (se asocia a un cambio de temperatura) o es latente (se almacena).
- 4) El calórico se conserva.
- 5) El calórico tiene peso.

Estos postulados acerca de la naturaleza del calor persistieron en el pensamiento científico aún después de la muerte del científico francés acaecida el 2 de mayo de 1794.

Al estallar la Revolución Francesa que comenzó con la toma de la Bastilla, en 1792, se inició, “el “reinado del terror”, año en que Lavoisier fue arrestado y posteriormente condenado a la guillotina por haber colaborado con la Ferme Générale. Durante su arresto Lavoisier se defendió diciendo que el dinero que había ganado con la recaudación de impuestos lo había empleado para financiar sus experimentos científicos, argumento que no le valió para evitar su sentencia.

Con el método basado en mediciones precisas, dio comienzo la química cuantitativa y así se convirtió Lavoisier en el padre de la Química Moderna.

Sin embargo su teoría del calórico, fue fuertemente cuestionada por Benjamín Thomson, conde de Rumford quien a finales del siglo XVIII, realizó observaciones y experimentos, a partir de los cuales le surgió la idea, de que “el calor es una forma de vibración de la materia” y no un fluido material.

#### **4. “Faceta Racional Moderna”**

##### **“El calor como forma de vibración”**

Se puede decir que esta faceta se inició con las ideas del norteamericano de origen inglés Benjamin Thomson, quien nació en Woburn, Massachussets en 1753, lugar, que al igual que los demás estados de la Unión Americana eran todavía colonia británica. Cuando los ingleses dejaron Boston, en 1790, se lo llevaron con ellos y de ésta manera entró al Servicio del Estado de Baviera (hoy pertenece a Alemania), en donde adquirió el título de conde de Rumford de Baviera durante la administración del reino del príncipe Maximiliano.

Rumford fue un hombre viajero y aventurero quien había abandonado a su mujer e hijos en Norteamérica para viajar a Europa en donde se casó nuevamente en Francia con la viuda de Lavoisier, matrimonio que duró muy poco.

A lo largo de su vida Thomson hizo muchos experimentos entre los que se le atribuye la invención de la calefacción a vapor, -invento que proporcionó grandes beneficios para la época invernal- y la invención de la moderna chimenea que emitía menos humo que las que hasta ese entonces se habían construido.

En Baviera estuvo al frente de una fábrica de cañones, en aquel entonces éstos se hacían vertiendo el metal en moldes y taladrando luego la pieza para formar el “alma”, lo que se hacía con una taladradora rápida; con este método el cañón y el taladro se calentaban y había que estar echando constantemente agua fría por encima para enfriarlos. Al ver salir el calor Rumford se preguntó, ¿Qué era el calor? Los científicos de aquella época influenciados por la teoría del calórico, creían que

el calor era un “fluido ingrávido”, que al introducirlo en una sustancia esta se calentaba, hasta que finalmente el calórico se desbordaba y fluía en todas direcciones. Al poner en contacto un objeto caliente con otro frío, el calórico fluía desde el primero hasta el segundo, lo que hacía que el cuerpo caliente se enfriara y el frío se calentara, entonces Rumford se preguntó ¿por qué el calórico salía del cañón?, según la teoría del calórico esto sucedía porque el taladro rompía en pedazos el metal, dejando que el calórico en éste emanase hacia afuera. Para comprobar esto, les dio a los obreros un taladro desgastado para perforar los cañones y al realizar la operación observó que el taladro giró en vano, sin hacer mella en el metal; pero en cambio producía más calor que uno nuevo que no se producía por la ruptura del metal. El bronce estaba inicialmente frío, por lo que no podía contener mucho calórico, y así parecía que fluía en cantidades ilimitadas. Para medir el calórico que salía del cañón, el conde de Rumford observó cuánta agua se calentaba (que era utilizada para enfriar el taladro y el cañón) calculó que se generaba suficiente calor para hacer hervir dieciocho libras de agua en menos de tres horas, por lo que si todo ese calórico se reintegrara al metal, el cañón se fundiría.

Para corroborar su teoría, construyó un cilindro de bronce que se ajustaba a un taladro de acero filoso, al cilindro se le hacía que girara sobre su eje por medio de una máquina taladradora operada por caballos. Tanto el cilindro como el taladro se ponían dentro de una cuba hermética llena de agua a temperatura ambiente aproximadamente a 18° C, entonces la máquina se ponía en movimiento. El cilindro giraba 32 vueltas por un minuto, transcurrido este tiempo, Rumford percibió un calentamiento del cilindro y el agua. Después de una hora con 20 minutos, la temperatura del agua subió hasta 94° y en menos de tres horas el agua hervía, este experimento causó un gran asombro en sus espectadores ya que sin haber encendido ningún fuego el agua alcanzó su punto de ebullición.

Con base en sus observaciones y experimentos, en 1796 Rumford publicó el libro: *“una indagación, concerniente al origen del calor generado por fricción”* en el que

hacía referencia que al taladrar el metal de un cañón éste se calentaba y que además no existía ningún límite de calor que podía producirse, por lo que dedujo que el calor se generaba por fricción es decir por el movimiento de las partes que constituyen a los cuerpos.

Los experimentos con los cañones fueron considerados importantes por presentar consistencia en tres propiedades del calor con las cuales se debatió la teoría del calórico:

1. El ilimitado calor que se produce podría estar determinado por la cantidad de calor que se extraía del cuerpo para hacer trabajo sobre él.
2. A presión de una atmósfera, el agua a 41°F es más densa que el agua a 32°F. De este modo la expansión térmica no puede ser explicada como el efecto de la materia con algo de sustancia “calórica” o por alguna ley universal de repulsión entre partículas de los cuerpos y partículas de una sustancia “calórica”.
3. Después de que una gran cantidad de calor ha de ser tomada o adicionada, el peso del resto del cuerpo es el mismo. De este modo la sustancia calórica pudiera haber estado muy ligera o muy sutil.

Rumford consideró estos tres hechos experimentales como soportes de su teoría del calor y en 1798 afirmó que el calor carece de peso por lo tanto no es una sustancia sino una forma de “movimiento” ya que a medida de que el taladro rozaba el metal, su movimiento se convertía en rápidos y pequeñísimos movimientos de las partes que constituían el bronce del que estaban hechos los cañones. No importaba si el taladro cortaba o no el metal; el calor provenía de esos pequeñísimos y rápidos movimientos de las partículas que seguía produciéndose mientras girara el taladro, por lo tanto la producción del calor no era porque estuviera o no el calórico contenido en el metal.

Aún con la evidencia de estas observaciones, Rumford no logró sustituir la teoría del calórico por la suya para explicar la naturaleza del calor, pero la importancia de

sus observaciones, fue que contribuyeron a corregir el camino hacia el estudio del calor.

Otro trabajo que fue muy importante para rebatir la teoría del calórico, fue el de Humphry Davy, quien en 1799, realizó un experimento muy significativo que permitió comprender que el calor era una forma de vibración.

El experimento de éste científico consistió en lo siguiente:

Mantuvo dos trozos de hielo en su punto de congelación, los froto uno contra el otro utilizando un artificio mecánico de modo que ningún calórico pudiera transmitirse al hielo. La mera fricción bastó para derretir parte del hielo. Con lo que llegó a la conclusión de que el calor debía de ser una vibración y no materia.

Desafortunadamente los resultados de este experimento y los de Rumford no acabaron con la teoría del calórico, aunque “errónea” subsistió como paradigma dominante hasta principios del siglo XIX, quizás porque el pensamiento científico aún no estaba preparado para aceptar la idea de diminutas partículas que experimentaban un movimiento rápido y pequeñísimo que nadie podía ver, y no fue sino después de unos años de la teoría de Rumford que John Dalton (1810) enunció su teoría atómica.

La idea del calor como un fluido material, es común encontrarlo en los estudiantes de secundaria, lo que les crea confusiones conceptuales que les impide concebir al calor como la energía en tránsito que se transfiere de un cuerpo a otro por la diferencia de sus temperaturas.

### **“Teoría cinético-molecular”**

La noción del calor como producto de la vibración de la materia tiene relación con la concepción moderna de la estructura de la materia, la cual tiene sus antecedentes en la antigua Grecia, con los filósofos griegos: Leucipo, Demócrito (siglo V a.C.) y Epicuro (siglo IV a.C.), cuya teoría acerca de que la materia estaba formada por átomos fue cuestionada fuertemente por considerarse antirreligiosa, por tal razón en la edad media fue suprimida completamente.

Por su parte el filósofo; Leucipo, intuyó que la escisión de la materia tenía un límite y Demócrito, quien era su alumno, influenciado por las ideas de su maestro, afirmó que cualquier sustancia podía dividirse hasta un límite y no más, y así uno podía ir obteniendo gotas de agua cada vez más pequeñas hasta casi perderlas de vista.

Demócrito, nació aproximadamente el año 470 a.C. en Abdera una ciudad griega, este filósofo explicaba que, un trozo más pequeño o partícula de cualquier clase de sustancia era indivisible, y a esas partículas mínimas les llamó *átomos* (en griego, indivisible), las cuales eran diminutas, invisibles y constituían el universo, en el cual no había otra cosa que partículas y vacío entre ellas, para él, había distintos tipos de partículas que, al combinarse formaba las diferentes sustancias, a las cuales les asignó representaciones geométricas.

La mayoría de los filósofos de la época de Demócrito opinaron que la idea de los átomos era absurda y no permitieron que sus escritos fueran difundidos, por lo que de los más de setenta de éstos, ninguno se conservó.

Casi un siglo después de la muerte de Demócrito, el filósofo griego Epicuro, retomó su teoría para explicar la naturaleza de la materia pero, desafortunadamente no logró convencer a sus contemporáneos con esta teoría por lo que tampoco se conservaron sus escritos.

La teoría atómica fue nuevamente retomada por: Joachim Jun (1587-1657), el filósofo francés Pierre Gassendi (1592-1655), Robert Boyle (1627-1691), John Dalton (1766-1844).

Pierre Gassendi, fue el primero en dar una explicación del calor de los cuerpos con base en su teoría atómica. Para él toda la materia estaba formada por átomos, los cuales eran absolutamente rígidos e indestructibles; eran similares en sustancia pero variados en tamaño y forma y se movían en todas direcciones a través del espacio y de los vacíos, pensaba que muchas de las propiedades observadas en la materia podrían atribuirse al movimiento de esos mismos átomos como el calor. En 1649, Gassendi consideró al calor de un cuerpo como el resultado de la presencia de un género especial de "átomos de calor".

Aunque en esta época en la que Gassendi refería a los átomos para explicar las causas del calor, predominaba la doctrina griega de Aristóteles. Al mismo tiempo, se creía que la base de todo género de sustancia se hallaba en los tres “principios” de los árabes: sal, azufre y mercurio. En general, se suponía que toda sustancia podía ser “resuelta”, en sus elementos fundamentales.

A partir de 1661, el inglés Robert Boyle, alumno de Gassendi, combatió la existencia de los cuatro elementos y los tres principios de los árabes con hechos muy sencillos, por ejemplo, comprobó que el estaño y el plomo aumentan de peso cuando se les calcina, al repetir el experimento del físico belga Jean Rey, demostrando así que la calcinación era algo más que una mera “resolución” en sustancias más primitivas. También señaló que cuando se somete el oro al fuego, no elimina tierra, ni agua, ni aire; ni tampoco elimina sal, ni azufre, ni mercurio sino que continúa exactamente siendo oro.

En 1666, Boyle define a los elementos como “ciertos cuerpos primordiales y simples, los cuales al no estar constituidos por ninguno otro cuerpo, son los ingredientes con los cuales todos los llamados cuerpos perfectamente mezclados están compuestos, y en los cuales en último lugar se resuelven”. Afirmó que toda la materia está hecha de partículas sólidas, cada una con su propia forma determinada, estos se combinan unos con otros para formar los grupos característicos a los que hoy llamamos moléculas .

Desafortunadamente la teoría de Boyle no fue aceptada sino hasta un siglo después que el químico francés Lavoisier dio a conocer ideas semejantes.

Lavoisier, aseguraba que, la materia ni se crea ni se destruye, sino sólo cambia de una forma a otra (“principio de conservación de la materia”), esta idea de que la materia es indestructible, ayudó a aceptar tres décadas después, la teoría de que la materia se compone de átomos indestructibles.

Boyle también supuso que el aire estaba compuesto por partículas minúsculas que dejaban grandes espacios entre ellas y que el comprimirlo equivaldría a juntar más las partículas reduciendo los espacios entre ellas.

Por su parte Isaac Newton (1642-1727) a principios del siglo XVIII, aborda el problema de la estructura de la materia y dice “ me parece probable que dios, en el principio, formó la materia en sólidas, macizos, duros, impenetrables, móviles partículas, de tales tamaños y figuras y con tales otras propiedades y en tal proporción al espacio, que en su mayor parte conducen al fin para el cual fueron formadas: y que siendo sólidas estas primitivas partículas, son incomparablemente más duras que todos los cuerpos porosos compuestos por ellas; incluso tan durísima, que nunca podrían desgastarse ni romperse en pedazos; ningún poder ordinario es capaz de dividir lo que dios mismo hizo en la creación primordial” (Jeans 1986 p:239).

Como ya se mencionó, Boyle estaba convencido de la teoría de Demócrito, pero desafortunadamente aunque se sumaban cada vez más seguidores a ésta, había una gran mayoría que no la aceptaba y fue hasta finales del siglo XVIII que Joseph Louis Proust, químico francés, realizó mediciones muy cuidadosas y comprobó que siempre que el cobre, el oxígeno y el carbono formaban carbonato de cobre, se combinaban en las mismas proporciones de peso: cinco unidades de cobre por cuatro de oxígeno por una de carbono. Estos resultados llamaron mucho la atención al químico inglés John Dalton quien a principios del siglo XIX, pensó en la existencia de partículas indivisibles para explicar la “ley de las proporciones fijas” de Proust. Con base a sus datos, especuló que la partícula de oxígeno pesa siempre cuatro veces más que la de carbono, y la de cobre cinco veces más que ésta y por lo tanto al formar carbonato de cobre la proporción de pesos sería; 5:4:1.

Junto con otros químicos Dalton demostró que las proporciones de un compuesto no podía alterarse lo que significaba que era imposible romper las partículas componentes y al igual que Demócrito concluyó que éstas eran indivisibles.

Dalton anunció su teoría de las partículas indivisibles en el año de 1810, la cual estaba respaldada por todo un siglo de experimentos, por lo tanto su hipótesis fue poco a poco aceptada por los científicos, iniciándose así una gran gama de construcción de modelos relacionados con el átomo, que se fueron enriqueciendo a lo largo del tiempo, con el descubrimiento de partículas nuevas que lo constituyen.

Posteriormente en los años sesenta del siglo XIX, James Clerk Maxwell, partió de la idea de que las moléculas que componen los gases tenían movimientos aleatorios y demostró matemáticamente que éstos movimientos explicaban el comportamiento de los gases. Con estos resultados y recurriendo a los experimentos de Rumford Maxwell pudo explicar que el calor era una forma de movimiento de las partículas que componen a la materia.

Con todos estos experimentos importantes reportados en la historia de la ciencia, es difícil hoy en día identificar al calor con otra cosa que no sea el movimiento de las partículas y la transferencia de energía entre un sistema y sus alrededores, de tal manera que el calor bajo esta perspectiva se considera como la transferencia de energía asociada con el movimiento aleatorio de las moléculas y la temperatura como la medida de la intensidad del calor.

Sin embargo, actualmente, los estudiantes de secundaria todavía identifican al calor como un fluido material o lo confunden con la temperatura. Tal aseveración subyace en los reportes de los investigadores interesados en el estudio de las ideas previas de los estudiantes sobre éstos dos conceptos.

## VII. LA IMPORTANCIA DE LAS IDEAS PREVIAS

Driver (1989) menciona que las “explicaciones simples” que dan los estudiantes a los fenómenos físicos, en la mayoría de los casos están muy alejadas de los argumentos científicos, debido a que sus concepciones están relacionadas con su experiencia cotidiana y con sus estructuras cognitivas. Estas explicaciones o ideas previas, tendrán un impacto muchas veces contradictorio a su intuición al enfrentarlas en el ámbito escolar, tal como Bachelard (2000/1948, p. 13) lo expresa: *“una experiencia científica es pues, una experiencia que contradice la experiencia común”*

Por su parte, Flores (2003, en Flores y Aguirre 2003) refiere que de las ideas previas han sugerido nuevos enfoques con respecto al aprendizaje de la ciencia como el cambio conceptual, así mismo éstas han despertado el interés por los investigadores para analizar las correspondencias entre la historia de la ciencia y las concepciones de los estudiantes. Las ideas previas del estudiante, son consideradas como un factor importante para la construcción de modelos representacionales tanto de corte cognoscitivo como epistemológico, así como para el estudio de diferencias culturales y de género.

Las anteriores consideraciones sobre las ideas previas, sugieren a los profesores que las ideas de los niños, deben ser considerarlas como hipótesis, las que podrán ser confrontadas en el “campo de la experimentación”, con lo que despertarán en sus estudiantes la necesidad de investigar y de poner a prueba sus “teorías” ya no sólo para reproducir algún experimento de un libro de actividades. Con este ejercicio los alumnos obtendrán resultados con los que se explicarán algunas preguntas que se hagan sobre los fenómenos físicos para después entender el “como” de estos mismos hechos, así los datos obtenidos por ellos mismos tendrán más significado que los que provienen de las investigaciones “formales” que son reportados en los libros de texto, los cuales adquieren sentido sólo en el momento de que puedan ser comparados con los propios.

Se considera también que enfrentar las ideas previas en el campo de la experimentación, contribuirá en gran medida a la comprensión de los conceptos físicos por ser espacios, en donde se expresa la creatividad de los niños y en donde se obtendrán resultados que probablemente contradigan su intuición, con lo que se podría producir un “conflicto cognitivo” y propiciar la búsqueda de nuevas explicaciones, lo que representa un punto importante para el aprendizaje de la ciencia.

El conflicto cognitivo equivale a la contradicción entre las ideas de los alumnos y las científicas, que puede promover el cambio en el pensamiento del niño porque genera enigmas que producen un estado de inquietud, mismo que debe aprovechar el profesor para orientarlo hacia la indagación y revisión de sus ideas.

En la mayoría de los casos las ideas de los estudiantes están muy alejadas de las ideas científicas, tal y como se reportan en la literatura y que se enuncian en la tabla de “ideas previas”.

Se presentan también los conceptos de calor y de temperatura referidos en un libro de física de secundaria con el propósito de apreciar las “distancias” que hay entre éstos y las ideas previas de los alumnos reportadas por distintos autores.

Los conceptos de calor y temperatura (Sayavedra y Tarango, 2000, p:25):

### **Calor**

“Es la energía térmica que se transfiere de un cuerpo a otro debido a una diferencia de temperatura entre ambos. Se considera como una forma de energía de tránsito.

“Es un parámetro que describe las interacciones de un sistema con otro sistema”.

### **Temperatura**

“La energía cinética promedio de los átomos o las moléculas un cuerpo, cantidad que expresa cuan frío o cuan caliente está un cuerpo respecto a otro considerado patrón”.

“Es la cantidad macroscópica que expresa el estado de agitación o movimiento desordenado de las moléculas de los cuerpos”.

Con el fin de tener un marco referencial de las explicaciones que dan los estudiantes de secundaria sobre los fenómenos del calor y la temperatura se investigaron en la literatura las ideas que predominan entre ellos y se encontraron las siguientes: “el calor como una sustancia”, “el calor como una propiedad de la materia”, “el calor es lo mismo que la temperatura”. En la siguiente tabla se presentan algunos ejemplos que ilustran las categorías de las ideas previas mencionadas reportadas por diversos autores.

## 1. Ideas Previas de Calor y Temperatura referidas en la literatura

<b>Autor</b> <b>Ideas previas</b>	<b>Driver, R. et al, 1989</b> Nivel secundaria	<b>Chamizo, J. et al, 1995</b> Nivel secundaria	<b>Gallegos, L., 1988</b> Nivel secundaria	<b>Página Web Cintrum.UNAM "Ideas previas"</b> Nivel secundaria
<b>Calor como una sustancia</b>	"Al calentar una barra metálica el calor se instala en una parte hasta que no puede aguantarse más, moviéndose entonces a lo largo de la barra" "El calor se transfiere por su propia fuerza interna o por algún agente externo que puede ser aire"	"Es algo que los objetos contienen, se puede perder o ganar porque el calor se escapa"	"El calor es un cuerpo o sustancia caliente que pasa a otro cuerpo"	1."El calor tiene partículas" 2."Un metal jala el calor hacia él lo aspira y lo guarda"
<b>El calor como propiedad de algunos materiales</b>	1. "El calor es aire caliente" 2. "Es calentar un fluido o sólido" 3. "El calor procede de una fuente de calor." 4. "El calor hace que todo se funda"		"Entre mas fuerte sea un cuerpo mayor nivel de penetración tendrá en los objetos cercanos y por tanto calentará mejor"	1."El calor es el sol, lo que producen los rayos del sol; es el fuego" 2."El calor eleva la temperatura cuando el agua hierve las burbujas están hechas de calor" 3."El calor lo tienen los cuerpos" 4. "El metal atrae/absorbe/ conduce lo frío".
<b>El calor como energía</b>	"El calor es energía; cuando algo se calienta se transfiere energía calorífica a lo que se está calentando"		"El calor es un mecanismo de transferencia de energía pero no es energía"	1. "El calor produce agitación" 2. "El calor es energía"
<b>Indiferenciación entre calor y temperatura</b>	1. "Con la temperatura se mide el calor; si el calor es caliente se siente caliente" 2. "La temperatura es la cantidad de calor en un espacio...nos dice lo caliente que está el agua" 3. "Es la cantidad de calor y el calor lleva la temperatura"	"El hielo y los cuerpos fríos no tienen temperatura"		1." La temperatura es las que medida de la cantidad de calor o de frío" 2. La "temperatura es calor". 3. "La temperatura y el calor de los cuerpos se mide con el termómetro

Tabla de ideas previas de calor y temperatura.

## **XVIII. LINEAMIENTOS GENERALES DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA**

### **1. En qué consiste una Secuencia Didáctica**

Una secuencia didáctica, consiste de una serie de etapas por las que atraviesa una estrategia didáctica, la cual, según Linjnse y Klaassen (2004), debe comenzar por hacer explícita y justificar la opinión que el profesor tiene sobre la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, situación que se explicitó en el marco teórico de este trabajo (capítulo V).

Para estos autores el objetivo de una secuencia didáctica, es planear actividades de enseñanza que estén encaminadas a desarrollar de manera gradual los conceptos y habilidades que el profesor considera que sus alumnos deben aprender, por lo tanto sus creencias sobre el mundo natural se consideran correctas, convirtiéndose en el punto de partida de la instrucción.

Un segundo punto a considerar, es que los estudiantes le encuentran sentido a lo que están aprendiendo, y de esta manera será más probable que construyan o acomoden el nuevo conocimiento sobre las bases de lo que ellos mismos entienden. Para poner en práctica estas consideraciones, Linjnse y Klaassen (2004), distinguen tres niveles de trabajo, mismos que se tomaron en cuenta para el diseño de esta propuesta.

### **NIVELES DE TRABAJO DE UNA SECUENCIA DIDÁCTICA (Linjnse y Klaassen 2004)**

- 1. Diseño de materiales de enseñanza-aprendizaje para alumnos y profesores:** Se utilizaron materiales tanto de laboratorio como aquellos que son familiares y cotidianos a los estudiantes como: hielo, alcohol vinagre, canicas, lana, aluminio, cucharas de distintos materiales, etc.

2. **Desarrollo de un escenario propicio para el proceso de enseñanza aprendizaje, que consiste en lo siguiente:**
- Una teoría didáctica que sirva de apoyo para predecir como se espera que se dé el proceso de enseñanza aprendizaje: La teoría de aprendizaje en la que se apoyó éste trabajo fue el de “la modelización” de Tiberghien (1994).
  - Con el fin de que funcionen las actividades planeadas para la enseñanza tener cuidado en que la actividad anterior prepare la actividad siguiente: Se tuvo cuidado de que las actividades -cuya guía fue la historia de la ciencia- tuvieran en todo momento una relación con las que les seguían y de esta manera tuvieran una coherencia.
3. **La estructura didáctica,** se refiere a la ruta conceptual que a su vez se relaciona con la motivacional y que está vinculada con los contenidos que son los pasos principales o las etapas por las que atravesarán los maestros y los alumnos.

Para llevar a cabo este último nivel de trabajo propuesto por Linjse y Klaassen (2004), se tomaron en cuenta los criterios de Tiberghien (1994), mi experiencia como docente y como hilo conductor la historia de la ciencia.

Tiberghien considera que una propuesta de aprendizaje debe centrarse en tres etapas para la obtención de aprendizajes en diferentes niveles, que a continuación se explican:

- **Los estudiantes construyen teorías basadas en procesos inferenciales para un dominio específico, con lo que elaboran un modelo particular:**  
Con la evocación de las ideas previas se identificaron las “teorías” y modelos que los alumnos elaboran para explicar los fenómenos térmicos.
- **Es posible hacer una analogía entre el proceso de cambio de las teorías científicas y las teorías de los estudiantes:**  
Durante la instrucción se trabajó con aquellos experimentos extraídos de la historia de la ciencia que ocasionaron cambios en las teorías

científicas, con el propósito de que éstos mismos experimentos sirvieran a los estudiantes para la revisión y reflexión de sus propias ideas para la construcción de nuevos conocimientos.

- **El proceso de transformación de las ideas de los alumnos puede ocurrir en dos niveles, el del teoría y el de modelo, y ambos constituyen procesos de aprendizaje:**

El proceso de transformación de las ideas se pudo detectar al finalizar la instrucción, al evaluar los aprendizajes, que se reportan en el capítulo XII.

## **2. La historia de la ciencia como herramienta didáctica para la enseñanza y aprendizaje de la ciencia.**

Se considera que el argumento científico enmarcado en un contexto histórico “estimula” la parte emotiva de los estudiantes, a este respecto Steiner (1921) menciona que la historia es muy útil para trabajar con las emociones de los niños ya que este conocimiento inicial de los fenómenos naturales está muy relacionado con su pensamiento a la edad de 13, 14 y 15 años.

En cuanto al enfoque histórico del currículo Solbes y Traver (2001), mencionan que no se trata de incorporar más información a los programas de ciencias, sino el que la historia de la ciencia funcione como hilo conductor cuando sea necesario insertar en el currículo un determinado concepto científico, acompañado de :

- Biografías contextualizadas que muestren los aspectos más humanos del trabajo científico.
- Que se integren textos originales de los autores.
- Que muestren las controversias históricas y la evolución de determinados conceptos, de manera que ayuden a la construcción de los conceptos

científicos y contribuyan a profundizar y reforzar estos conocimientos, teniendo en cuenta el contexto donde han surgido.

Por otra parte Duschl (2000), menciona que el estudio del desarrollo del conocimiento científico por filósofos, historiadores, y sociólogos de la ciencia ha revelado que las teorías científicas se encuentran en el núcleo de este proceso, es decir, que dicho conocimiento evoluciona en la medida que las teorías cambian y que a través del estudio de los procesos cognitivos se ha aprendido que el sistema conceptual de un individuo sirve como teoría personal que guía el proceso del aprendizaje.

Por su parte Gagliardi y Giordan (1986), refieren que la historia de la ciencia puede ser de gran utilidad para mostrar al estudiante que los conocimientos científicos actuales “no son verdades eternas” e inmutables sino constructos realizados por seres humanos en una época y contexto social definido, la cual puede mostrar también los momentos de transformación y las dificultades de construcción de la ciencia, además de revelar las relaciones sociales, económicas y políticas que entraron en juego para lograr las transformaciones conceptuales.

Para Gagliardi (1998), la historia de la ciencia da información que permite conocer las principales teorías actuales e identificar los obstáculos que trabaron su aparición y su desarrollo, por lo que el conocer la evolución de los conceptos a través de la historia puede ser muy útil para conocer y propiciar el desarrollo del pensamiento de los estudiantes.

Otra línea que favorece la idea de considerar la historia de la ciencia para el diseño del currículum y la instrucción, es el de encontrar un “paralelismo” entre la evolución del conocimiento científico y la evolución cognitiva del estudiante, tal característica la sugieren Piaget y García (1982, en Flores 2003); éstos autores analizan los mecanismos que se dan en el cambio de las nociones científicas, entre distintos momentos históricos estableciendo analogías con el cambio de las nociones del sujeto.

Con relación a esta misma idea, Gallegos (2002), considera que es importante recuperar aspectos de la historia de la ciencia para analizar los procesos de aprendizaje y los problemas conceptuales que tienen los alumnos. La autora opina que el desarrollo histórico de la ciencia ayudaría a comprender la propia complejidad de los conceptos y a disipar las confusiones que se presentan en el momento de abordarlos.

Para Nersessian, 1991, (citado por Flores, 2003), la historia de la ciencia y su desarrollo pueden ser analizados como un proceso de cambio conceptual.

Todos estos argumentos referidos, apoyan la idea de que el desarrollo de los conceptos científicos es importante tomarlo en cuenta para el diseño del currículum y la instrucción, con el propósito de mostrar al adolescente que dicho conocimiento es el producto del consenso y desmantelamiento de las teorías que lo conforman. Por otro lado también es posible que los ayude a considerar que sus ideas sobre los fenómenos naturales son hipótesis que pueden ser validadas en el campo de la experimentación, de esta manera se fomentará la indagación, y en la medida que acumulen experiencias producto de sus propias investigaciones, el lenguaje de la ciencia tendrá más sentido para ellos.

Por lo antes expuesto, se consideró para el diseño de la secuencia didáctica la historia del desarrollo de los conceptos de calor y temperatura, misma que se trabajó con un grupo de 45 estudiantes de la Escuela Secundaria No. 91 "República del Perú", turno matutino.

## **IX. METODOLOGÍA**

La secuencia didáctica se aplicó a estudiantes que cursaban el tercer grado en el grupo 3° "D", en la Escuela Secundaria Dna. No. 91 "República del Perú", turno matutino, en el Distrito Federal, con el programa de estudios oficial para secundarias de 1993.

Las características generales de la escuela, de la muestra de estudiantes y las del programa de estudios se describen brevemente a continuación:

### **La Escuela Secundaria**

La Secundaria, se encuentra ubicada en las calles de Emiliano Zapata y Jalapa s/n Col Sn. Jerónimo Lídice, Delegación Magdalena Contreras, la cual, en el turno matutino, cuenta con una matrícula de 870 alumnos y una plantilla de 39 profesores frente a grupo de los cuales, 4 son de Física y Química y dos de ellos son ayudantes de laboratorio.

La escuela cuenta con 18 grupos; 6 de primer grado, 6 de segundo y 6 de tercero, y con dos laboratorios para ciencia (física, química y biología).

### **Descripción de la muestra**

Se tomó una muestra de alumnos de tercer grado que en el momento de la aplicación de la secuencia didáctica (septiembre-octubre del 2006) tenía una matrícula de 45 alumnos, el 51% (23 alumnas) y el 49% (22 alumnos), la mayoría de ellos, el 91.2%, tenía 14 años, el 4.4% tenían 15 años y el 4.4% contaban con 13 años de edad.

## **Los conceptos de calor y temperatura dentro de los contenidos del programa (1993) de la asignatura de Física II**

La asignatura de Física II se imparte en el tercer grado (ver anexo 7), el propósito principal de ésta asignatura, es que el docente “enfaticé fundamentalmente los conceptos más importantes, con el objeto de consolidarlos, y, de esta manera, evitar perderse en una gran cantidad de información que pueden quedar en un nivel tan superficial que el alumno pierda sentido físico de los términos que se tratan” (Chamizo, et al, 1997, p. 129).

El programa de la asignatura de Física II ( 1993), consta de cuatro bloques temáticos y el estudio de los conceptos de calor y temperatura pertenecen al primer bloque, aunque también en el primer grado en la asignatura de Introducción a la Física y Química en el Bloque III, se trata el tema de: “Propagación y Efectos del Calor”, que de alguna manera, introduce al alumno al estudio de la naturaleza del calor.

En cuanto al Bloque I, denominado “Calor y temperatura”, Chamizo, *et al* (1997) mencionan que es de fundamental importancia ya que los alumnos frecuentemente confunden los conceptos de calor y temperatura y suelen desligarlos del concepto de energía, por lo que como se puede apreciar, dicho bloque comprende una amplia temática, relacionada con estos dos conceptos.

Cabe mencionar que a partir del año escolar 2006-2007, se instrumentó un nuevo diseño curricular, en el cual se propuso impartir Ciencia Física (Ciencias II) en el 2º grado, a diferencia del programa de 1993 en donde la asignatura de Física se impartía en los tres grados: 1er grado, Introducción a la Física y Química; 2º grado, Física I y 3er grado Física II (ver anexo 8).

El propósito principal de la nueva asignatura denominada Ciencias II, es el de “favorecer el desarrollo de un pensamiento cada vez menos arraigado en aspectos sensoriales y enriquecido con representaciones e ideas de mayor abstracción”, ya

que “la física escolar en este nivel educativo está orientada a favorecer la aplicación de los conocimientos a partir de situaciones de la vida cotidiana”, para lo cual “es indispensable que los alumnos cuenten con las herramientas que hacen posible representar los fenómenos y los procesos naturales a través del uso de conceptos, modelos y lenguajes abstractos” (Programas de estudio SEP 2006). En este nuevo diseño curricular, los conceptos de calor y temperatura están considerados en el Bloque III, en el apartado 3.

El estudio de los fenómenos térmicos; calor y temperatura, en el nuevo programa del 2006 (ver anexo 7), se incluyen algunos aspectos del desarrollo histórico de los conceptos de calor y temperatura, que fueron investigados para elaborar el Marco Histórico de ésta propuesta, los cuales son: “Las Experiencias Cotidianas con el Calor y la Temperatura” (Faceta Realista), “La Medición de la Temperatura” (Faceta Empirista) y “La explicación del Calor en términos del Modelo Cinético Molecular” (Faceta Racional Moderna”).

Llama la atención que uno de los propósitos para el Bloque III, está relacionado con el desarrollo histórico de los dos conceptos, ya que se pretende que: “los alumnos reconozcan las dificultades que se encontraron en el desarrollo histórico del modelo cinético” (Programas de estudio SEP 2006).

Como ya se refirió, la secuencia didáctica, se trabajó con alumnos de tercer grado que desde primer año tuvieron el programa de estudios de 1993; es decir, ya habían cursado dos años escolares de física y estudiaban el tercero.

## **X. SECUENCIA DIDÁCTICA**

Como ya se mencionó, para el diseño de la secuencia didáctica se tomaron en cuenta los criterios propuestos por Linjnse y Klaassen (2004), Tiberghin (1994), mi experiencia como docente y como hilo conductor la historia de la ciencia.

A continuación se mencionan en detalle la manera en que se llevaron a cabo las etapas de dicha secuencia en cada una de las sesiones de trabajo.

### **1. Etapas de la Secuencia Didáctica**

**Etapas 1:** Detección de “teorías” y “modelos” de los alumnos (ideas previas).

**Etapas 2:** Confrontación de las ideas previas con los experimentos importantes extraídos de la historia de la ciencia.

**Etapas 3:** Evaluación de los aprendizajes.

### **2. Descripción de las etapas de la secuencia didáctica**

#### **2.1 ETAPA 1**

##### **Detección de Ideas Previas**

**Propósito:** Indagar las “teorías” y “modelos” de los alumnos (ideas previas).

Para la evocación de las mismas se plantearon situaciones referentes a fenómenos térmicos, en un cuestionario (ver anexo 1) en donde se les pidió a los alumnos que respondieran y explicaran sus respuestas, con el fin de detectar las “teorías” y “modelos” que emplean para explicarlos .

**Organización:** Se le aplicó un cuestionario a cada uno de los estudiantes en el salón de clases.

**Tiempo:** Una sesión de 50 minutos.

**Papel del docente:** Entregar los cuestionarios que plantean las situaciones problemáticas de fenómenos térmicos.

**Papel del alumno:** El que reflexione sobre las situaciones problemáticas planteadas en el cuestionario 1.

A continuación se describen las situaciones de fenómenos térmicos que se les presentaron a los alumnos en el cuestionario 1 para la detección de sus ideas previas (ver anexo 1).

**Situación 1**, “Aislamiento y conducción de calor”; situación que ayudó a explorar la idea previa: “el calor como una propiedad de la materia”.

**Situación 2**, “Transmisión de calor en diversos materiales”: para detectar en los estudiantes la idea: “El calor como una sustancia”.

**Situación 3** “Transmisión de calor en diversos materiales”: para detectar en los estudiantes la idea: “El calor como una sustancia”.

**Situación 4 y 5** El propósito de estas situaciones, es el de averiguar si los estudiantes consideran que los conceptos de calor temperatura son una misma entidad física y también detectar si logran identificar que la cantidad de materia no influye en una mayor o menor temperatura pero si depende de que un cuerpo tenga más o menos calor.

## 2.2 ETAPA 2

### Confrontación de las Ideas Previas:

- “El calor es una propiedad de la materia”
- “El calor es una sustancia”
- “El calor es lo mismo que temperatura”

**Confrontación de la Idea Previa: “El calor es una Propiedad de la materia”  
con materiales conductores y aislantes del calor (ver anexo 2).**

**Propósito:** Confrontar y reflexionar sobre la Idea Previa: “El calor como propiedad de la materia, con materiales conductores y aislantes del calor.

**Tiempo:** Dos sesiones, de 50 minutos cada una.

**Organización:** Se trabajó en el laboratorio de física y química de la secundaria y los alumnos se organizaron en equipos de cinco integrantes. A sugerencia de la docente los estudiantes les pusieron nombre a su equipo los cuales fueron: “Pumitas”, “Pumitas Clovers”, “Sementales”, “Guajolotes”, “Bamboochas”, “Mavel”, “Las Insuperables”, “Fulanitos”, “Scorpions”.

**Papel del Docente:** Propiciar las condiciones para que se de la “confrontación” de las “teorías” de los alumno experimentando con materiales conductores y aislantes del calor.

**Papel del Alumno:** Confrontar sus “teorías” en situaciones reales en el laboratorio escolar.

**Material por equipo**

Canicas de vidrio	1 Soporte Universal
1 Vaso de precipitados	1 trozo de lana
1 Lámpara de alcohol	1 Hoja de aluminio
1 Pinzas de seguridad	Agua
1 Cristalizador	Bloques e hielo

### **2.2.2 Confrontación de la idea: “El Calor es una Sustancia” con el experimento de Humphry Davy y con la lectura de dos teorías sobre el calor: de Lavoisier y Rumford.**

#### **El experimento de Humphry Davy**

**Propósito:** Confrontar la Idea Previa: “El calor es una sustancia”, con el experimento de Humphry Davy para que puedan relacionar la fricción con la producción de calor y que sus ideas evolucionen del concepto que tienen del calor como algo material hacia el calor como producto de la fricción y movimiento.

**Tiempo:** Una sesión, de 50 minutos.

**organización:** Trabajo experimental en el laboratorio por equipos de 5 integrantes.

**Papel del alumno:** Confrontar sus hipótesis en el campo de la experimentación. Realizar el experimento de Humphry Davy, cuyos resultados serán probablemente contradictorios a sus propias experiencias.

**Papel del docente:** Crear las condiciones de aprendizaje a través de confrontar las ideas de los estudiantes con el experimento de Davy.

#### **Desarrollo de la actividad (ver anexo 3)**

1. Se les dio a los alumnos un texto con una información breve sobre el experimento de Davy, el cual también contenía preguntas para explorar sus ideas previas y en donde se les pidió también que sugirieran materiales y algún método para llevarlo al campo de la experimentación.
2. Se les proporcionó a los alumnos una hoja donde venían las sugerencias de materiales con su respectivo método para realizar la actividad con el experimento mencionado. La ejecución del experimento fue realizada por un alumno y los demás se sentaron alrededor de él como espectadores.

Algunos materiales que propusieron los alumnos coincidieron con los que se contaba en el laboratorio, como hielera, guantes y bloques de hielo.

## **MATERIAL**

- 1 Hielera de unicel
- 2 Bloques de hielo
- 1 Par de guantes gruesos de látex
- 1 Trozo de plástico grueso transparente
- 1 Cristalizador

## **Ejecución del experimento**

La docente armó el dispositivo para la investigación y lo hizo de la siguiente manera:

A la hielera le introdujo un cristalizador, la que posteriormente cubrió con plástico transparente, haciéndole dos orificios con unas tijeras para que se pudieran introducir las manos.

Ya armado el dispositivo los alumnos eligieron a un compañero (Darío) para que realizara el experimento.

Darío, se colocó los guantes, tomó los bloques de hielos, los introdujo en la hielera y empezó a frotarlos uno contra otro.

## **Durante el experimento:**

Los estudiantes fueron pasando de tres en tres para ver lo que sucedía dentro de la hielera, el alumno “experimentador” a su vez les describía a sus compañeros lo que se estaba obteniendo.

Al final del experimento se obtuvo agua líquida que se recuperó en el cristalizador.

Una vez concluido el experimento se les pidió a los alumnos que discutieran por equipo sus resultados en torno a ciertas preguntas (ver anexo 3).

### **2.2.3 Lectura de dos teorías acerca del calor: de Lavoisier y del Conde de Rumford (ver anexo 4)**

**Propósito:** Confrontar la Idea Previa “El calor es una sustancia”, con la lectura de dos teorías sobre el calor con el propósito de que el conocimiento que se logró obtener del experimento de Humpry Davy se vinculara con la lectura y se lograra relacionar el calor con la fricción (teoría de Rumford).

**Tiempo:** 1 sesión de 50 minutos.

**Organización:** Se trabajó en el laboratorio en equipos de 5 integrantes.

**Papel del docente:** El de propiciar que los alumnos elijan una teoría del calor para explicar los resultados del experimento de la fricción de los hielos .

**Papel del alumno:** El de confrontar los nuevos conocimientos construidos durante el experimento de Davy con dos teorías antagónicas del calor.

#### **MATERIAL**

Texto sobre dos teorías acerca del calor de Lavoisier y del conde de Rumford.

1. Se les proporcionó a todos los alumnos el texto sobre las dos teorías acerca del calor: “Teoría del Calórico” de Lavoisier y “El calor como producto del movimiento de las partes de los cuerpos” del Conde de Rumford.

Fueron dos alumnas las que leyeron en voz alta para todo el grupo y los demás siguieron la lectura.

Después de leer las dos teorías sobre el calor se les pidió a los estudiantes que discutieran por equipo algunos puntos relevantes de las teorías (ver anexo 3).

Al término del intercambio de ideas entre los estudiantes, se organizó una plenaria para discutir entre todos (alumnos y docente) las respuestas vertidas en los equipos. Con esta estrategia la docente propició la reflexión de las explicaciones de los alumnos.

#### **2.2.4 Confrontación de la idea previa: “El calor es lo mismo que temperatura” con el experimento de Joseph Black, (ver anexo 5).**

**Propósito:** Confrontar la Idea Previa, “El calor es lo mismo que temperatura” con “El experimento de Joseph Black”, el cual pudo diferenciar el calor de la temperatura con un experimento que realizó al calentar diferentes sustancias de un mismo volumen en un mismo tiempo y obtener distintas temperaturas y al calentar agua hasta hervir observó que al seguir proporcionando calor su temperatura se mantenía pero su calor aumentaba (calor latente).

**Organización:** Trabajo experimental por equipo en el laboratorio.

**Tiempo:** Dos sesiones de 50 minutos cada una.

**Papel del docente:** A través del experimento de Joseph Black, ofrecer las condiciones a los estudiantes para que se generen contradicciones entre sus ideas previas y de esta manera se propicie la revisión y reflexión de esta idea.

**Papel del alumno:** El de ver sus ideas como hipótesis que pueden ser “confrontadas” en el campo de la experimentación.

#### **MATERIALES:**

Sustancias	3 Vasos de precipitados de 100 mL
50 mL de Agua	1 Soporte universal
50 mL de Vinagre	1 Probeta de 50 mL
50 mL de alcohol	1 Lámpara de alcohol
	1 Gradilla

Después de realizar el experimento se pidió a los alumnos que discutieran en equipo sus observaciones (ver anexo 5).

Posterior a la discusión por equipo, se organizó una plenaria para que todos los estudiantes compartieran sus observaciones y explicaciones sobre sus observaciones.

### **2.3 ETAPA 3**

**Evaluación de los aprendizajes**

Con el propósito de evaluar los aprendizajes obtenidos durante la instrucción, se aplicaron a los alumnos pequeños cuestionarios después de las sesiones de trabajo y como ya se mencionó, también se organizaron plenarias de discusión con el objeto de conocer a través de la argumentación y discusión las “nuevas explicaciones” que surgieron después de las actividades experimentales.

La información recabada al final de la enseñanza se organizó en tablas para su interpretación y análisis, los resultados obtenidos se reportan en el capítulo XI de resultados.

### 3. Organización General de las Sesiones de Trabajo

ETAPAS	ACTIVIDADES	RECURSOS
<b>1. Detección de “teorías” y “modelos” (Ideas Previas) de los alumnos</b>	<p>A través de un cuestionario se plantearon situaciones referentes a fenómenos térmicos (ver anexo 1).</p> <p>Se organizó la información obtenida en tablas, con la que se detectaron tres categorías de ideas previas:  <u>A) “El calor es una propiedad de la materia” (“el calor lo tienen los cuerpos calientes pero no los fríos”).</u>  <u>B) “El calor es una sustancia”.</u>  <u>C) “El calor es lo mismo que temperatura</u></p>	Cuestionarios
<b>2. Confrontación de las ideas previas de los alumnos con experimentos importantes extraídos de la historia de la ciencia.</b>	<p><u>“El calor es una propiedad de la materia”.</u>            2.1. Actividad con materiales conductores y aislantes (ver anexo 2).</p>	Material de laboratorio y materiales conductores y aislantes del calor (lana y aluminio).
	<p><u>“El calor es una sustancia”.</u>            2.2 Actividad con el experimento de : Humphry Davy (ver anexo 3)            2.2.1 Lectura de dos teorías acerca el calor: “Teoría del Calórico” de Lavoisier y “El calor como el producto del movimiento” de Rumford (ver anexo 4).</p>	-Documento con información del experimento de H. Davy, que incluyó: un cuestionario de ideas previas y un cuestionario de evaluación -material de laboratorio, hielera y hielo.
	<p><u>“El calor es lo mismo que la temperatura”:</u> 2.3 Actividad con el experimento de Joseph Black” (ver anexo 5). Al finalizar la confrontación de las ideas previas de los alumnos se les aplicó un pequeño cuestionario de evaluación y también se organizó una plenaria de discusión con todo el grupo con el propósito de detectar sus aprendizajes.</p>	-Documento con información del experimento de J. Black que incluyó: un cuestionario de ideas previas y un cuestionario de evaluación -Material de laboratorio y sustancias: agua alcohol y vinagre.
<b>3. Evaluación</b>	<p>Plantear preguntas en cuestionarios y en plenarios de discusión durante la instrucción.            Organizar la información recabada en tablas y categorizar las respuestas de los alumnos para su análisis y evaluación de los aprendizajes.</p>	Cuestionarios

## XI. RESULTADOS

La información recabada de los cuestionarios de ideas previas y de evaluación de los aprendizajes que se aplicaron a los alumnos antes y después de las actividades experimentales, se organizaron en tablas y esquemas para ser interpretados y analizados.

### 1. Ideas previas detectadas

Las tablas de las Ideas Previas contienen las respuestas de los alumnos con su respectiva justificación, obtenidas del primer cuestionario (ver anexo 1), el cual, como ya se mencionó se aplicó a 45 estudiantes del grupo 3° “D” de la Escuela Secundaria No. 91 “República del Perú”, para detectar sus “teorías y modelos” con respecto a los fenómenos térmicos planteados en dicho cuestionario.

También se presentan las ideas previas de los alumnos con respecto a los experimentos de Humphry Davy y Joseph Black (ver anexos 3 y 5 respectivamente).

### Resultados de ideas previas (ver anexo 1)

**PREGUNTA 1:** ¿Qué material utilizarías para mantener por más tiempo una canica fría?

Respuestas	No. de Alumnos	% de Alumnos
Aluminio	44	97.8
Lana	1	2.2
Total	45	100

Tabla 1. Ideas Previas sobre conductividad y asilamiento del calor .

**PREGUNTA 2:** ¿Por qué escogerías ese material?

Justificación de las respuestas	No. de Alumnos	% de Alumnos
El aluminio es frío y enfría	19	42.2
La lana es caliente y calienta	10	22.2
El aluminio refleja la radiación fría y/o caliente	9	20
La lana produce calor	4	8.9
El aluminio guarda lo frío o lo caliente	3	6.7
Total	45	100

Tabla 2. Justificación de las respuestas de los alumnos sobre conductividad y aislamiento en aluminio y lana (“lo que es frío enfría, lo que es caliente calienta”).

**PREGUNTA 3:** ¿Cuál de las tres cucharas (plástico, metal y madera) se calentará más rápido si la mantienes 5 segundos en agua caliente?

Respuestas	No. de Alumnos	% de Alumnos
Metal	38	84.4
Plástico	4	8.9
Madera	3	6.7
Total	45	100

Tabla 3. Ideas Previas de los alumnos sobre conductividad del calor en: metal, plástico y madera.

**PREGUNTA 4:** ¿Por qué crees que la cuchara que elegiste se calentará más rápido?

Justificación de las respuestas	No. de Alumnos	% de Alumnos
El Metal por su material	13	28.9
El Metal conduce el calor	12	26.7
El Metal retiene, absorbe mejor el calor, tiene mayor fuerza para el calor, sus moléculas se dilatan, produce calor	7	15.5
El Metal transmite, expande, extiende el calor	6	13.3
El Plástico es un material poco resistente y sensible al calor, se calienta más rápido, repele moléculas	4	8.9
La Madera se calienta más rápido, conduce el calor, tiene mayor facilidad para calentarse	3	6.7
Total	45	100

Tabla 4. Justificación de las respuestas de los alumnos sobre conductividad del calor en: metal, plástico y madera.

**PREGUNTA 5:** ¿Qué crees que sucederá, si calientas un extremo de una laminilla de aluminio con una lámpara de alcohol y en el extremo contrario colocas un trocito de cera natural?

**RESPUESTA DE LA PREGUNTA 5:** El 100% de los alumnos contestó que se derrite la cera.

**PREGUNTA 6:** ¿Por qué crees que se derrite la cera en la laminilla de aluminio?

Justificación de las respuestas	No. de Alumnos	% de Alumnos
El calor de la lámpara se transfiere, se expande o fluye hacia la laminilla de aluminio	19	42.2
El aluminio se calienta	12	26.7
Las moléculas de la flama calientan el aluminio, por la fuerza del calor, el aluminio responde más rápido al calor, se dilatan las moléculas, por el material del metal	8	17.8
El aluminio conduce el calor	6	13.3
Total	45	100

Tabla 5. Justificación de las respuestas de los alumnos sobre conductividad del calor en aluminio, con relación a la idea previa: "El calor es una sustancia".

**PREGUNTA 7:** ¿Cuál vaso tiene más materia; el que está a la mitad o el que está lleno de nieve de limón?

**RESPUESTAS DE LA PREGUNTA 7:** El 100% de los alumnos contestó que tiene más materia el vaso que está lleno de nieve de limón.

**PREGUNTA 8:** ¿Tendrán diferente o la misma **temperatura** los dos vasos con nieve (el que está a la mitad o el lleno) , ¿por qué?

Respuestas y Justificación	No. de Alumnos	% de Alumnos
<b>Igual temperatura</b> los dos son nieve	17	37.8
<b>Diferente temperatura</b> , tienen diferente cantidad de materia	16	35.5
<b>Diferente</b> porque está más frío el vaso lleno, tiene más materia fría	12	26.7
Total	45	100

Tabla 6. Justificación de las respuestas de los alumnos sobre **temperatura** en diferentes volúmenes de materia.

**PREGUNTA 9:** ¿Cuál de los dos vasos con nieve tiene más **calor**?, ¿por qué?

Respuestas y Justificación	No. de Alumnos	% de Alumnos
<b>El que está a la mitad</b> , tiene más aire, tiene menos materia fría, tiene mayor temperatura	34	75.6
<b>El lleno</b> , tiene más hielo	6	13.3
<b>Tienen el mismo calor</b> , no tienen calor	5	11.1
Total	45	100

Tabla 7. Justificación de las respuestas de los alumnos sobre el **calor** en diferentes volúmenes de materia..

**PREGUNTA 10.** ¿Qué sucederá con la **temperatura** del agua si la calientas en un recipiente hasta hervir y después de que hirvió le sigues proporcionando calor?

Respuestas	No. de Alumnos	% de Alumnos
Aumentará	30	66.7
Se mantiene igual	8	17.7
Disminuirá	4	9
Diferentes explicaciones	3	6.6
Total	45	100

Tabla 8. Ideas Previas de los alumnos sobre la temperatura del agua después de que alcanzó su punto de ebullición.

**PREGUNTA 11:** ¿Qué sucederá con el **calor** del agua si después de que hirvió se le sigue proporcionando calor?

Respuestas	No. de Alumnos	%de Alumnos
Aumenta	18	40
Se mantiene igual	15	33.3
Diversas respuestas	9	20
Disminuye	3	6.7
Total	45	100

Tabla 9. Ideas Previas de los alumnos sobre el calor el agua después alcanzar su punto de ebullición.

**PREGUNTA 12:** ¿Crees que hay diferencia entre calor y temperatura?

Respuestas	No. de Alumnos	% de Alumnos
Si hay diferencia	44	97.8
No hay diferencia	1	2.2
Total	45	100

Tabla. 10. Ideas Previas de los alumnos sobre la diferencia entre calor y temperatura.

Justificación de las respuestas	No de Alumnos	% de Alumnos
El calor es energía, es una medida subjetiva, la temperatura es una magnitud objetiva, la temperatura se mide con el termómetro y el calor se siente.	35	77.8
La temperatura va aumentando, el calor se mantiene, se mide con la Temperatura, el calor es temperatura alta y se percibe diferente.	9	20
No hay diferencia son lo mismo porque con el calor aumenta la temperatura.	1	2.2
Total	45	100

Tabla 11. Justificación de las respuestas de los alumnos sobre la diferencia entre calor y temperatura.

## 1.2 Ideas previas de los alumnos con respecto al experimento de Humphry Davy (ver anexo 3)

Unos minutos antes de que los alumnos llevaran al campo de la experimentación la investigación de H. Davy, se les dieron algunos datos sobre el trabajo del científico y se indagó a través de un cuestionario sobre lo que pensaban de las observaciones que realizó Davy durante su experimento.

A continuación se reportan las ideas previas de los alumnos con respecto a dicho experimento.

**PREGUNTA:** ¿Qué crees que observó H. Davy después de frotar los dos bloques de hielo con un artificio mecánico?

Respuestas	No. de Alumnos	% de Alumnos
Su temperatura no cambia	24	60
No se derriten no se produce calor	6	15
Se derriten porque se produce calor	6	15
Se desgastan	4	10
Total	*40	100

Tabla 12. Ideas previas de los alumnos con respecto al "Experimento de Humphry Davy" (frotamiento de dos bloques de hielo).

## 1.3 Ideas previas de los alumnos con respecto al experimento de Joseph Black

Antes de que los estudiantes enfrentaran sus ideas previas con el experimento de J. Black, se les dieron algunos datos sobre su trabajo y se les pidió que explicaran la diferencia entre el calor y la temperatura (ver anexo 5).

A continuación se reportan las ideas previas de los alumnos con respecto al experimento de este científico.

**PREGUNTA:** ¿Crees que hay diferencia entre calor y temperatura?

Respuestas sobre la temperatura	No. de Alumnos	% de Alumnos
La temperatura es una magnitud	36	80
No respondieron	5	11.2
La temperatura es igual que el calor	4	8.8
Total	45	100

Tabla 13. Ideas de los alumnos sobre la temperatura antes del experimento de J. Black.

Respuestas sobre el calor	No. de Alumnos	% de Alumnos
El calor no es una magnitud es una sensación	19	42.2
El calor es energía	18	40
El calor se mide con la temperatura	4	9
El calor es temperatura alta	2	4.4
No explicó	2	4.4
Total	45	100

Tabla 14. Ideas de los alumnos sobre el calor antes del experimento de J. Black.

## 2. “Teorías” y “modelos” de los alumnos después de la confrontación de las ideas previas en el campo de la experimentación.

Con el objeto de que se comparen las respuestas de los alumnos de antes y después de la instrucción, nuevamente se reportan los porcentajes más altos obtenidos de las ideas previas y posteriormente se presentan las tablas que contienen las respuestas de los estudiantes después de confrontar dichas ideas en el campo de la experimentación.

### 2.1 “Teorías” y “modelos” de los alumnos después de la confrontación de la idea previa “el calor es una propiedad de la materia” con materiales conductores y aislantes del calor (ver anexo 2)

**IDEAS PREVIAS:** El 97.8% de los alumnos (ver tabla 1) tienen la idea previa de que el aluminio mantiene por más tiempo fría una canica y el 42.2% (ver tabla 2), lo justifica diciendo que “el aluminio es frío por eso enfría”.

## IDEAS DE LOS ALUMNOS DESPUÉS DE LA CONFRONTACIÓN

**PREGUNTA:** ¿Cuál material mantuvo por más tiempo la canica fría?

Respuestas	No. de Alumnos	% de Alumnos
Lana	33	76.8
Aluminio	10	23.2
Total	43*	100

Tabla 15. Ideas de los alumnos sobre conductividad y aislamiento del calor después de confrontar sus ideas previas en el campo de la experimentación con materiales conductores y aislantes (aluminio y lana).

**PREGUNTA** ¿Por qué se mantuvo por más tiempo fría en ese material (lana)?

Justificación de las respuestas	No. de Alumnos	% de Alumnos
La lana conserva la temperatura o el calor	13	30.2
La lana tiene poros	8	18.6
Diversas explicaciones	7	16.3
El aluminio conserva el frío	6	14
La lana no es un conductor es aislante	5	11.6
El aluminio es un aislante	4	9.3
Total	43*	100

Tabla 16. Justificación de las respuestas de los alumnos sobre conductividad y aislamiento en lana y aluminio después de confrontar sus ideas previas en el campo de la experimentación.

## 2.2 “Teorías” y “modelos” después de la confrontación de la idea previa: “el calor es una sustancia” con el experimento de Humphry Davy y con la lectura de dos teorías acerca del calor: “teoría del calórico” de Lavoisier y el calor “como producto de la fricción” de Rumford

**IDEAS PREVIAS:** En la exploración de las ideas previas la mayoría de los alumnos, el 42.2% (ver tabla 5) dijo que si calentamos un extremo de una laminilla de aluminio, ésta se calienta en el extremo contrario porque el calor se expande o fluye por toda la laminilla (“el calor como una sustancia”).

Con respecto al experimento de Humphry Davy (quien relacionó el calor con la fricción), el 60% de los alumnos dijo que al frotar dos bloques de hielo su temperatura no cambia.

### 2.3 “Teorías” y “modelos de alumnos después de la confrontación de la idea previa “el calor es una sustancia” con el experimento de Humphy Davy (ver anexo 3)

¿Qué observaste después de frotar los bloques de hielo?

Respuestas	No de Alumnos	% de Alumnos
Con la fricción se produjo calor y se derritieron los hielos.	33	82.5
Con la fricción aumentó la temperatura	3	7.5
Se derritieron, se transmitieron algunas moléculas de calor	2	5
No pasa nada	1	2.5
Se derritieron por el rápido movimiento de las moléculas	1	2.5
Total	40* *Faltaron 5 alumnos	100

Tabla 17. Ideas de los alumnos después de confrontar la idea previa “el calor es una sustancia” con el experimento de H. Davy.

### 2.4 Ideas de los alumnos después de la lectura de dos teorías acerca del calor de los científicos: Lavoisier y Rumford, para confrontar la idea previa, “el calor es una sustancia” (ver anexo 4)

1. ¿Crees que hay diferencia entre la teoría del calor de Lavoisier y la del conde de Rumford?

Respuestas	No. de Alumnos	% de Alumnos
Si	43	95.6
No	2	4.4
Total	45	100

Tabla 18. Ideas de los alumnos sobre la diferencia entre la teoría del calor de Lavoisier y la del conde de Rumford.

¿Por qué crees que hay diferencia entre la teoría de Rumford y la de Lavoisier?

Justificación de las respuestas	No de Alumnos	% de Alumnos
Para Lavoisier el calor es una sustancia, tiene peso, se transmite a otro cuerpo. Para Rumford, el calor no es una sustancia, no tiene peso, se genera por fricción.	39	86.7
Las dos teorías tienen diferentes características, hicieron diferentes experimentos	6	13.6
Total	45	100

Tabla 19. Justificación de las respuestas de los alumnos sobre de la diferencia entre la teoría del calor de Lavoisier y la del conde de Rumford.

2. ¿Cuál teoría crees que explica mejor lo que es el calor?

Respuestas	No. de Alumnos	% de Alumnos
Teoría de Rumford	39	86.7
Teoría de Lavoisier	6	13.3
Total	45	100

Tabla 20. Ideas de los alumnos sobre la teoría (Lavoisier o Rumford) que explica "mejor" lo que es el calor.

¿Por qué crees que la teoría que elegiste explica mejor lo que es el calor?

Justificación de las respuestas	No de Alumnos	% de Alumnos
La teoría de Rumford, porque la fricción y el movimiento generan calor	28	62.2
Porque Rumford es más lógico, investigó más a fondo, con más detalle	7	15.6
La teoría de Lavoisier es más entendible, es más fácil de explicar, la energía si se transmite	5	11.1
No explicó	5	11.1
Total	45	100

Tabla 21. Justificación de las respuestas de los alumnos sobre las teoría del calor (Lavoisier o Rumford )que explica mejor lo que es el calor.

3. ¿Cuál teoría del calor crees que explica mejor el experimento de H. Davy?

Respuestas	No de Alumnos	% de Alumnos
Teoría de Rumford	39	86.7
Teoría de Lavoisier	6	13.3
Total	45	100

Tabla 22. Ideas de los alumnos sobre la teoría del calor (Lavoisier o Rumford) que explica mejor el experimento de H. Davy

¿Por qué crees que la teoría que elegiste explica mejor el experimento de H. Davy?

Justificación de las respuestas	No de Alumnos	% de Alumnos
La teoría de Rumford dice que el calor se produce por movimiento, fricción o vibración	35	77.8
No explicó	10	22.2
Total	45	100

Tabla 23. Justificación de las respuestas de los alumnos sobre la teoría del calor (Lavoisier o Rumford) que explica "mejor" el experimento de H. Davy .

## 2.5 “Teorías” y “modelos” de los alumnos después de la confrontación de la idea previa “calor es lo mismo que temperatura” con el experimento de Joseph Black (1760)

### IDEAS PREVIAS

#### Diferencia entre Calor y Temperatura

En la exploración de las ideas previas sobre la diferencia entre calor y temperatura, se encontró que el 100% de los alumnos investigados consideran que la temperatura y el calor no son lo mismo.

El 66.7% (ver tabla 8) de los alumnos piensan que al alcanzar el agua su punto de ebullición y seguir en la fuente de calor su temperatura aumenta y el 40% (ver tabla 9) piensa que su calor también aumenta.

Con respecto a las ideas previas sobre el experimento de Joseph Black (para diferenciar calor y temperatura), el 80% (ver tabla 13) de los estudiantes dijo que la temperatura es una magnitud y el 42.2% (ver tabla 14), que el calor no es una magnitud sino que es una sensación.

#### 4.6 Ideas sobre la temperatura y el calor después de confrontar la idea previa “calor es lo mismo que temperatura” con el experimento de Joseph Black (ver anexo 5).

**PREGUNTA** ¿Qué sucedió con la **temperatura** del agua después de que hirvió y se le siguió proporcionando calor?

Respuestas (temperatura)	No. de Alumnos	% de Alumnos
Se mantuvo	21	58.3
Aumentó	8	22.2
No contestó	7	19.5
total	36*	100

\* Faltaron 9 alumnos

Tabla 24. Ideas de los alumnos sobre la temperatura después de confrontar sus ideas previas con el experimento de Joseph Black.

**PREGUNTA:** Después de que hirvió el agua y se siguió calentando, ¿Qué sucedió con su **calor**?

Respuestas (calor)	No. de Alumnos	% de Alumnos
<b>Aumentó</b> porque siguió absorbiendo calor	17	47.3
<b>Se mantuvo</b> porque llegó a su máximo de calor o punto de ebullición	14	38.8
<b>Se evaporó</b>	4	11.2
No contestó	1	2.7
Total	36*	100

Tabla 25. Ideas de los alumnos sobre el calor después de confrontar sus ideas previas con el experimento de Joseph Black.

#### 4.7. Ideas de los alumnos sobre la diferencia entre la temperatura y el calor después de confrontar sus ideas previas con el experimento de Joseph Black (1760)

¿Crees que hay diferencia entre Calor y Temperatura?

Respuestas	No. de Alumnos	% de Alumnos
Si hay diferencia	33	91.7
No contestó	3	8.3
total	36*	100

Tabla 26. Ideas de los alumnos sobre la diferencia entre calor y temperatura después de confrontar sus ideas previas con el experimento de J. Black.

**PREGUNTA:** ¿Por qué crees que hay diferencia entre Calor y Temperatura?

JUSTIFICACIÓN	No. de Alumnos	% de Alumnos
El calor es energía que se puede sentir y la temperatura es una magnitud objetiva	30	83.3
No explicó	6	16.7
Total	36*	100

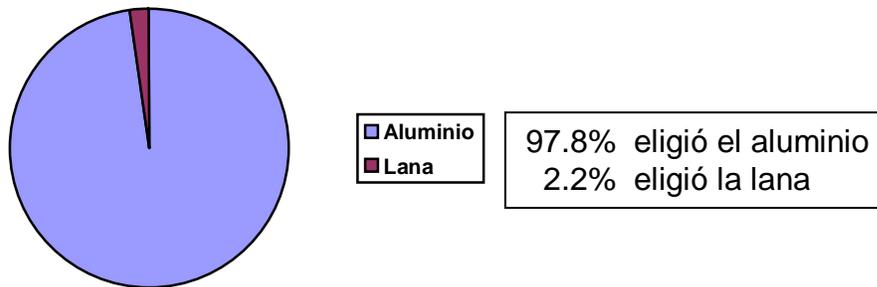
Tabla 27. Justificación de las respuestas de los alumnos sobre la diferencia entre calor y temperatura después del experimento de J. Black.

### 3. Graficas comparativas de las ideas previas contra las ideas después de la confrontación.

#### “EL CALOR ES UNA PROPIEDAD DE LA MATERIA”

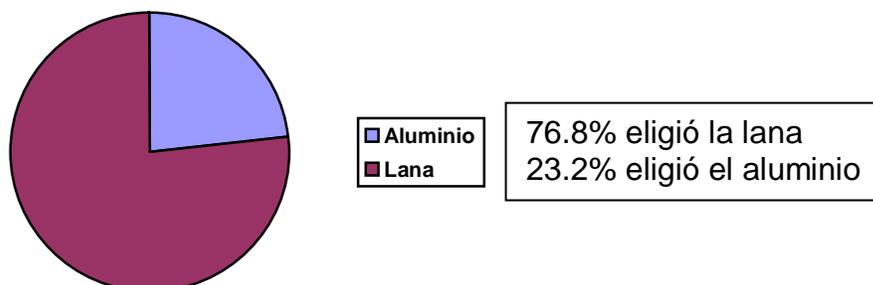
¿Qué material (aluminio o lana) mantiene frío un objeto por más tiempo?

#### IDEAS PREVIAS



Gráfica 1. Ideas previas de los alumnos sobre el material que mejor conserva un objeto frío.

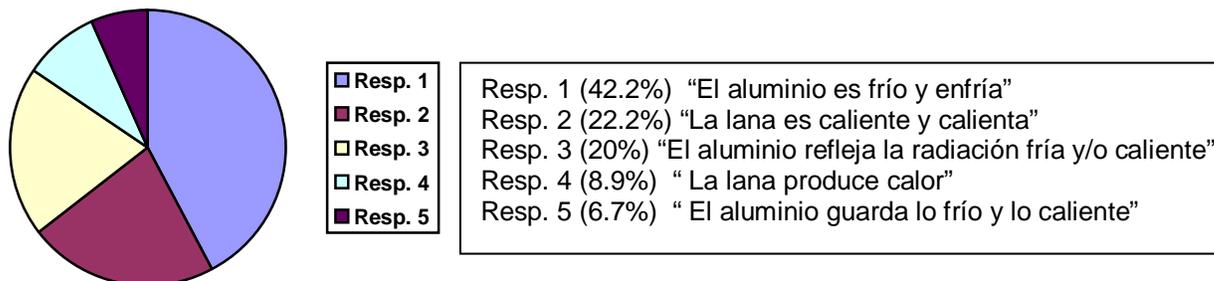
#### IDEAS DESPUÉS DE LA CONFRONTACIÓN



Gráfica 2. Respuestas de los alumnos después de la confrontación sobre el material que conserva por más tiempo un objeto frío (aluminio o lana).

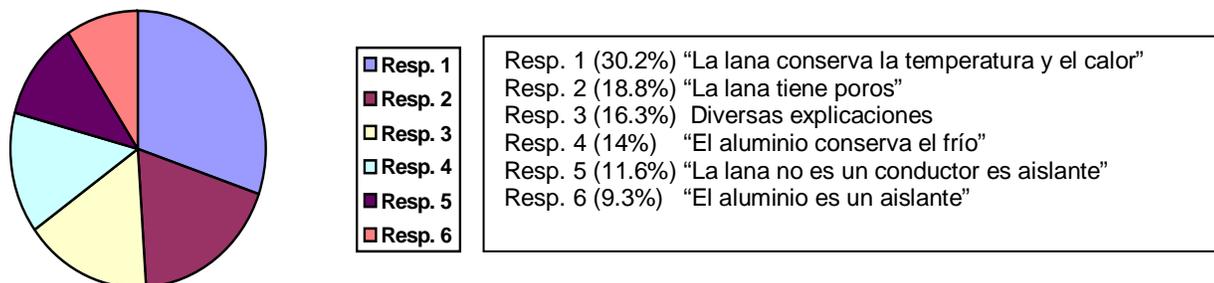
## “EL CALOR COMO UNA PROPIEDAD DE LA MATERIA” (justificación de las respuestas)

### IDEAS PREVIAS



Gráfica 3. Justificación de las respuestas de los alumnos sobre el material que conserva por más tiempo un objeto frío.

### IDEAS DESPUÉS DE LA CONFRONTACIÓN

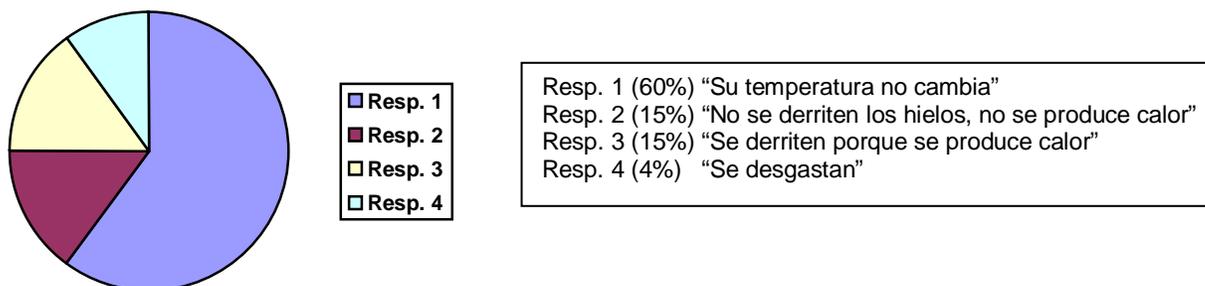


Gráfica 4. Justificación de las respuestas de los alumnos sobre el material que conserva por más tiempo un objeto frío (aluminio o lana) después de la confrontación de sus ideas previas .

## “EL CALOR ES UNA SUSTANCIA”

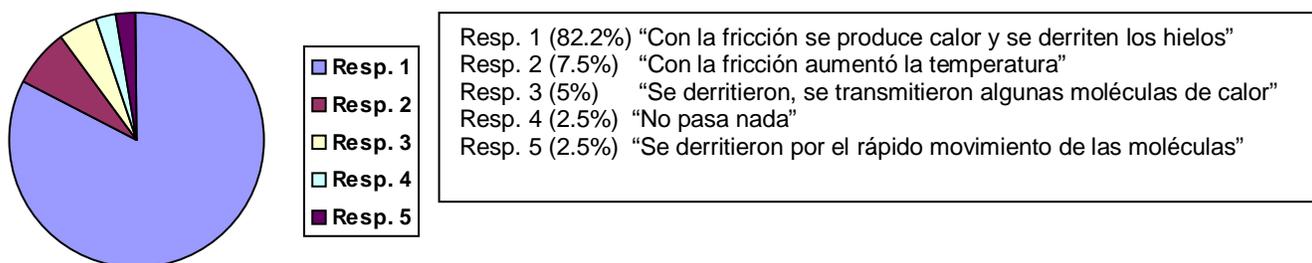
¿Qué le sucede a dos bloques de hielo cuando se frotran?

### IDEAS PREVIAS



Gráfica 5. Ideas previas de los alumnos sobre dos objetos fríos en fricción (la naturaleza del calor).

### IDEAS DESPUÉS DE LA CONFRONTACIÓN

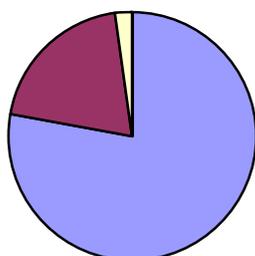


Gráfica 6. Ideas de las alumnos sobre la naturaleza del calor después de confrontar sus ideas con el experimento de Humphry Davy.

## “EL CALOR ES LO MISMO QUE TEMPERATURA”

¿Hay diferencia entre calor y temperatura?

### IDEAS PREVIAS

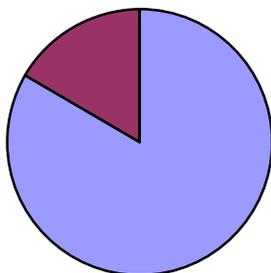


■ Resp. 1  
■ Resp. 2  
■ Resp. 3  
■ Sector 4

Resp. 1 (77.8%) “El calor es energía, es una medida subjetiva, la temperatura es una medida objetiva, la temperatura se mide con el termómetro y el calor se siente”  
Resp.2 (20%) “El calor se mide con la temperatura, el calor es temperatura alta y se percibe diferente”  
Resp.3 (2.2%) “No hay diferencia son lo mismo porque con el calor aumenta la temperatura”

Gráfica 7. Ideas previas de los alumnos con relación a la diferencia entre calor y temperatura.

### IDEAS DESPUÉS DE LA CONFRONTACIÓN



■ resp 1  
■ resp 2

Resp. 1. (83.3%) “El calor es energía que se puede sentir y la temperatura es una magnitud objetiva”  
Resp. 2. (16.7) No explicó la diferencia entre calor y temperatura.

Gráfica 8. Respuestas de los alumnos sobre la diferencia entre calor y temperatura después de confrontar sus ideas previas con el experimento de Joseph Black.

## **XII. EVALUACIÓN DE LOS DE LOS APRENDIZAJES**

Los aprendizajes se evaluaron al comparar las estructuras de las “teorías” iniciales de los alumnos y las estructuras de la “teorías” después de la confrontación de las ideas previas.

Se representaron las estructuras de las “teorías” predominantes, antes y después de la confrontación inspirados en los esquemas que Tiberghien (1994) propone.

### **1. Las estructuras de las “teorías” y “modelos” de los alumnos antes y después de la confrontación de las ideas previas.**

Para elaborar los esquemas de las “teorías” de los alumnos, se establecieron previamente las categorías para configurarlos, mismas que a continuación se explican:

Agente – Se refiere a un objeto o a un evento que tiene un impacto en un elemento Receptor.

Receptor – Es el elemento que recibe el “impacto” del agente.

Acción – Es hacia donde se dirige el agente (dirección)

Causa – Es lo que provoca el agente en el receptor.

Efecto – Es el “evento” que resulta de la reacción que tiene el receptor ante el agente.

## 1.1 Estructura de la “teoría” “el calor como una propiedad de la materia” antes y después de la confrontación con materiales conductores y aislantes del calor

### IDEA PREVIA

En la estructura de la “teoría” de la idea previa; “el calor como una propiedad de la materia”, se tiene una relación causa-efecto, que se refiere a una causalidad material, es decir los eventos que suceden para la mayoría de los alumnos (97.8%), dependen principalmente de la propiedad de la materia “lo que es frío enfría”.

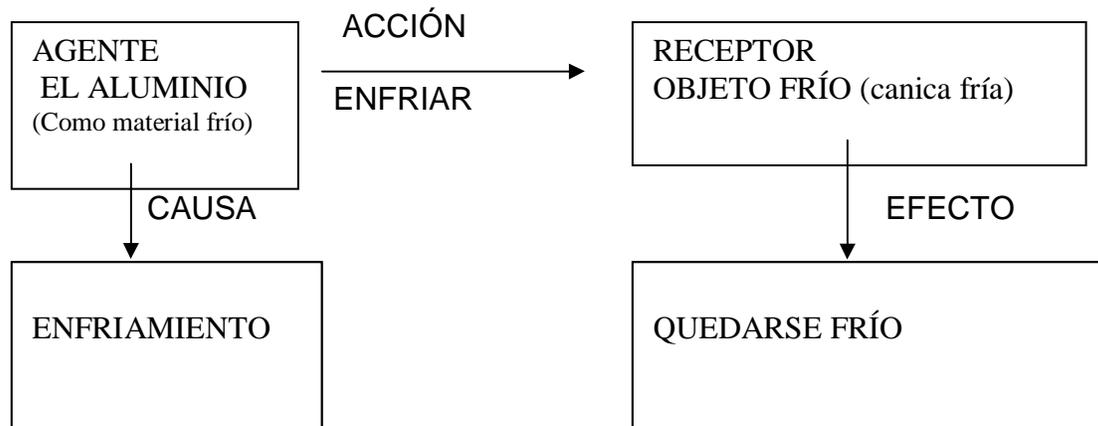


Fig. 1. Esquema de la idea Previa “Lo que es frío enfría”. Situación de enfriamiento, el agente es frío (Aluminio), el receptor (objeto frío) se queda frío al estar en contacto.

### MODELO (idea previa)

Los metales son fríos por lo tanto enfrían.

## “TEORÍA” DESPUÉS DE LA CONFRONTACIÓN

La idea que predomina en el 30% de los estudiantes después de la confrontación, es que “la lana conserva la temperatura o el calor”.

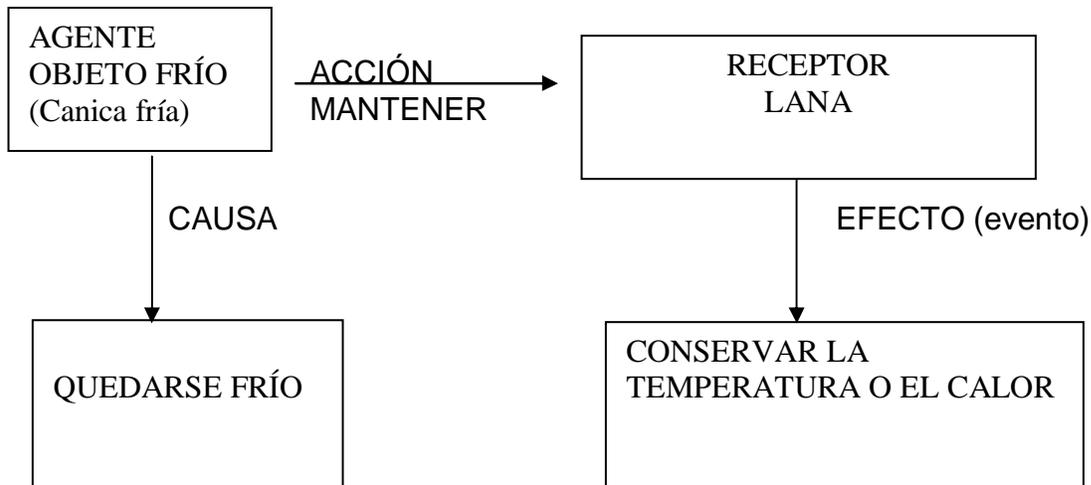


Fig. 2. Esquema de la Teoría “la lana conserva los objetos fríos”. Situación de conservación con el agente (lana) y receptor (objeto frío) en contacto.

### MODELO (después de la confrontación)

La lana aunque es caliente conserva la temperatura fría o el calor.

#### Aprendizaje:

#### “Cambio de roles de objetos a relaciones causales”

Se dio una nueva organización en la estructura inicial del modelo, no hay cambio en la teoría, sólo en los roles de los objetos; es decir, el objeto frío que era el agente se convierte en el receptor y se establece una nueva relación causal, sin embargo, en el 11.6% de la población se obtuvo el aprendizaje llamado: “**un nuevo modelo con relación a un nuevo nivel teórico**”, lo que implica la construcción de un nuevo modelo basado en una nueva teoría.

A continuación se presenta los argumentos que dieron este porcentaje de alumnos donde se aprecian los cambios en sus “teorías” con respecto a la pregunta que se les hizo:

¿Qué material elegirías (lana o aluminio) para mantener una canica fría por más tiempo?

Alumno	Antes de la instrucción (Ideas Previas)	Después de la instrucción	Cambio de "Teoría" (cambio en la causalidad)
3	<b>Aluminio</b> porque el metal se adapta al clima	<b>Lana</b> porque no es un material conductor al contrario en el aluminio el frío se dispersa y el frío se perdió	La lana no es un material conductor el aluminio es conductor del frío
18	<b>Aluminio</b> porque refleja las radiaciones y permite que este se mantenga frío	<b>Lana</b> porque es una especie de termo y de este modo mantiene la temperatura	La lana actúa como un termo (aislante)
23	<b>Aluminio</b> porque refleja la radiación y no absorbe mucha temperatura	<b>Lana</b> porque sirvió como aislante térmico y en el aluminio se dispersó la temperatura de la canica	La lana es un aislante
31	<b>Aluminio</b> porque en no le entra calor, el aluminio toma lo frío del hielo y lo mantiene frío	<b>Lana</b> porque este no fue un material conductor en cambio en el aluminio la temperatura de la canica se dispersa y como se pasaron energía salió menos fría	La lana no es un material conductor en el aluminio se pasa la energía
32	<b>Aluminio</b> debido a que en el aluminio se conservan las cosas calientes o frías respectivamente	<b>Lana</b> porque en el aluminio se dispersa la temperatura de las canicas y perdieron más fácilmente el frío que en la lana que no se dispersa la temperatura de la canica tan fácilmente	El aluminio pierde más fácilmente el frío

## 1.2 Estructuras de la “teoría” “el calor es una sustancia” antes y después de la confrontación con el experimento de H. Davy.

### IDEA PREVIA

La idea previa que predomina entre los estudiantes (42.2%); es que el calor se transfiere, se expande, o fluye, (se pasa como algo material), no se produce por fricción.

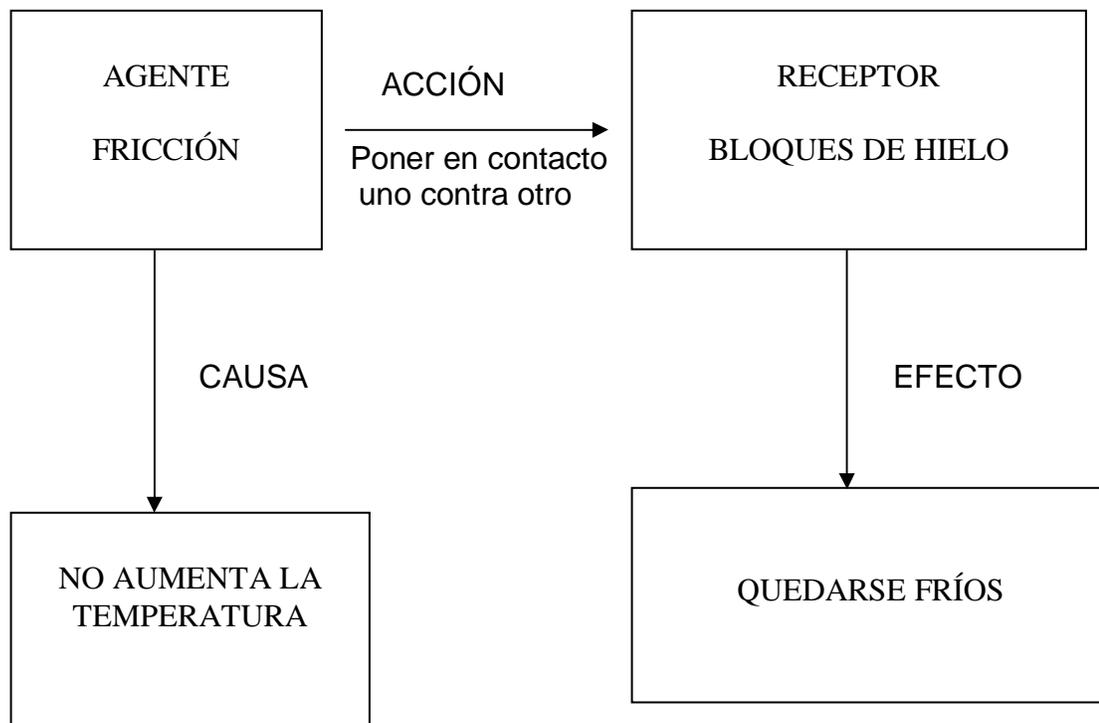


Fig. 3. Idea Previa “El calor es una sustancia”. Situación de fricción como agente y receptor (bloques de hielo) en contacto.

### MODELO (ideas Previas)

Un objeto frío no tiene calor.

## “TEORÍA” DESPUÉS DE LA CONFRONTACIÓN

El 82.5% de los alumnos dijo después de la confrontación que con la fricción se produjo calor y se derritieron los hielos

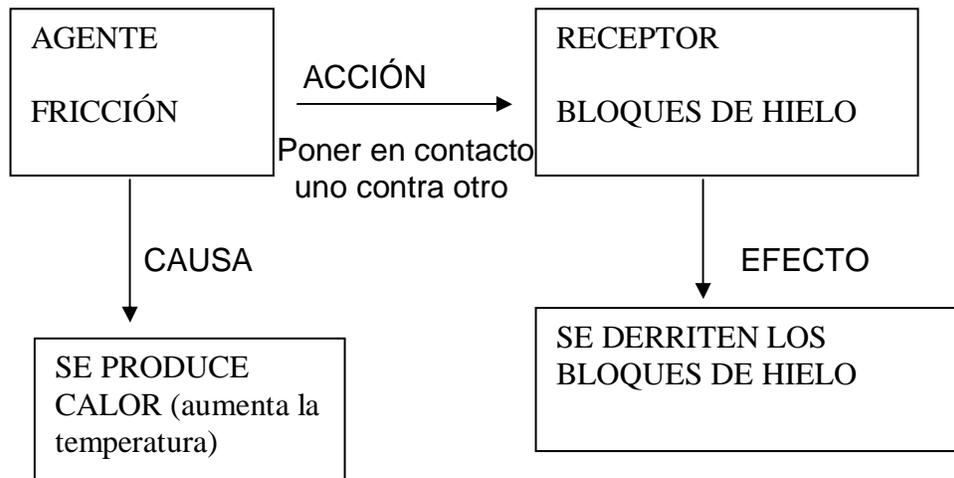


Fig. 4. Esquema de la teoría del calor después de la instrucción “El calor se produce por la fricción de los cuerpos”. Situación de fricción como agente de calentamiento y receptor (hielo) en contacto.

### MODELO

Con la fricción se produce calor.

### Aprendizaje:

#### “Nuevas relaciones semánticas entre el modelo y el campo de aplicabilidad”

Con la nueva respuesta se aprecia un cambio a nivel del efecto que provoca el agente (fricción) en el receptor (bloques de hielo), ya que los hielos a pesar de ser “fríos” se derriten con la fricción, y se establece una nueva relación entre el modelo y su aplicación a la nueva explicación del fenómeno observado.

Se complementó esta actividad con la lectura de dos teorías acerca del calor: “La teoría del calórico” de Lavoisier (1743-1794) y “La teoría del calor como producto del movimiento de las partes que constituyen a los cuerpos” de 1798 del conde de Rumford, a continuación se presentan algunos ejemplos de las explicaciones que dieron los alumnos con el apoyo de las ideas de Lavoisier y Rumford:

Alumno	¿Crees que hay diferencia entre la teoría del calor de Lavoisier y la de Rumford?, ¿Por qué?	¿Cuál teoría explica mejor lo que es el calor?, ¿por qué?	¿Cuál teoría crees que explica mejor los resultados del experimento de H. Davy?, ¿Por qué?
6	Si, porque el primero dice que el calor tiene peso y se va pasando y el segundo dice que el calor no tiene peso y se produce por vibración.	La teoría de Rumford porque nos da bases para explicar el calor.	La de Rumford porque el calor se produce por vibración.
9	Si, para Lavoisier el calor era una sustancia que tenía peso y era un fluido ligero, para Rumford el calor se produce por la fricción, no tenía peso y no era un fluido.	La de Rumford es buena porque trata de explicar con más procedimientos el calor, aunque la de Lavoisier también es muy buena e interesante ya que trata de describir el calor por medio de un fluido.	Rumford porque explica que por el movimiento se produce el calor (fricción), aunque Lavoisier explica que es un fluido liviano
10	Si, para Lavoisier el calor era una sustancia que tenía peso y era liviano, Rumford el calor no tenía peso se creaba por fricción o movimiento.	La de Rumford es más específica la explicación del calor y son más coherentes sus resultados, se nota que experimentó un poco más para estar seguro de lo que decía.	La de Rumford porque se habla de la vibración o fricción en un objeto y el otro como el experimento de Davy. Rumford H. Davy Taladradora dos hielos cañón
16	Si, porque para Lavoisier el calor era una sustancia y para Rumford era una fricción o vibración. Para Lavoisier el calor si tiene peso y para Rumford no tenía peso el calor	La del conde de Rumford porque explicaba con mayor detalle el calor y tenía como referencia la fricción de una taladradora con el metal de un cañón.	La del conde de Rumford porque lo que hacía en el experimento es que se tiene que hacer fricción y lo explica con mayor detalle el conde porque su conclusión es que el calor se produce por fricción.
21	Si, en la primera el calor era una sustancia y en la segunda no. Lavoisier decía que era una sustancia.	La teoría de Lavoisier porque el sintetiza su teoría y es más fácil de explicar sin embargo Rumford investigó más a fondo pero no tiene una buena explicación.	La del conde de Rumford por el movimiento de fricción que ocurre en los cañones ya que el agua hierve sin que haya fuego.
23	Si, porque Lavoisier dice que hay una sustancia llamada "calórico" que se pasaba a los cuerpos y Rumford decía que el calor se producía por fricción.	La de Rumford porque el lo demostró con un experimento frente a un grupo de personas que comprobaron el resultado y es más creíble.	La de Rumford porque el calor según su teoría se produce por fricción y se comprobó cuando los hielos se derretían en el experimento de H. Davy.

### 1.3 Estructuras de la “teoría” “el calor es lo mismo que temperatura” antes y después de la confrontación con el experimento de Joseph Black (1760)

#### IDEA PREVIA DE TEMPERATURA

El 100% de los alumnos investigados piensan que la temperatura no es lo mismo que el calor.

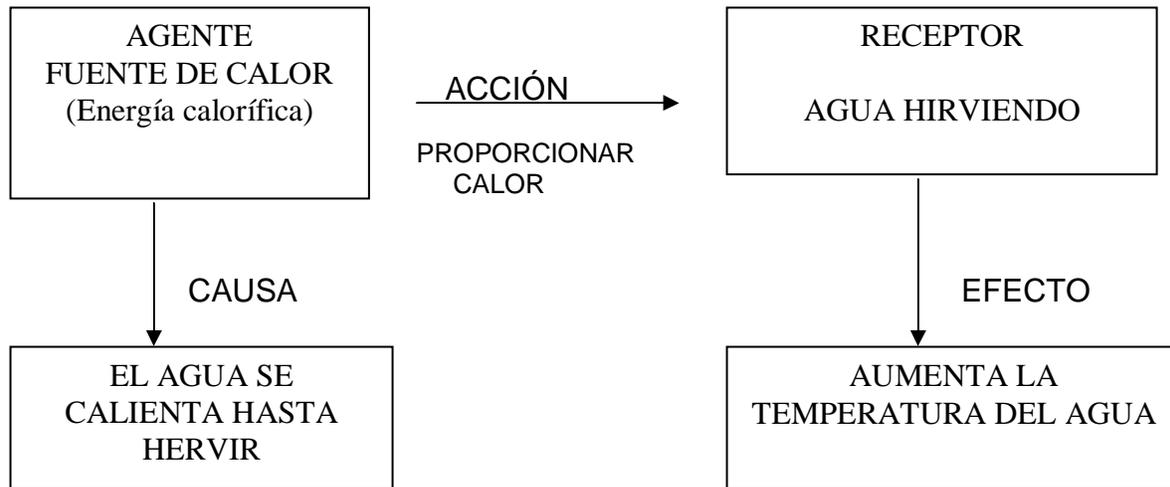


Fig. 5. Esquema de la “teoría” de temperatura antes de la instrucción. Situación de calentamiento de una sustancia. Energía calorífica como agente de calentamiento y el receptor (agua) en contacto.

#### MODELO (idea previa)

La temperatura aumenta después de que hierve el agua

## “TEORÍA” DE TEMPERATURA DESPUÉS DE LA CONFRONTACIÓN

Al confrontar la Idea Previa “El calor es lo mismo que temperatura” con el experimento de J. Black, el 58.3% de los alumnos investigados contestaron que la temperatura del agua se mantiene igual después de alcanzar su punto de ebullición y de mantenerse en la fuente de calor y el 40% afirmó que el calor también aumenta.

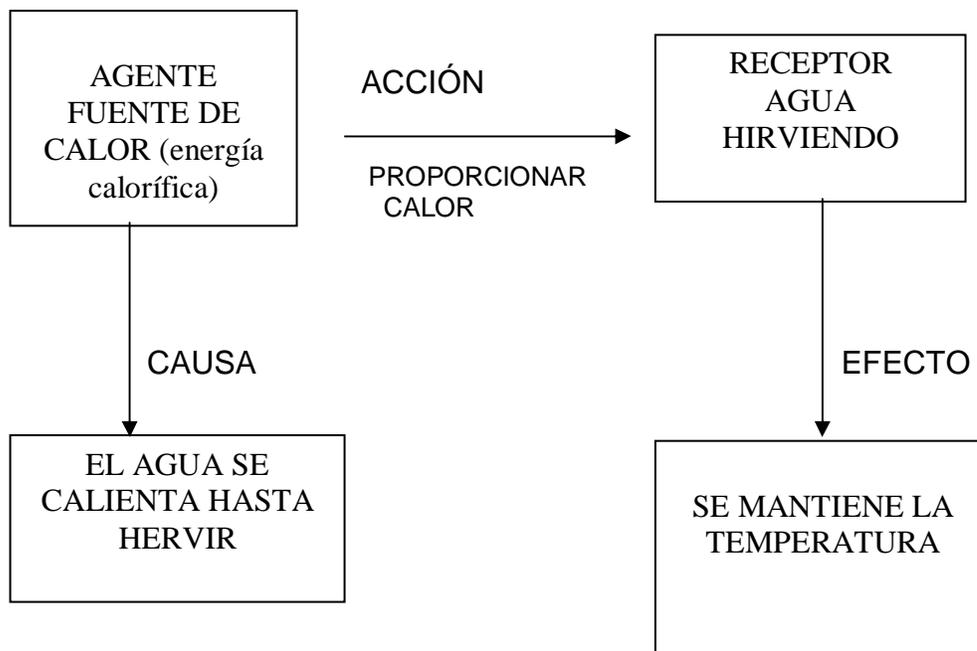


Fig. 7. Esquema de la teoría de temperatura después de la confrontación. Situación de calentamiento del agua. Energía calorífica como agente de calentamiento y el receptor (agua) en contacto.

### MODELO (después de la confrontación)

El agua después de hervir mantiene su temperatura.

## IDEA PREVIA DEL CALOR

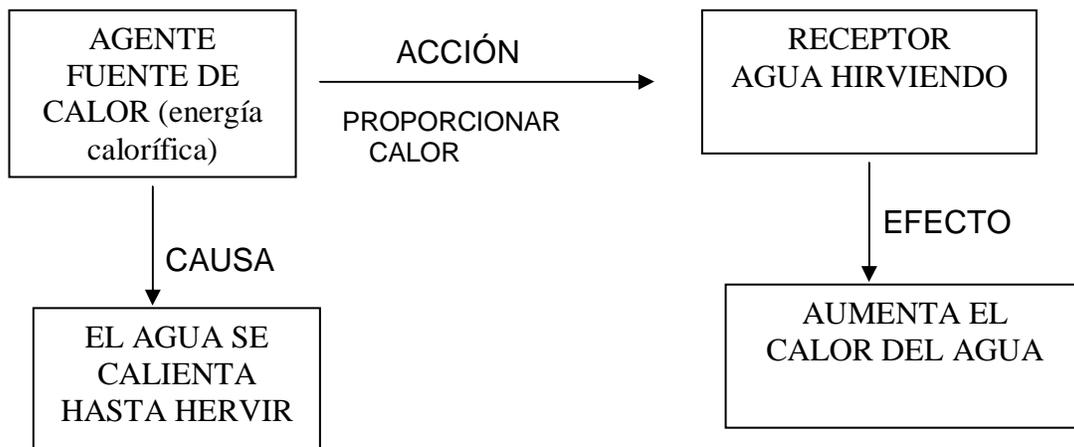


Fig. 6 Esquema de la “teoría” de calor antes de la instrucción. Situación de calentamiento del agua, la energía calorífica como agente de calentamiento y el receptor (agua) en contacto.

## MODELO

El calor aumenta después de que hierve el agua.

## ESTRUCTURA DE LA TEORÍA DE CALOR DESPUÉS DE LA CONFRONTACIÓN

El 47.3% de los alumnos (ver tabla 25), contestó que el calor aumenta después de que hirvió el agua porque “siguió absorbiendo calor”.

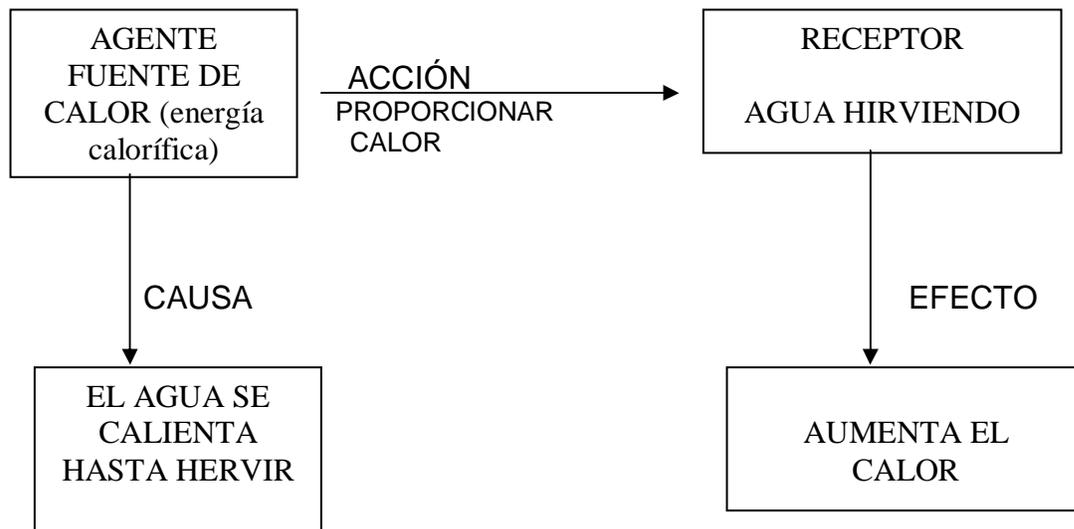


Fig. 8. Esquema de la teoría del calor después de la instrucción. Situación de calentamiento de una sustancia. Energía calorífica como agente de calentamiento y el receptor (agua) en contacto.

## MODELO (después de la confrontación)

Aumenta el calor del agua porque sigue absorbiendo calor.

**Aprendizaje:****“Extensión del campo de aplicabilidad”**

Al concluir la actividad experimental y discusión en el aula, los alumnos apreciaron que el efecto que produjo el agente en el receptor cambió para el caso de la temperatura ya que observaron que dicha magnitud se mantiene, para el caso del calor no se modificó el modelo pero se agregó una nueva explicación que fue: “el calor aumenta porque sigue absorbiendo calor”, es decir que se extendió el campo de aplicación al nuevo modelo al incorporar nuevos elementos.

## 2. Análisis de los resultados

Con respecto a la idea previa: “El calor como una propiedad de la materia”, que corresponde a la “Faceta Realista” en la historia de la ciencia (Bachelard en Mortimer 1995), en donde las explicaciones que se daban sobre el calor, estaban ligadas a la “percepción” y a relaciones de causa-efecto (causalidad material, “lo que es caliente calienta”, “lo que es frío enfría”); se encontró que el 97.2% de los estudiantes investigados (ver tabla 1 y 2; y gráficas 1 y 3), consideran que el aluminio mantiene a un objeto frío por más tiempo debido a que “el aluminio es frío y enfría” y la lana es “caliente y calienta”, al confrontar ésta idea con la actividad experimental (con materiales conductores y aislantes del calor y un objeto frío), se obtuvo que el 76.8% de los alumnos (ver tabla 15 y gráficas 2 y 4) después de la actividad, eligieron a la lana como el material que mantiene por más tiempo un objeto frío porque “la lana conserva la temperatura y el calor”.

Al analizar las estructuras de las “teorías” de los alumnos de antes y después de la instrucción, se aprecia una modificación del “modelo inicial” (ver figs. 1 y 2), aunque la nueva explicación no implica un cambio en la causalidad (“teoría”), se logra establecer una organización diferente en la estructura teórica inicial, es decir, el objeto frío que era el agente se convierte en el receptor, por lo tanto se dio el aprendizaje al que Tiberghien (1994) denomina “**cambio de roles de los objetos a relaciones causales**”, lo que significa que se estableció una nueva relación entre los objetos y el evento para ser la lana el material que conserva la temperatura o el calor a pesar de ser “caliente”, esto implica una evolución de la “faceta realista”, es decir la nueva explicación ya no está basada totalmente en la percepción. Según la autora mencionada, estos aprendizajes se dan en muchas situaciones de enseñanza, como fue el caso de los alumnos investigados.

Con relación a esta misma idea previa, en el 11.6% de la población (5 estudiantes), se detectó un cambio en sus explicaciones a nivel de “teoría”; es decir, que las respuestas después de la experimentación y la argumentación en la sesión de trabajo, estuvieron relacionadas con un cambio en la causalidad y se dio el

aprendizaje al que Tiberhein (1994) designa como: **“un nuevo modelo con relación a un nuevo nivel teórico”**.

Para este porcentaje de alumnos, en el aluminio el “frío de la canica se dispersa o se pierde” o bien “la lana es un aislante”, lo que significa, en que ya no depende de que los materiales sean “fríos” o “calientes” para “mantener” el “frío” sino que es el “calor” o el “frío” de los cuerpos el que se transfiere a través del material conductor (aluminio). La nueva interpretación del fenómeno puede ayudar a que posteriormente se entiendan las diferencias entre calor y temperatura o también para la construcción del concepto de calor como la energía que se transfiere de un cuerpo a otro por las diferencias de temperatura, es decir que se supere la “faceta realista” del concepto.

Lamentablemente éste aprendizaje sólo se dio en cinco casos.

Con relación a la idea previa: “El calor como una sustancia”, que corresponde a la “Faceta Clásica Racional” en la historia de la ciencia (Bachelard en Mortimer 1995), que se caracteriza por considerar sólo un elemento para explicar el calor de manera directa e inmediata, como es el caso de la teoría de Lavoisier (siglo XVIII), en la que el “calórico” es el único factor del que se vale el científico para explicar éste fenómeno, se encontró que, el 42.2% de los estudiantes (que representa la mayoría, ver tabla 5) consideran que el calor se “transfiere, se expande o fluye” de un cuerpo a otro y que “el calor no se produce por el movimiento de las partes que constituyen a los cuerpos” al confrontar esta idea con el experimento de H. Davy, el 60% de los estudiantes (ver tabla 14 y gráfica 5) expresaron que: *“al frotar dos bloques de hielo su temperatura no cambia”* por lo tanto no se derriten y el 82.5% de los alumnos (ver tabla 17 y gráfica 5), explicaron al concluir la experimentación que; *“con la fricción se produjo calor y se derritieron los hielos”*, es decir relacionaron al calor con la fricción, sin embargo el 5% mantuvieron la idea de que los hielos se derritieron porque se transmitieron algunas moléculas de calor (“el calor es una sustancia”) y sólo un estudiante (2.5%), logró relacionar al calor con el “rápido movimiento de las moléculas”.

Cabe mencionar que el propósito de aprendizaje de la actividad con el experimento de Davy era el que los estudiantes relacionaran al calor con la fricción, es decir, que se lograra un cambio de modelo que fuera más próximo a la teoría cinético-molecular, lo que se refiere a la concepción moderna que se tiene sobre el calor y que corresponde a la “faceta racional moderna” (Bachelard en Mortimer 1995), tal como sucedió en la historia de la ciencia. Para este fin también se presentaron a los alumnos dos teorías antagónicas del calor (de Lavoisier y Rumford), con el propósito de que eligieran una de ellas para describir los resultados del experimento de Davy. Con esta estrategia se logró que el 86.7 % de los alumnos prefirieran “la teoría del calor como producto del movimiento de las partes de los cuerpos” para explicar la producción de agua líquida durante la fricción de los bloques de hielo (ver tabla 28), ya que la mayoría de ellos dijeron que: *“la teoría de Rumford dice que el calor se produce por el movimiento, fricción o vibración”*.

Al analizar las estructuras de las “teorías” que predominan en los alumnos antes y después de la instrucción (ver fig. 3 y 4), se aprecia un cambio a nivel de modelo en el 82.5% de los casos, es decir de considerar primero (ideas previas) que *“con la fricción no se produce calor”*, que *“no cambia la temperatura”* o que *“sólo se desgastan los hielos”* (ver tabla 12) a relacionar al calor con el movimiento porque *“con la fricción los hielos se derritieron al aumentar la temperatura”* (ver tabla 17), esto no quiere decir que hay un cambio en la causalidad ya que las explicaciones no son suficientes para considerar que el nuevo modelo se construyó con base a un nuevo nivel teórico, que sería que los estudiantes relacionaran la producción de calor con un incremento en la energía cinética de los cuerpos producto de la interacción de los sistemas físicos ( los bloques de hielo).

La construcción del nuevo “modelo”, corresponde al aprendizaje llamado **“nuevas relaciones semánticas entre el modelo y el campo de aplicabilidad”** (Tiberghien 1994), en donde se aprecia un cambio a nivel del efecto que provoca el agente (fricción) en el receptor (bloques de hielo), ya que los hielos a pesar de ser “fríos” se

derriten con la fricción, y se establece una nueva relación entre el modelo y su aplicación a la nueva explicación del fenómeno observado.

Con relación a la idea previa: “El calor es lo mismo que la temperatura” (siglo XVIII), que corresponde a lo que Bachelard (en Mortimer 1995) denomina “Faceta Empirista”, que tiene que ver con las mediciones de los diversos grados de “caliente” y “frío”. En esta etapa se consideraba al calor y a la temperatura como una misma “entidad física”, para esto se diseñaron diversos instrumentos (termómetros) que medían la cantidad de calor más no su intensidad.

Fue en el año de 1760 que el químico escocés Joseph Black a través de sus investigaciones intenta por primera vez acabar con éste sincretismo conceptual, lo que lo lleva a construir el concepto de “calor latente”, aportación muy importante para diferenciar el calor de la temperatura ya que al proporcionar calor a una sustancia después de que alcanza su punto de ebullición su temperatura no cambia pero su calor aumenta (calor latente), el que es requerido para el cambio de estado. Al explorar esta idea previa, se encontró que el 97.8% (ver tabla 10) consideran que “si hay diferencia entre calor y temperatura” y el 77.8% (ver tabla 11 y gráfica 7) argumentaron que esta diferencia obedece a que “el calor se siente, que es una medida subjetiva y no es una magnitud”, en cambio “la temperatura es una magnitud que se mide con el termómetro”, además de que el 66.7% de los estudiantes (ver tabla 8) piensa que al proporcionarle calor al agua después de que alcanza su punto de ebullición su temperatura aumenta y el 40% dice que su calor también aumenta (ver tabla 9).

Al confrontar ésta idea con el experimento de Joseph Black, se obtuvo que el 91.7% (ver tabla 26) de la población contestó que la temperatura y el calor no son lo mismo, y el 83.3% (ver tabla 27 y gráfica 8) explicaron que la diferencia consiste en que “el calor es energía que se puede sentir” y “la temperatura es una magnitud objetiva”, el 58.3% (ver tabla 24) dijeron que al mantener el agua en la fuente de calor después de que alcanzó su punto de ebullición “su temperatura se mantiene” y el 47.3% (ver tabla 25) dijo que, “su calor aumenta porque siguió absorbiendo

*calor*”, el 38.8% argumentó que, *“el calor se mantuvo porque llegó a su máximo de calor o punto de ebullición”*.

Al analizar las estructuras de las “teorías” que predominan en las respuestas de antes y después de la experimentación (ver figs 5,6,7 y 8) nos damos cuenta que primero los alumnos consideraban que el agente (fuente de calor) al impactar al receptor (agua hirviendo) produjo el efecto de un aumento tanto de temperatura como de calor (al conservarse el agua en la fuente de energía calorífica después de que alcanza su punto de ebullición), al concluir la actividad experimental y las discusiones en los equipos docente-alumnos, los alumnos apreciaron que el efecto que produjo el agente en el receptor cambió para el caso de la temperatura ya que observaron que dicha magnitud se mantiene, para el caso del calor no se modificó el modelo pero se agregó una nueva explicación que fue: *“el calor aumenta porque sigue absorbiendo calor”*.

Por lo tanto, en las respuestas de la mayoría de los alumnos después de la experimentación, se observan nuevos elementos para justificarlas, aunque la mayoría de ellos mantuvieron la idea de que la diferencia entre calor y temperatura se debe a que *“el calor es subjetivo, que sólo se siente”* y que *“la temperatura si se puede medir”* (es una magnitud), sin embargo se puede considerar aprendizaje la incorporación al modelo de los nuevos elementos mencionados, esto significa que se apreció un cambio en el efecto que provoca el agente (fuente de calor) en el receptor (agua hirviendo), siendo el efecto; mantener la temperatura y aumentar el calor, es decir de *“la temperatura aumenta”* a *“la temperatura se mantiene”* y *“el calor aumenta porque sigue absorbiendo calor”*, aunque los alumnos no alcanzaron a relacionar éste fenómeno con un cambio de estado se lograron nuevas explicaciones.

Por otro lado es posible que el experimento de Black pueda servir para que más adelante las ideas de los alumnos evolucionen hacia el concepto de “calor latente”. De acuerdo con Tiberghien (1994) el aprendizaje que se dio en los alumnos corresponde a la **“extensión del campo de aplicabilidad”**, ya que con la

incorporación al nuevo modelo de nuevos elementos se extendió el campo de aplicabilidad a la nueva situación.

Dadas las respuestas de la mayoría de los alumnos se les preguntó a que se referían cuando decían que *“el calor era una magnitud subjetiva”* y *“la temperatura objetiva”* y contestaron que en la clase de física vieron que la diferencia entre calor y temperatura se debía a que el calor se siente, por lo tanto es “subjetivo” y no se puede medir (cuando se mide es objetivo) y la temperatura se mide con el termómetro. Es posible que ésta explicación que se les dio a los alumnos en la clases anteriores y que está ligada a la percepción e intuición, no alteró su ecología conceptual y aunque tuvieron la oportunidad de trabajar en el laboratorio escolar con el “experimento de Joseph Black” , no se logró que los alumnos reflexionaran más sobre la “evidencia empírica” y se acercaran más al conocimiento de que el calor no sólo se siente, sino que también es una magnitud física que se puede medir.

### **XIII. EVALUACIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA**

Antes de presentar la evaluación de la secuencia didáctica es importante recordar que los aprendizajes fueron valorados bajo los aspectos propuestos por Tiberghien (1994), (ver capítulo XII) y que fueron también considerados para la evaluación de la propuesta.

La evaluación de la secuencia se realizó mediante el desarrollo de tres fases:

1. Sistematización de la información
2. Construcción de categorías de análisis
3. Interpretación de la información

#### **1. Sistematización de la información**

##### **1.1 La videograbación de las sesiones de trabajo**

Para tener evidencia de las actividades que se realizaron con los alumnos, se videograbaron las ocho sesiones de trabajo, mismas que se transcribieron para analizarse de acuerdo a los criterios previamente establecidos e interpretar el papel de los actores en el momento de la aplicación de la propuesta y de esta manera evaluarla en sus tres etapas: detección de ideas previas, confrontación de ideas previas, evaluación de los aprendizajes.

##### **1.2 La transcripción de la videograbación**

Para transcribir las sesiones de trabajo, se organizó la información en una tabla de tres columnas con los encabezados correspondientes a: Docente, Alumnos e Interpretación, (ver anexo 6).

En la primera columna (la del docente), se anotaron las acciones de la profesora durante la aplicación de la secuencia, lo mismo se hizo para la de los alumnos y la tercera columna se destinó para la interpretación de las acciones docente-alumnos.

## **2. Construcción de categorías de análisis**

Las categorías de análisis se establecieron bajo dos perspectivas; la tradicional y la constructivista:

La perspectiva tradicional se refiere al empleo de estrategias en donde el docente no propicia las condiciones para que se revisen, se reflexionen y se confronten las ideas previas y por lo tanto los alumnos son pasivos ante el aprendizaje.

La perspectiva constructivista se refiere al empleo de estrategias en donde el docente fomenta la evocación de las ideas previas y la confrontación de las mismas en el campo de la experimentación con el propósito de generar situaciones de conflicto para propiciar mediante la argumentación y discusión, la revisión, el análisis y la reflexión de las “teorías” iniciales, por lo tanto el alumno se muestra constructivo ante el aprendizaje.

A continuación se enuncian las categorías de análisis que se establecieron para la evaluación de la secuencia didáctica bajo las perspectivas tradicional y constructivista:

- Papel del docente
- Papel del alumno
- Actividades didácticas

## **3. Interpretación de la información**

Se refiere a la identificación de las acciones correspondientes a las categorías de análisis (tradicional y constructivista).

### 3.1 El papel del docente y de los alumnos

A continuación se mencionan algunos ejemplos de las acciones de la docente y alumnos que dan cuenta de su papel durante la instrucción (ver anexo 6):

#### SIMBOLOGÍA

A- alumno Als- Alumnos T- Estrategia tradicional C- Estrategia Constructivista IP- Ideas

Previas AP- Aprendizaje

PA- Papel del alumno PD- Papel del docente

#### Durante la actividad con materiales conductores y aislantes:

DOCENTE	ALUMNOS	INTERPRETACIÓN
La maestra con un equipo, pregunta: ¿Ya discutieron lo que percibieron?	Als- Si A1- Aquí sentimos que la canica en la lana está más fría que en el aluminio	<b>PD-</b> Propicia la discusión entre los alumnos. <b>PA-</b> Su respuesta corresponde a lo esperado ya que la canica se conserva más fría en la lana.
¿Por qué crees que en este material se mantiene la canica por más tiempo fría?	A1 – por que tiene más salida de aire.	<b>PD-</b> Con estrategia que fomenta la explicación. <b>PA-</b> reflexivo
¿Más salida de aire?	A1- Si porque aquí como que la canica estaba comprimida y no había entrada de aire.	<b>PA-</b> explicativo
Y el aire ¿cómo está con respecto a la canica, frío o caliente, el aire está más frío que la canica?	A1 - No	<b>PD-</b> Fomenta la reflexión.
Recordemos que fue lo que ustedes contestaron en el primer cuestionario, cuando les preguntaba ¿en qué material se conservaría por más tiempo una canica fría?	Als – En el aluminio.	<b>PD-</b> Promueve la explicación partiendo de las ideas previas.

### 3.1.1 El papel del docente y de los alumnos en una plenaria de discusión

La plenaria se llevó a cabo al concluir el trabajo experimental en el laboratorio (ver anexo 6), durante la discusión sobre el trabajo experimental de H. Davy después de confrontar la idea previa: “el calor es una sustancia”

DOCENTE	ALUMNOS	INTERPRETACIÓN
¿Por qué se derritieron? (refiriéndose a los bloques de hielo)	Als- por la fricción	<b>PD-</b> Fomenta la explicación. <b>PA-</b> C, explicativo
¿Qué es la fricción?	Als- Genera calor Als- Es movimiento Als- Es transferencia de calor o energía	<b>PD-</b> Fomenta la reflexión. <b>PA-</b> da explicación producto de su reflexión.
¿Sólo con la fricción se produjo calor?	Darío- Muy lentamente pero al final de cuentas cambiaron de estado.	<b>PD-</b> Fomenta la reflexión. <b>PA-</b> Expone su idea usando su experiencia en el laboratorio.
	Gabriel se dirige a todo el grupo y pregunta: ¿Si habrá dos cosas que al friccionarse no se caliente o se mantenga su temperatura? Als- No hay Roberto- Hielo seco, nitrógeno líquido.	<b>PD-</b> Permite la participación espontánea de los alumnos. <b>PA-</b> Explora el pensamiento de sus compañeros a través de plantearles una situación sobre los fenómenos observados durante la experimentación. <u>IP2- el hielo seco y el nitrógeno líquido no producen calor al friccionarse.</u>
¿Con qué podremos friccionar nitrógeno líquido?	Als- No se puede	<b>PD-</b> Aprovecha la participación espontánea y los ejemplos de los alumnos para plantearles una nueva situación que ayuda al aprendizaje.

### 3.2. Actividades didácticas

Se consideraron los siguientes aspectos para la evaluación las actividades didácticas:

- Detección de ideas previas (“teorías” y “modelos”)
- Confrontación y/o uso de las ideas previas
- Situaciones de conflicto
- Discusión y argumentación
- Actividades experimentales
- Logros (aprendizajes)

#### 3.2.1 Detección de Ideas Previas

A continuación se da cuenta de algunas ideas previas que se detectaron durante la actividad experimental con materiales conductores y aislantes del calor y el experimento de Humpry Davy (ver anexo 6):

#### Durante la actividad con materiales conductores y aislantes del calor:

DOCENTE	ALUMNOS	INTERPRETACIÓN
...¿Cómo se conduce el calor?	A2– Absorbe la energía que contiene el agua.	<u>IP1 – “el calor se conduce por absorción”</u>
Pero la absorbe, ¿Cómo?, ¿Qué hay ahí en medio para que se absorba?	A3– Pueden ser ondas. A2 – Por las moléculas.	<u>IP2- “el calor se transfiere por ondas o moléculas es decir un mediador es invocado”</u>
¿Qué pasa con las moléculas?	A2 – Se adhieren a la cuchara las moléculas del agua caliente.	<u>IP3- “el calor es una sustancia que pasa a los cuerpos”</u>

### 3. 2.2 Confrontación y/o Uso de las Ideas Previas

Las ideas previas fueron confrontadas con actividades experimentales (extraídos de la historia de la ciencia) a partir de la segunda sesión de trabajo (ver anexo 6).

#### Confrontación de la idea previa “el calor es una sustancia con el experimento de Humphry Davy:

DOCENTE	ALUMNOS	INTERPRETACIÓN
Con el equipo de “pumitas” ¿Qué harían para realizar el experimento? (refiriéndose al experimento de Davy)	Karla- Podríamos usar cubos de hielo, pinzas de presión y una hielera, con las pinzas tomaríamos los bloques de hielo y frotaríamos los hielos.	PD- C propicia la creatividad. PA- C, creativo
Con el equipo de “las insuperables” Haber Cecilia ¿Qué comentaban?	Cecilia- Al frotar los hielos queremos saber si están a la misma temperatura pero <u>si los tocamos se van a empezar a derretir.</u>	PD- C, con estrategia de interrogatorio. PA- C, expone sus ideas previas. IP- <u>si tocamos los hielos con las manos se van a empezar a derretir.</u>
¿Por qué se van a empezar a derretir?	Cecilia- porque les proporcionamos calor con las manos porque nuestra temperatura corporal es mayor que la del hielo.	PD- C, fomenta la explicación. PA- C, explicativo.
¿Y cómo es que esa temperatura se trasmite hacia el hielo?	Dulce- Por el movimiento de las moléculas y por que el calor es energía, entonces como energía tiene ciertas moléculas que empezarán a moverse de las manos a los cubos de hielo.	PD- C propicia la reflexión. PA- C- reflexivo.
¿Qué materiales usarían?	Als- Pinzas de seguridad y dos cubos de hielo.	
Y donde los pondrás para mantenerlos a temperatura de congelación.	Als- No sabemos	

### 3.2.3. Situaciones de Conflicto

Se lograron promover situaciones de conflicto durante la instrucción, como son las que se dieron durante la actividad con materiales conductores y aislantes (ver anexo 6).

#### Situaciones de conflicto durante la actividad con materiales conductores y aislantes del calor:

DOCENTE	ALUMNOS	INTERPRETACIÓN
La maestra pregunta: ¿Ya discutieron lo que percibieron?	Als- Si A1- Aquí sentimos que la canica en la lana está más fría que en el aluminio	PA- Explica
¿Por qué crees que en este material se mantiene la canica por más tiempo fría?	A1 – por que tiene más salida de aire.	PD- propicia las condiciones para generar un conflicto.
¿Más salida de aire?	A1- Si porque aquí como que la canica estaba comprimida y no había entrada de aire.	
Y el aire ¿cómo está con respecto a la canica, frío o caliente, el aire está más frío que la canica?	A1 - No	PD- La docente <u>propicia el conflicto</u> .
Recordemos que fue lo que ustedes contestaron en el primer cuestionario, cuando les preguntaba ¿en qué material se conservaría por más tiempo una canica fría?	Als – En el aluminio.	PD- La docente promueve la explicación haciendo referencia a sus ideas previas sobre este aspecto.
Pero ahora vemos que no, ¿Qué pasó?	A1- Que la lana toma la temperatura de la canica.	
¿Si?, ¿por qué?	A2- Porque el aluminio contrae más el calor. A3 – y la lana conserva la energía de la canica	

### 3.2.4. Discusión y Argumentación

La discusión y argumentación de las ideas de los alumnos se promovieron en plenarias de discusión (ver anexo 6), a continuación se mencionan algunos ejemplos al finalizar la parte experimental con materiales conductores y aislantes y con el experimento de Humphry Davy:

DOCENTE	ALUMNOS	INTERPRETACIÓN
La maestra se dirige a todos y les dice: "Vamos a tener una discusión sobre los resultados, lo que podemos concluir entre todos ya que surgieron muchas dudas a raíz de estos experimentos, ¿Me pueden decir en qué material la canica se mantuvo por más tiempo fría?"	A1 – En el aluminio. A2 – En la lana. A1 – Llegamos a un acuerdo que fue que en el aluminio porque...A3 Porque en el papel aluminio se conserva el frío o la temperatura de la canica ya que la lana tiene más poros la tela tiene ciertos orificios tal vez penetre el aire y al mismo tiempo la canica se va calentando.	PD- Promueve la exposición de los nuevos conocimientos para compararlos con los demás. PA- Activos, argumentativos, exponen sus nuevos conocimientos a todo el grupo mediante la descripción y reflexión de sus resultados.
...pero el aire con respecto a la canica, ¿Qué está más frío, el aire o la canica?	A3 – El aire A4 – El metal conserva más el frío. A5 – Porque el metal guarda la energía. Als – El metal es un conductor. A6 – Se supone que el metal es un conductor.	PD- Cuestiona los resultados de la experimentación para aclarar los nuevos conocimientos. PA- Exponer sus conocimientos con más explicaciones.
¿Por qué dices que la canica se mantiene por más tiempo fría en el metal?	A3 – Porque <u>el aluminio es un metal y conserva más el frío.</u> Als – No	PD- Indaga más sobre nuevos conocimientos. PA- da explicaciones.
¿Qué pasó cuando pusiste la cuchara en agua caliente?, ¿Cuál se calentó más rápido?	A3- la de metal	La docente averigua los resultados de la segunda actividad para conectarlos con las nuevas explicaciones.
Entonces ¿porqué dices que los metales mantienen más tiempo el frío?, ahí hay una contradicción.	A3 – Porque el metal guarda la energía. Als – No, es un conductor. El alumno 3 está muy confundido, tiene un verdadero conflicto.	La docente enfrenta las teorías de los alumnos con los resultados de la experimentación, <u>provocando un conflicto en el alumno 3.</u> <u>El alumno se enfrenta a su conflicto.</u>

### 3.2.4 Logros (aprendizajes)

A continuación se exponen algunos aprendizajes detectados durante la lectura de “dos teorías acerca del calor” (de Lavoisier y del Conde de Rumford, ver anexo 6):

DOCENTE	ALUMNOS	OBSERVACIONES
<p>La maestra pregunta:            ¿Para Lavoisier tenía peso el calor?            ¿Para Rumford?            ¿Hay diferencia entre la teoría del calor de Lavoisier y de Rumford?</p>	<p>Als- Si            Als- No            Als- Para Lavoisier era un fluido liviano, para Rumford era movimiento.</p>	<p>La docente propicia que los alumnos identifiquen las diferencias entre las dos teorías y con esto logra también evocar más ideas previas.  <u>Aprendizaje</u> los alumnos logran establecer correctamente una diferencia entre las dos teorías del calor.</p>
<p>Rumford dice que el calor se produce por el movimiento.</p>	<p>A3- Tiene razón            Esta respuesta del alumno 3 no fue escuchada por la maestra durante la sesión sino hasta que se revisó el video.</p>	<p>La docente recurre a los argumentos de Rumford para que los alumnos también relacionen el movimiento con el calor.  <u>Aprendizaje</u> el alumno logra relacionar muy bien el calor con el movimiento.</p>
<p>La maestra explica el experimento de Rumford de la taladradora operada con caballos y les dice a los alumnos que: “giraba tan rápido la taladradora que hervía el agua sin prender ningún fuego, esto asombró a sus espectadores y preguntó ¿Por que hierve el agua?”.</p>	<p>A4- Por el movimiento de fricción del metal contra el agua.</p>	<p><u>Aprendizaje</u> este alumno logra relacionar al calor con el movimiento.</p>
<p>Yo no sé si en el metal de Rumford había calórico, ¿Qué fue lo que provocó en el experimento de Rumford que hirviera el agua?</p>	<p>A5- el movimiento</p>	<p>La docente adopta una actitud imparcial para que los alumnos de acuerdo a sus nuevas construcciones incorporen a sus explicaciones el nuevo conocimiento.  <u>Aprendizaje</u> el alumno relaciona el calentamiento con el movimiento. Para esto recurre a la teoría de Rumford.</p>

### 3.3. Resultados de las actividades didácticas

A continuación se presentan valores extraídos de la transcripción de la secuencia didáctica (ver anexo 6) con la intención de dar una “visión cuantitativa” de la situación general de las actividades.

PAPEL DE LA DOCENTE DURANTE LAS ACTIVIDADES DIDÁCTICAS:	FRECUENCIAS (Número de veces que ocurrió el evento durante la instrucción)
Indagó las ideas previas	17
Detectó las Ideas previas durante la instrucción	20
Confrontó las ideas previas (durante la experimentación o mediante la argumentación)	9
Propició la experimentación	10
Creó situaciones de conflicto	7
Promovió la discusión en los equipos de trabajo	5
Promovió la descripción y explicación de los fenómenos observados	25
Fomentó la reflexión sobre las ideas de los alumnos	11
Promovió la explicación de los nuevos conocimientos (aprendizajes)	15
Adoptó una actitud tradicional	5

Tabla 28. Papel de la docente durante las actividades didácticas.

PAPEL DE LOS ALUMNOS DURANTE LAS ACTIVIDADES DIDÁCTICAS:	FRECUENCIAS (Número de veces que ocurrió el evento durante la instrucción)
Expusieron sus ideas previas	20
Describieron los fenómenos observados	5
Explicaron los fenómenos observados	19
Reflexionaron sobre sus ideas	9
Participaron activamente durante la experimentación	5
Expusieron sus nuevos conocimientos	26

Tabla 29. Papel de los alumnos durante las actividades didácticas.

Como puede apreciarse en la tabla 28 ; en general la docente logró evocar las ideas previas de los alumnos y éstas a su vez las confrontó con experimentos importantes extraídos de la historia de la ciencia, procurando crear las condiciones para generar “situaciones de conflicto” con lo que se promovieron los aprendizajes.

Con respecto a las estrategias de enseñanza tradicionales, la docente las empleó en ciertos casos, a continuación se enuncian algunas con el propósito de ilustran el empleo de dichas estrategias (ver anexo 6):

- Al preguntar a los alumnos sobre: ¿Qué harían para reproducir el experimento de Humphry Davy? en lugar de promover la indagación.
- Al no dar oportunidad a los alumnos de ser ellos los que armaran el dispositivo para experimentar con la fricción de los bloques de hielo (el calor como producto de la fricción).
- Al leerle a los alumnos una parte de la lectura de “dos teorías acerca del calor” en lugar de dejarlos que ellos lo hicieran.
- Al leer a los alumnos las conclusiones a las que llegó el Conde de Rumford, en lugar de que ellos fueran los que las determinaran.

En cuanto a la actitud de los estudiantes durante las sesiones de trabajo (ver tabla 29), la mayoría de ellos respondieron activamente durante la instrucción y dieron explicaciones ante las situaciones de fenómenos térmicos que se les plantearon exponiendo de esta manera sus ideas previas, que posteriormente lograron confrontar en el campo de la experimentación, lo que generó en algunos de ellos un desequilibrio en su pensamiento (“conflicto cognitivo”) con lo que fue posible obtener algunos aprendizajes, de los cuales ya se dieron cuenta en las esquemas de las estructuras de las “teorías” de los alumnos (ver capítulo XIII).

#### **XIV. CONCLUSIONES**

El conocimiento del desarrollo histórico de los conceptos de calor y temperatura permite realizar su reconstrucción racional, la que se puede aprovechar para que los estudiantes de secundaria interpreten los pasos dados por los científicos en la elección de nuevas teorías. También permite presentar a la ciencia como una actividad que apoya la revisión y sustitución de las “teorías”, las que se consideran en varios libros de texto como verdades inmutables, lo que propicia en los estudiantes el aceptar los cambios como parte necesaria del progreso científico, lo que implica una modificación constante de las teorías y modelos que constituyen nuestras explicaciones actuales sobre el mundo. Éste conocimiento de cómo evoluciona la ciencia proporciona también a los estudiantes los elementos cognitivos para reflexionar sobre sus propias ideas.

La historia de la ciencia es una fuente de información valiosa para la planeación de la enseñanza y el diseño de las secuencias didácticas, su conocimiento ayuda a determinar las características de los concepto en su nivel más elemental y su grado más alto de desarrollo.

Es posible identificar las “teorías” iniciales de los alumnos sobre el calor y la temperatura, usando como eje las ideas y los experimentos trascendentales registrados en la historia de la ciencia que propiciaron los rompimientos en los esquemas conceptuales del pensamiento científico.

La “Modelización”, es una perspectiva útil para la enseñanza y aprendizaje de los conceptos del calor y la temperatura, ya que como lo menciona Tiberghien (1994) los estudiantes al igual que los científicos también construyen “teorías” que expresan a través de “modelos” para describir y explicar el mundo material, por lo que la evolución de sus ideas previas corresponde a cambios en sus “modelos” iniciales (que se dio en la mayoría de los estudiantes), es decir en las modificaciones que se presenten a nivel de objetos y eventos o también los que se dan a nivel de teoría, como fue el caso de cinco estudiantes (de la población

estudiada) al experimentar con materiales conductores y aislantes del calor y que correspondiera a la primera actividad experimental donde confrontaron la idea previa “lo que es frío (aluminio) enfría”.

Los trabajos experimentales de: Humphry Davy (1799) y Joseph Black (1760) como recursos didácticos permitieron poner en “crisis” las “teorías” de los alumnos con lo que se promovieron nuevas explicaciones con respecto a los fenómenos térmicos planteados, por lo que al final no se trató de comparar los conceptos de los alumnos y los construidos por la ciencia sino de distinguir diferentes tipos de aprendizaje con relación a los niveles implicados en la modelización.

Otro recurso didáctico que fue de gran utilidad para este trabajo, fue el de presentarles a los alumnos dos puntos de vista rivales sobre la concepción del calor: “La teoría del calórico” de Lavoisier y “La teoría del calor como producto del movimiento de las partes que constituyen a los cuerpos” del Conde de Rumford, esto se hizo con la intención de que los alumnos se apoyaran en una u otra teoría para explicar el fenómeno del calor, lo que les ayudó a que reflexionaran sobre sus propias ideas al conocer dos enfoques diferentes que lo explicaron.

La mayoría de los aprendizajes se dieron en cambios a “nivel modelo”, es decir, se presentaron modificaciones en la organización de los objetos y eventos que constituyen a las estructuras teóricas, lo que se puede considerar como una evolución de las ideas previas de los estudiantes, con lo que se concluye que dicha evolución se puede propiciar usando los mismos principios que guiaron el desarrollo del conocimiento científico ya que al analizar los niveles ontológicos por las que atravesaron éstos conceptos, se apreció que su progreso se debió a los cambios en los modelos que favorecieron la construcción actual del concepto del calor que corresponde a la perspectiva teórica “cinético-molecular de la materia.

Una meta importante para la enseñanza de la ciencia debe consistir en diseñar actividades que propicien el cambio de un nivel de conocimiento a otro “superior” y

que los estudiantes se hagan conscientes de los cambios, esto sólo se puede lograr si los profesores de secundaria cambian el enfoque epistemológico que tienen sobre la ciencia y se preparan más para tener acceso al conocimiento de las metodologías con enfoque constructivista que ayudará a que sus alumnos transformen sus interpretaciones del mundo para acercarse a las interpretaciones de los científicos con lo que se posibilita una mejor integración del conocimiento de la ciencia y les proporcionará también una gran satisfacción al sentirse los constructores de su conocimiento.

Finalmente lo que se propuso en éste trabajo como estrategia de enseñanza para la promoción de los aprendizajes de los conceptos del calor y la temperatura fue partir de las ideas previas de los estudiantes para ponerlas en crisis con actividades experimentales diseñadas bajo un criterio histórico, el que nos permitió explicar el origen de los conceptos de calor y temperatura a partir de sus fundamentos teóricos y de sus prácticas experimentales más importantes. Con ésta metodología se promovieron los diferentes aprendizajes que se detectaron al observar los cambios “sutiles” que se presentaron en las estructuras de las “teorías” iniciales de los alumnos, con lo que se puede considerar que la perspectiva constructivista fue la que predominó durante la aplicación de la propuesta ya que en general la docente logró evocar las ideas previas de los alumnos las que consiguió poner en “crisis” con los experimentos de Humphry Davy (1799), Joseph Black (1760) y el de Benjamín Thomson Conde de Rumford (1796).

En cuanto al papel de los alumnos, la mayoría de ellos respondieron activamente durante la instrucción ya que dieron explicaciones ante las situaciones de fenómenos térmicos que se les plantearon exponiendo de esta manera sus ideas previas, que confrontaron en el campo de la experimentación con lo que fue posible obtener distintos aprendizajes.

## XV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alemañ, B., Rafael, A. y Pérez J. (2000), "Enseñanza por cambio conceptual de la física clásica a la relatividad" en Enseñanza de las Ciencia, 18 (3), 463-471.

Arnold, M. & Millard, R. (1996). Learning the scientific "story": A case study in teaching and learning of elementary Thermodynamics. Science Education, 80 (3), 249-281.

Asimov, I. (1986) "Introducción a la Ciencia", Ed. Plaz & Janes, México.

Asimov, I. (2003) "Momentos Estelares de la Ciencia", Ed. Alianza, Madrid España.

Asimov, I. (2003) "Grandes Ideas de la Ciencia", Ed. Alianza, Madrid España.

Asimov, I. (2006) "Breve Historia de la Química", Ed. Alianza, Madrid España.

Bachelard, G. (2000) "La formación del espíritu científico", México, Siglo XXI.

Bernal, J. (1981) "La ciencia en la historia", Ed Nueva Imagen, México.

Bello, S. (2004) "Ideas previas y cambio conceptual", Educación Química 15 (3), jul-sep.

Bonilla, M. X. (2003) "Concepciones epistemológicas de aprendizaje y evaluación de los docentes de ciencias naturales de la Escuela Normal Superior de México", Tesis de maestría en Pedagogía, UPN.

Cazden, C. (1991), "La Conversación entre Iguales", 135-157, en Cazden, C. "El Discurso en el Aula. El Lenguaje de la Enseñanza y del Aprendizaje, Ed. Paidós, Barcelona España.

Cetto A. M., *et al*, (1977) "Acerca de la física", México, Trillas.

Colombo, L. (1988) "Física Básica: Incidencia de la instrucción sobre los errores conceptuales" en Enseñanza de la Ciencia, vol. 6,2, p. 156-160.

Chamizo, J., *et al* (1997), "Libro para el maestro educación secundaria", Física, Subsecretaría de Educación Básica y Normal, SEP, México.

Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A., (1989), "Ideas científicas en la infancia y la adolescencia", Ed. Morata, Madrid, España.

Driver, R. (1994) "Dando sentido a la ciencia en secundaria" Visor, Madrid, España.

Doc. web: <http://www.ideasprevias.cintrum.unam.mx:2048/estrategia.htm>

Duschl, R. (2000) "Renovar la enseñanza de las ciencias", Madrid, narsea.

Fernández, D., (1988) "Enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales", en Padhía Desarrollo; num.47, abril, p. 18-20.

Flores, F., y Gallegos L., (1993) "consideraciones sobre la estructura de las teorías científicas y la enseñanza de la ciencia", en Perfiles Educativos, num.62, UNAM, p. 24-30

Flores, F., (1999), "Estructuras y procesos de inferencia e las ideas físicas de los estudiantes: modelos semiformalizados sobre las ideas previas. Tesis doctoral en Pedagogía Fac. de Filosofía y Letras, UNAM.

Flores, F. y Aguirre, M. (2003) "Educación en física", México, Universidad Autónoma de México".

Flores, F. (2004), "El cambio conceptual: interpretaciones, transformaciones y perspectivas, Educación en Química.

Gagliardi, R. y Giordan, A. (1986) "La historia de las ciencias una herramienta para la enseñanza" en enseñanza de las ciencias 4 (3) 253-258.

Gagliardi, R. (2000) "Como utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias, 18 (1), 105-112.

Gallegos, L. (1988) "Formación de conceptos y su relación con la enseñanza de la física. Tesis de maestría, Facultad de Filosofía y Letras UNAM.

Gallegos, L. (2002) "Comparación entre la evolución de los conceptos históricos y de las ideas de los estudiantes: Modelo de estructura de la materia", tesis de doctorado en Pedagogía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM.

García, Barneto, A. y Barrios V., (1993) "Evolución del conocimiento Físico", vol. 11,2, p. 115-124.

García-Colín, L. (2003), "De la Máquina de Vapor al Cero Absoluto", La ciencia para todos No. 5, SEP, FCE, México.

Gergen, K. (1995) Constructivism Philosophical & Epistemological Foundation, en <http://www.stemnet.nf.ca/~elmurphy/emurphy/cle2.html>

Gil, D. (1993) "Contribución de la historia y la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación, en Enseñanza de las Ciencias, vol.11, 2, p.197-212.

Glaserfeld, E. von (1995) "Introducción al constructivismo radical" en Watzlawick P. "La realidad Inventada", ¿Cómo sabemos lo que queremos saber?, Ed. Gedisa Buenos Aires.

Hernández, P. (1997), "Construyendo el Constructivismo: Criterios para su Fundamentación y su Aplicación Instruccional", La construcción del conocimiento escolar, en Rodrigo, J.M. y Arnay J. Paidós.

Hernández, M. y Prieto, J. L. (2000) "Un currículo para el estudio de la historia de las ciencias en secundaria" en Enseñanza de las ciencias, 18 (1), 105-112.

Jeans, J. (1986), "Historia de la física hasta mediados del siglo XX" Fondo de Cultura Económica, México.

Klinger y Vadillo (2000), "Psicología Cognitiva Estrategias en la Práctica Docente" Mac Graw Hill, México.

Kuhn, T. (1986) "La estructura de las revoluciones científicas", México, Fondo de Cultura Económica.

Kuhn, T. (1989) ¿Qué son las Revoluciones Científicas?, Ediciones Paidós Barcelona, España.

Lijnse y Klaassen, (2004) "Didactical Structures as an outcome of research on teaching – learning sequences? International Journal vol. 26, No.5 pp 537-554.

Machold, D. (1992) "Is Physics Worth Teaching?" Science Education num. 1 p. 301-311.

Murphy, E. "Constructivist Learning Theory", <file:///A> Constructivist Learning Theory 2.htm

Moreno, A. (2000) "La historia de la ciencia: ¿Saber útil o curiosa complemento?" en Alambique didáctica de las ciencias experimentales, num. 24 abril.

Miravete, N., (1998) "Sobre la enseñanza de las ciencias", en Padhía Desarrollo, num. 47, abril, p. 10-11.

Martínez R. "Educación Científica", (1998) en Padhía Desarrollo, num.47 abril, p.14-15.

Macedo, B. y Soussan, G. (1985) "Estudio de los conocimientos preadquiridos sobre las nociones de calor y temperatura de alumnos de 10 a 15 años", en Enseñanza de las Ciencias, vol.3, 2, p. 83-91.

Martínez, J. (1884) "Bibliografía comentada sobre la resolución de problemas de física y química y su didáctica", en Enseñanza de las ciencias, vol: 2,2; p.146-149.

Moreno, M. (1986) "ciencia y construcción del pensamiento", en Enseñanza de las ciencias, vol. 4,1 p. 51-57.

Montanelli, I. (2005) "Historia de los griegos" Ed. Debolsillo, España.

Mortimer, E. (1995) Conceptual Change or Conceptual Profile Change, Science & Education, 4, 267- 285. Navarro, V. (1983) "La historia de las ciencias", en Enseñanza de las ciencias, vol.1, 1, p. 50-54.

Nunez, A. (2005) "La enseñanza sobre el calor y la temperatura en los libros de texto de bachillerato en Portugal: Alambique Didáctica de las ciencias Experimentales n. 43 pp 81-92 enero.

Pessoa, A. *et al* (1999), "Termodinámica um encino por investigasao", Facultad de Educasao Sao Pablo.

Piaget, J. (1973)"Seis Estudios de Psicología", Barcelona, España, Ed. Barral.  
 Porlan, R.; García, J. y Canal, P. (compiladores), (1997) "Constructivismo y enseñanza de las ciencias, Ed. Diada, Sevilla España.

Pozo, J. I. y Gómez, M. A. (1998), "Aprender y enseñar ciencia", Ediciones Morata, Madrid España.

Posner, G., Strike, K., Hewson, P. & Gertzog, W. (1982). "Acomodation of a Scince Conception: Toward a Theory of conceptual change". Science education, 66,211-227.

Programas de Estudio 2006, "Ciencias", Educación básica. Secundaria SEP.

Ramirez, J. (2003), "Las representaciones epistemológicas de los profesores sobre la ciencia y sus aplicaciones para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales en la perspectiva de cambio conceptual", Tesis para obtener el grado de Doctor en Pedagogía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.

Rodríguez–Moneo, M. Y Aparicio, J., (2004) "Los estudios sobre el cambio conceptual y la enseñanza de las ciencias, Educación en Química, 15 (3).Rius, R. y Castro-Acuña, C., (2003) "Calor y Movimiento", La ciencia para todos No. 85, SEP, FCE, México.

Sánchez J.M., (1988) "Usos y abusos de la historia de la física en la enseñanza", en Enseñanza de las ciencias, vol. 6,2, p.179-188.

Sayavedra, R. y Tarango, B. (2000) "Física 3" Ed. Santillana, México.

Schmidt, V. (2005), "Aristóteles Física", UNAM, México.

Thruessdell, C. (1980) "The Tragicomical History of Thermodynamics 1822-1854", Springer-Verlag, New York, Heidelberg Berlin.

Vasquez, J. (1987) "Algunos aspectos a considerar en la didáctica del calor" en Enseñanza de la Ciencia, 1987, vol.5, 3, p. 235-239.

Sebastiá, J. M. (1989) "El constructivismo: un marco teórico problemático", en Enseñanza de la Ciencia, 1989, vol. 7,2, p. 158-161.

Staver, J. (1999) Constructivism: Sound Theory for Explicating the Practice of Science and Science Teaching in Journal of Research in Science Teaching pp 501-520.

Steiner; R. (1921) "La estructuración de la enseñanza basada en el conocimiento del hombre ". Recopilación de ocho conferencias en Stuttgart del 12 al 19 de julio de 1921.

Tiberghien, A. (1994) "Modeling as a basic for analyzing teaching-learning situation", Learning and instruction, vol. 4 pp 71-87.

Zalamea, E. y Paris, R, (1989) "¿Saben los maestros la física que enseñan?" en Enseñanza de la ciencia 1989, vol.7, 3 p. 251-256.

## ANEXOS

### ANEXO 1

Nombre	Grupo	Edad	Equipo
--------	-------	------	--------

Instrucciones:

Lee con cuidado cada una de las situaciones que se te presentan a continuación y contesta lo que se te pide.

#### Situación 1

Si dejas enfriar en hielo una canica de vidrio durante cinco minutos...

1. ¿Qué material; lana o aluminio, escogerías para mantenerla fría por más tiempo?
2. ¿Por qué escogerías ese material?

#### Situación 2

Si introduces tres cucharas: metal, plástico y madera, en agua muy caliente durante 5 segundos...

3. ¿Cuál de las tres cucharas crees que se calentará más rápido?
4. ¿Por qué crees que la cuchara que elegiste se calentará más rápido?

#### Situación 3

Si calientas un extremo de una laminilla de aluminio con un lámpara de alcohol y en el extremo contrario colocas un trocito de cera...

5. ¿Qué crees que le sucederá a la cera?
6. ¿Por qué crees que sucederá eso?

**Situación 4**

Si tienes dos vasos con nieve de limón; uno a la mitad y el otro lleno...

7. ¿Cuál de los dos vasos tiene más materia?
8. ¿Tendrán diferente o la misma temperatura los dos vasos? , ¿por qué?
9. ¿Cuál de los dos vasos con nieve tiene más calor?, ¿por qué?

**Situación 5**

Si calientas agua en un recipiente hasta hervir y después de que hirvió le sigues proporcionando calor...

10. ¿Qué sucederá con su temperatura?, ¿por qué?
  11. ¿Qué sucederá con su calor?, ¿por qué?
  12. ¿Crees que hay diferencia entre el calor y la temperatura? ¿por qué?
- ANEXO 2**

## NOMBRE Y EQUIPO

---

### ACTIVIDAD “A”

Coloquen cubos de hielos en un vaso de precipitados e introduzcan 2 canicas durante 3 minutos, envuelvan una canica en lana y la otra en una hoja de aluminio.

Discute por equipo los resultados obtenidos y contesta las siguientes preguntas:

¿En qué material se mantuvieron por más tiempo las canicas frías?

¿Por qué crees que en ese material se mantuvieron por más tiempo frías las canicas?

Ahora realiza las siguientes actividades:

#### ACTIVIDAD 1

Calienten agua hasta hervir e introduzcan en ella dos canicas de vidrio durante 1 minuto, retírenlas con unas pinzas y envuélvanlas, una en lana y la otra en una hoja de aluminio durante 3 minutos, transcurrido éste tiempo, desenvuélvanlas y tóquenlas.

Discute con tus compañeros de equipo lo que observaron y contesta las siguientes preguntas:

¿En cuál material se mantuvieron calientes por más tiempo las canicas?

¿Por qué crees que ese material mantuvo por más tiempo caliente las canicas?

#### ACTIVIDAD 2

Calienten agua en un vaso de precipitados, una vez que esté muy caliente retírenla de la fuente de calor y coloquen en ella al mismo tiempo tres cucharas una de metal, una de madera y otra plástico durante 5 segundos, sáquenlas y tóquenlas

Discutan en equipo los resultados y contesten las siguientes preguntas:

- ¿Cuál cuchara se calentó más rápido?
- ¿Por qué crees que esa cuchara se calentó más rápido?

### ANEXO 3

#### NOMBRE Y EQUIPO

---

#### ACTIVIDAD “B”

#### “El Experimento de Humphry Davy”

A finales del siglo XVIII (1799) el científico inglés Humphry Davy realizó un experimento con dos bloques de hielo que mantuvo a su temperatura de congelación, los frotó uno contra otro utilizando un artificio mecánico para no tocarlos con las manos.

Ahora contesta las siguientes preguntas:

1. ¿Qué crees que observó Davy después de frotar los dos bloques de hielo?
2. ¿Por qué creen que Davy observó eso?
3. ¿Cuál creen que sea la causa por la que Davy diseñó un sistema mecánico para no tocar directamente con las manos los bloques de hielo al frotarlos?
4. ¿Qué materiales y procedimiento sugieres para realizar en el laboratorio escolar el experimento de Humphry Davy?

Después de realizar el experimento de Davy discute con tus compañeros lo siguiente:

- Lo que observaron después de frotar los bloques de hielo.
- Explica las causas del fenómeno que observaste después de frotar los bloques de hielo.
- Si fue importante y por qué el frotar los bloques de hielo sin tocarlos directamente con las manos y el mantenerlos en la hielera durante el frotamiento.

Después de realizar el experimento y discutir sus observaciones lean el texto de las “Teorías acerca del Calor”: “Teoría del Calórico” de Lavoisier y la del “calor como producto de la fricción” de Benjamín Thomson (Conde de Rumford).

Después de la lectura discutan por equipo los siguientes puntos:

- Si creen que existen diferencias entre la teoría del calor de Lavoisier y la del Conde de Rumford.
- Cuál teoría creen que explica mejor lo que es el calor y por qué.
- Cual de las dos teorías creen que explica mejor los resultados del experimento de Humphry Davy y por qué.

#### ANEXO 4

## EQUIPO

**TEORÍAS ACERCA DEL CALOR**

## “La Teoría del calórico”

Esta teoría fue postulada en el siglo XVIII por el químico francés Antoine Lavoisier, el cual propuso que el calor era una sustancia que podía verse y transmitirse de un cuerpo a otro. A ésta sustancia le denominó “calórico” que viene del latín *caloris*, que significa “calor”.

Según esta idea cuando se ponía a hervir una olla con agua sobre madera quemándose; la madera al arder pasa su calórico a las llamas, y de estas a la olla y ahí al agua que está dentro de la olla. Cuando el agua se llena de calórico se convierte en vapor, por lo tanto Lavoisier creía que el calor era un fluido liviano, que al introducir más de éste en una sustancia ésta se calentaba, hasta que finalmente el calórico se desbordaba y fluía en todas direcciones y al poner en contacto un objeto caliente con otro frío, el calórico fluía desde el primero hasta el segundo, lo que hacía que el cuerpo caliente se enfriara y el frío se calentara.

Por lo tanto Lavoisier estableció ciertas características para su teoría del calórico:

- 1) El calórico es una sustancia elástica que se expande por todo el espacio.
- 2) Las partículas del calórico son atraídas por las partículas de la materia que lo contiene.
- 3) El calórico provoca los cambios de temperatura de las sustancias y también se puede almacenar (es latente).
- 4) El calórico se conserva.
- 5) El calórico tiene peso

## “TEORÍA DEL CALOR COMO PRODUCTO DE LA VIBRACIÓN DE LAS PARTES QUE CONSTITUYEN A LOS CUERPOS”

En el mismo siglo que Lavoisier estableció su teoría del calórico, surgió también en Europa otra teoría del calor, postulada por el norteamericano de origen inglés, Benjamín Thomson (el Conde de Rumford), quien consideraba que, el calor se produce como producto de la vibración de las partes que constituyen a los cuerpos:

Thomson, adquirió el título de conde de Rumford de Baviera durante el reinado del príncipe Maximiliano en Europa, fue un hombre viajero, aventurero y muy curioso, a quien se le atribuyen diversos inventos relacionados con las chimeneas modernas. En 1799 después de sus dos famosas observaciones y experimentos afirmó que el calor carece de peso, por lo tanto para él “no es un fluido liviano sino movimiento”.

Las observaciones que hizo Rumford en Baviera fueron las siguientes:

Cuando estuvo al frente de una fábrica de cañones, en aquel entonces éstos se hacían vertiendo el metal en moldes y taladrando luego la pieza para formar el hueco del cañón, lo que se hacía con una taladradora rápida, con este método el cañón y el taladro se calentaban y había que estar echando constantemente agua por encima de ellos para enfriarlos. Al ver salir el calor Rumford se preguntó ¿qué era el calor? y ¿por qué el calórico salía del cañón al estar siendo perforado?, según la teoría del calórico de Lavoisier, esto sucedía porque el taladro rompía en pedazos el metal, dejando que el calórico fluyese hacia afuera. Para comprobar

esto, Rumford, les dio a los obreros un taladro desgastado con la intención de perforar los cañones y al realizar esta operación observó que el taladro giró en vano, sin perforar ni romper el metal; pero en cambio se producía más calor que si hubiera utilizado un taladro nuevo. El metal estaba inicialmente frío, por lo cual Rumford pensó que, no podía contener mucho calórico, y de todos modos parecía que el calórico fluía en grandes cantidades al intentar ser perforado por el taladro desgastado.

Por otro lado para medir el calórico que salía del cañón, Rumford determinó cuánta agua se calentaba que era utilizada para enfriar el taladro y el cañón y calculó que ahí se generaba suficiente calor para hacer hervir dieciocho libras de agua en menos de tres horas, con esto concluyó de que si todo ese calórico se devolviera al metal del cañón éste se fundiría.

Para seguir con sus investigaciones Rumford construyó un cilindro de bronce que se ajustaba a un taladro de acero filoso; al cilindro se le hacía girar sobre su eje por medio de una máquina taladradora operada por caballos. Tanto el cilindro como el taladro se ponían dentro de una tina cerrada llena de agua a temperatura ambiente aproximadamente a 18° C, entonces la máquina se ponía en movimiento. El cilindro giraba 32 vueltas por minuto, transcurrido este tiempo, Rumford percibió un calentamiento del cilindro y el agua y encontró que después de una hora con 20 minutos, la temperatura del agua subió hasta 94° C y en menos de tres horas el agua hervía, este experimento causó una gran sorpresa a sus espectadores ya que sin haber encendido ningún fuego el agua alcanzó su punto de ebullición sólo por la fricción con el metal.

Con base en sus observaciones y experimentos, en 1796 Rumford publicó un libro que se llamó *“una indagación, concerniente al origen del calor generado por fricción”*, en el cual hacía referencia que al taladrar el metal de un cañón para hacerle el hueco, dicho metal se calentaba, con esta observación afirmó que, no existía ningún límite a la producción de calor por éste método ya que para Rumford el calor se generaba por fricción es decir por el movimiento de las partes que constituyen a los cuerpos y no era un fluido liviano.

Los experimentos de Rumford fueron considerados importantes por presentar consistencia en tres propiedades del calor:

- 1.El ilimitado calor que se produce en un cuerpo pudiera estar producido por el movimiento de sus moléculas.
- 2.A presión de una atmósfera (nivel del mar), el agua a 41°F (5° C) es más densa (más pesada por volumen) que el agua a 32°F (0° C). De este modo la expansión (aumento de volumen) térmica no puede ser explicada como el efecto de la materia con algo de sustancia “calórica” o por alguna la repulsión entre partículas de los cuerpos y partículas de una sustancia “calórica”.
3. Después de que una gran cantidad de calor ha de ser tomada o adicionada a los cuerpos, el peso del resto del cuerpo es el mismo por lo tanto el calor no tiene peso.

**ANEXO 5****EQUIPO** \_\_\_\_\_**ACTIVIDAD “C”**

“El experimento de Joseph Black”

En 1760 el científico escocés Joseph Black, aplicó la misma cantidad de calor a diferentes sustancias de un mismo volumen y con una misma temperatura inicial, transcurrido algún tiempo de proporcionarles calor les tomó la temperatura y entonces las calentó hasta que alcanzaron su punto de ebullición (hasta que hirvieron) y siguió proporcionándoles calor durante algún tiempo más.

También aplicó calor a un gramo de plomo y a un gramo de fierro hasta elevar en un grado celsius su temperatura.

Discute con tus compañeros las siguientes preguntas:

1. ¿Creen que las tres sustancias después de que Black les aplicó el mismo calor en un mismo tiempo alcanzaron la misma temperatura?, ¿por qué creen eso?
2. ¿Aumentó o se mantuvo la misma temperatura cuando Black siguió suministrando calor después de que hirvieron las sustancias?
3. ¿Por qué creen eso?
4. ¿Creen que el plomo y el fierro subieron su temperatura en un grado celsius en un mismo tiempo?
5. ¿Por qué creen eso?
6. Por equipo propongan materiales y algún método para realizar el experimento de Black en el laboratorio escolar, anótenlo en una hoja.

Para realizar el experimento de Joseph Black, se propone lo siguiente

1. Vaciar 25 mL de agua, 25 mL de vinagre y 25 mL de alcohol en tres diferentes vasos de precipitados, tomar su temperatura inicial y anotarla en la tabla de valores.
2. Calentar las sustancias con la lámpara de alcohol durante 2 minutos, no dejar que hiervan y tener mucho cuidado con el alcohol, tomar la temperatura de cada de ellas, reportar en la tabla de valores las temperaturas finales de cada una de ellas.
3. Después de que hierva el agua seguir proporcionando calor durante dos minutos más, tomar nuevamente su temperatura y anotarla en la tabla de valores.

TABLA DE VALORES

Sustancia	Tiempo (min)	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)
Agua			
Vinagre			
Alcohol			

Después de realizar el experimento discutan por equipo los siguientes puntos:

1. El si las tres sustancias alcanzaron la misma temperatura después que se les aplicó el mismo calor en un mismo tiempo.
2. El si el agua después de que hirvió y se le siguió proporcionando calor: ¿Aumentó su temperatura? y/o ¿aumentó su calor?
3. Si el calor es lo mismo que temperatura.

## ANEXO 6

### TRANSCRIPCIÓN DE LAS OCHO SESIONES DE TRABAJO VIDEO GRABADAS DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA, SEPTIEMBRE-OCTUBRE DEL 2006 CON ALUMNOS DEL GRUPO TERCERO “D” DE LA ESCUELA SECUNDARIA DNA. No 91 “REPUBLICA DEL PERÚ” TURNO MATUTINO

Simbología:

Als - alumnos A1- alumno1 A2- alumno 2, etc.

PD- papel del docente PA- papel del alumno

T- estrategia y actitud Tradicional

C- estrategia y actitud constructivista

IP- idea previa

AP- aprendizaje

#### ETAPA 1

##### DETECCIÓN DE IDEAS PREVIAS (ver anexo 1)

Ésta etapa que correspondió a la detección de ideas previas se llevó a cabo en una sesión de 50 minutos en el salón de clases y se aplicó un cuestionario a cada uno de los estudiantes.

DOCENTE	ALUMNOS	INTERPRETACIÓN
Buenas tardes, estamos en la Escuela Secundaria No.91 “Republica del Perú” con el grupo 3° “D”.	Als – Buenas tardes Son 45 alumnos que se encuentran en su salón de clases.	
Les vamos a dar un cuestionario con algunas preguntas y algunos ejemplos de fenómenos naturales y pueden tomarse el tiempo que requieran para responder las preguntas. Las preguntas las vamos a leer si gustan y les vamos a pedir que todas sus respuestas que den sea el producto de su reflexión.	Los alumnos están atentos a lo que la maestra les dice y pasan los cuestionarios hacia atrás.	PD- tradicional PA- pasivo
Anoten su nombre completo y su edad ¿Quieren que empecemos con la primera pregunta?	Als – Si	
La maestra lee las instrucciones del cuestionario y un ejemplo. Lee la primera pregunta del cuestionario y pasa entre los alumnos para resolver sus dudas y pregunta si están claras las explicaciones y si las quieren leer solos.	La mayoría contesta que no las quieren leer solos pero algunos alumnos se adelantan en contestar las preguntas del cuestionario.	
	Los alumnos tienen dudas hasta la situación 5, comentan que está difícil de responder.	

<p>La docente lee la situación 5: si calientas agua en un recipiente hasta hervir y después de que hirvió le sigues proporcionando calor...</p> <p>¿Qué sucederá con su temperatura?, ¿por qué?</p> <p>¿Qué sucederá con su calor?, ¿por qué?</p> <p>¿Crees que hay diferencia entre el calor y la temperatura? ¿Por qué?</p>		
<p>La maestra explica la situación 5 a una alumna que tiene dudas y le dice: "tu dejas que hierva el agua en la parrilla no le cambias nada, cuando hierva le tomas la temperatura, no le apagamos, la dejas que siga hirviendo... ¿Qué va a pasar con el agua?</p>	<p>Als – El agua va a estar muy caliente, va a estar hirviendo, <u>se va a evaporar, se va a quemar.</u></p>	<p>IP1- el agua se va a evaporar IP2- El agua se va a quemar</p>
<p>¿Se va a quemar?</p>	<p>Als – Se ríen.</p>	
<p>Observa la maestra que algunos alumnos ya terminaron y pregunta si los otros requieren más tiempo.</p>	<p>Als- No</p>	
<p>Por favor pasen los cuestionarios hacia delante, les agradezco mucho, nos vemos el jueves en el laboratorio.</p>	<p>Als- se despiden</p>	

## ETAPA 2

### CONFRONTACIÓN DE LAS IDEAS PREVIAS.

Esta etapa se llevó a cabo en dos sesiones cada una de 50 minutos en el laboratorio escolar de física y química.

ACTIVIDAD: Con materiales conductores y aislantes del calor (ver anexo 2)

DOCENTE	ALUMNOS	INTERPRETACIÓN
<p>Estamos en el laboratorio de física y química de la Escuela Secundaria No. 91 "República del Perú", con los alumnos de grupo 3° "D", que por cierto son muy buenos alumnos.</p>	<p>Previamente los alumnos se organizaron en grupos de cinco integrantes dándole un nombre a su equipo.</p>	
<p>Cada equipo tiene en sus mesas materiales de laboratorio, el maestro Alfonso de laboratorio y yo les vamos pasar un cuestionario con las instrucciones de las actividades que vamos a realizar hoy, ponen en el cuestionario su nombre completo, le ponen su nombre del equipo y cada integrante del equipo le pone el mismo nombre.</p> <p>Vamos a ver la actividad 1 ¿Qué material reconocen que tienen en sus mesas?</p>	<p>Als – Lámpara de alcohol, soporte, termómetro...</p>	<p>PD-TC, estrategia de interrogatorio. PA- activo ante el interrogatorio.</p>

<p>La docente lee las instrucciones en voz alta y dice (anexo 2): Coloquen cubos de hielos en un vaso de precipitados e introduzcan 2 canicas durante 3 minutos, transcurrido este tiempo, envuelvan una canica en lana y la otra en una hoja de aluminio, manténganlas en estos materiales durante 3 minutos, entonces, desenvuélvanlas y tóquenlas. Discutan por equipo lo que percibieron. La maestra coloca todas las canicas en un cristizador con hielo y les dice a los alumnos que lo van a hacer así para que sea más rápido.</p>		<p>PD- C con estrategia de interrogatorio.</p>
<p>¿Ya todos tienen lana?, tienen dos hojas y también tienen dos hojas de aluminio, mantengan las canicas en estos materiales durante 3 min, entonces desenvuélvanlas y tóquenlas ¿sí?, y discutan por equipo lo que percibieron y posteriormente van a contestar las preguntas que vienen ahí ¿de acuerdo?</p>	<p>Als- Si</p>	<p>PD- C, con estrategia que propicia la experimentación.</p>
<p>Hay canicas grandes y chicas, escojan dos del mismo tamaño, les voy a pasar unas pinzas para que las tomen con las pinzas. Mientras se enfrían las canicas vamos a ver la actividad 2 y dice así (anexo 2): Calienten agua en un vaso de precipitados, una vez que esté muy caliente retírenla de la fuente de calor y coloquen en ella al mismo tiempo tres cucharas una de metal, una de madera y otra de plástico durante 5 segundos, sáquenlas y tóquenlas. Discutan en equipo lo que percibieron.</p>		<p>PD- C con estrategia que propicia la discusión.</p>
<p>¿Qué les parece si empezamos con calentar el agua?</p>	<p>Als- Si</p>	<p>PD- C PA-C activo respondiendo a la propuesta del docente</p>
<p>El maestro Alfonso les prende la lámpara de alcohol.</p>	<p>Los alumnos vacían agua en un vaso de precipitados y un integrante del equipo pasa por las canicas a la mesa del profesor.</p>	<p>PA- C, dispuesto para la indagación.</p>
	<p>Los alumnos colocan el vaso de precipitados con agua sobre la fuente de calor dejan que se caliente, mientras van por sus canicas frías y las toman con las pinzas y las envuelven en las hojas de lana y aluminio. A los alumnos les cuesta trabajo sacar las canicas con las pinzas, finalmente lo logran y envuelven las canicas en la lana y aluminio.</p>	<p>PA-C, activos ante la experimentación.</p>

<p>La maestra se dirige al equipo de “los sementales” para preguntar lo que los alumnos percibieron, les pregunta: ¿Están tomando el tiempo? Muy bien, es importante que comenten por equipo sus resultados y después contesten las preguntas, ¿Qué fue lo que obtuvieron?</p>	<p>Als- Si</p> <p>A1- vemos que en el aluminio se conserva más su temperatura, la más fría sería la que envolvimos en el aluminio y en la lana disminuyó su temperatura.</p> <p>Éste alumno confunde “conservar más fría” la canica, con “conservar” su temperatura”.</p>	<p>PD-C, estrategia que fomenta la experimentación.</p> <p>PA- activo</p> <p>PD-C, con estrategia para la explicación del fenómeno.</p> <p>PA-C, da cuenta del fenómeno e incluye una explicación.</p> <p>El docente no cuestiona más al alumno sobre su percepción, lo más probable es que éste alumno haya contestado en el cuestionario de ideas previas que en el aluminio se conserva mejor el frío y por lo tanto no se deshizo de su compromiso teórico, a pesar de la experiencia empírica.</p>
<p>La maestra se dirige a una alumna de otro equipo y le dice: tu me estabas explicando lo que percibieron</p>	<p>Als – Colocan las canicas frías en la lana y el aluminio y toman el tiempo.</p> <p>A1 – Bueno en la lana la canica estaba fría y en el aluminio estaba más fría.</p>	<p>PD- C, estrategia para fomentar la explicación.</p> <p>PA- activo, aunque su respuesta no corresponde a lo que se esperaba.</p>
<p>¿Todos percibieron lo mismo que su compañera?</p>	<p>Als- Si</p>	
<p>La maestra con otro equipo, pregunta: ¿Ya discutieron lo que percibieron?</p>	<p>Als- Si</p> <p>A1- Aquí sentimos que la canica en la lana está más fría que en el aluminio</p>	<p>PD- C, estrategia para la discusión entre los alumnos.</p> <p>PA- C, su respuesta corresponde a lo esperado ya que la canica se conserva más fría en la lana.</p>
<p>¿Por qué crees que en este material se mantiene la canica por más tiempo fría?</p>	<p>A1 – por que tiene más salida de aire.</p>	<p>PD- C, estrategia que fomenta la explicación.</p> <p>PA- reflexivo</p>
<p>¿Más salida de aire?</p>	<p>A1- Si porque aquí como que la canica estaba comprimida y no había entrada de aire.</p>	<p>PA- explicativo</p>
<p>Y el aire ¿cómo está con respecto a la canica, frío o caliente, el aire está más frío que la canica?</p>	<p>A1 - No</p>	<p>PD- C, con estrategia que fomenta la reflexión.</p>
<p>Recordemos que fue lo que ustedes contestaron en el primer cuestionario, cuando les preguntaba ¿en qué material se conservaría por más tiempo una canica fría?</p>	<p>Als – En el aluminio.</p>	<p>PD- C, con estrategia que promueve la explicación haciendo referencia a sus ideas previas sobre este aspecto.</p>
<p>Pero ahora vemos que no, ¿Qué pasó?</p>	<p>A1- Que la lana toma la temperatura de la canica.</p>	<p>PA- explicativo</p>
<p>¿Si?, ¿por qué?</p>	<p>A2- Porque el aluminio contrae más el calor.</p>	<p>PA- reflexivo</p>
	<p>A3 – Y la lana conserva la energía de la canica.</p>	<p>PA- reflexivo</p>

Ahora vamos a hacer el experimento contrario, ¿Qué les parece?, ponemos a calentar las dos canicas y las envolvemos en lana y aluminio y vemos que sucede.	Als- Si	PD- TC, con estrategia que fomenta la experimentación que ya tiene planeada.
La maestra se va con otro equipo y les pregunta con relación a la canica: ¿Cuál está más fría?	A1- La que está en la lana, porque la lana tiene una textura más gruesa que el aluminio y tiene más porosidad y deja entrar más fácilmente el oxígeno.	PD- C, con estrategia que propicia la explicación. PA- explicativo
¿Y el oxígeno es más frío que la canica?	A2- Más caliente por así decirlo por que está al ambiente.	PD- C, con estrategia que promueve la reflexión.
¿Entonces por qué no calentó la canica sino más bien enfrió a la canica?  La maestra les dice a todos: “Por favor discutan con sus compañeros estos resultados”.	Los alumnos miran a la maestra perplejos y no sabe que contestar.	PD- C, con estrategia que promueve la reflexión y la discusión entre los alumnos. PA- reflexivos sin saber que contestar.
Ahora estamos con el equipo de “los sementales”, con Roberto, Gabriel, Eduardo, Andrés, ¿En que consiste esta actividad? (refiriéndose a la actividad 2 del anexo 2).	A1 – Consiste en que se tienen tres cucharas, una de metal, otra de plástico y de madera, las tenemos que poner al mismo tiempo en agua muy caliente durante 5 segundos y después sacar las cucharas. Los alumnos introducen las cucharas en el agua y cuentan cinco.	PD- C, con estrategia que fomenta la descripción y la experimentación. PA- descriptivo e indagador.
	A2- Ahora tenemos que ver cuál se calentó más rápido. Als – La de metal se calentó más rápido.	PA- descriptivo y obtiene resultado producto de la experimentación y lo expresa.
¿Por qué?	A1- Por la cuestión de que el metal hace radiación y entonces se calienta más.	PD- C, inquisitivo PA- explicativo
¿Qué es lo que está caliente?	A1 – Los átomos. Als – El agua	PD- C, investiga ideas previas con relación a la naturaleza del calor.
¿Cómo es que se pasó el calor?	A1 – <u>Porque los átomos del agua saltan para acá.</u>	IP- las ideas están relacionadas a que el calor es una sustancia. PD- C, con estrategia que fomenta la explicación. PA- explicativo.
¿Todos piensan lo mismo?	A3 – No, que <u>simplemente se transmitió el calor.</u>	IP- no da explicación de lo que es el calor para este alumno simplemente se transmite.
¿Cómo es que se transmitió?	A1 – Por los elementos del agua se pasan a la cuchara.	

Ahora la maestra está con el equipo de “las insuperables”, ¿Me pueden decir que están haciendo por favor?	Als – Vamos a poner las dos canicas en agua hirviendo durante tres minutos y después las vamos a poner en lana y aluminio para ver cual se mantiene por más tiempo caliente, las vamos a envolver y las vamos a desenvolver (después de dos min) ya pasaron los dos minutos, ahora vamos a ver que pasó con las canicas. A1- Está más caliente en la lana.	PD- C, pide una descripción del experimento que están realizando. PA- descriptivos con respecto al experimento y además exponen sus resultados.
¿Por qué creen que está más caliente en la lana?	Porque es como una tela tipo térmica que mantiene la temperatura de las canicas.	PD- C, con estrategia que fomenta la explicación. PA- explicativo
En el otro experimento ¿que obtuvieron?	Als – Que la lana también mantenía fría a la canica.	
Ustedes ¿Qué contestaron en el otro cuestionario? (se refirió al de las ideas previas del anexo 1)	Que el aluminio mantenía el frío y la lana lo caliente.	PD- C, indaga las ideas previas sobre la naturaleza del calor. PA- recuerdan sus ideas previas.
Aparte de que sea térmica la lana ¿Qué podrían contestar?	A1 – Que esta tiene poros y la otra no.	PD- C, con estrategia que fomenta la reflexión. PA- explicativo y reflexivo.
¿Y qué podrán entrar en estos poros?	A1- El aire	PD- C, indagador del pensamiento del alumno. PA- reflexiona la pregunta y contesta.
¿El aire estaría más caliente o más frío?	A2- Más frío y con la canica se nivela el aire con la temperatura.	
¿Qué dicen las demás?	A3- Se nivela.	PD- C, toma cuenta la opinión de los demás alumnos. PA- se solidarizan con la respuesta de su compañero.
Pero si se nivela entonces esta canica tendría que estar más fría que la del aluminio...	Las alumnas se quedan pensando y no se atreven a contestar.	PD- C, conflictúa al alumno para que reflexione. PA- en actitud reflexiva pero no contesta a la pregunta del docente.
Piénsenlo y ahorita vemos, ¿Qué podrían contestar en su cuestionario?	Las alumnas miran con asombro a la maestra se ha generado un conflicto cognitivo.	PD- C, les da tiempo a los alumnos a que reflexionen.
Estamos con el equipo de “los pumitas”; Omar Karla, Alejandra, ¿En que actividad están?	Als- Vamos a calentar las cucharas de diferentes materiales, en agua caliente y vamos a dejarlas 5 segundos, pasan 5 segundos. Als – La más caliente es la de metal.	PD- C, con estrategia que promueve la descripción. PA- descriptivo.
¿Por qué creen que está más caliente?	A2- <u>Porque en el metal la energía o el calor se expande más rápido.</u> A1 – <u>El metal absorbió moléculas de energía del agua por eso se provocó que las moléculas de la cuchara se calentaran.</u>	PD- C, fomenta la explicación e indaga ideas previas. PA- explicativo y da cuenta de sus ideas previas. IP- el calor se expande más rápido en los metales. IP- el calor es una sustancia.

¿Y éstas (refiriéndose a las cucharas de plástico y madera) no absorbieron la energía?	A1 – Si pero con menos moléculas.	PD- C, fomenta la explicación. PA- justifica su explicación.
Podremos considerar que estos materiales no “absorben” de la misma manera las moléculas ésta (la de metal), ¿y será el caso de todos los metales?	A2 – este...no	PD- C, fomenta la reflexión. PA- reflexivo
¿Podría ser?	A1 – Yo digo que si A3 – yo digo que no	PA- C, verter sus opiniones.
La maestra se fue con el equipo de “las insuperables” por que tienen dudas, ya que la canica se mantuvo por más tiempo fría en la lana y esto desencadenó muchas preguntas.	A1– (pone un ejemplo): Cuando tienes frío te pones un suéter de lana, no te hace más frío sino al contrario te mantiene caliente y no es posible que la canica fría se mantenga fría en la lana. A2 – Se supone que <u>la lana proporciona calor.</u>	PD- C, escucha las ideas previas de los alumnos, sus explicaciones y sus reflexiones. PA- sin que el maestro promueva la exploración de ideas previas los alumnos las exponen al docente por que con la experimentación se confrontaron las “teorías” de los alumnos y se produjeron muchas dudas. IP- el calor como propiedad de la materia
Entonces aquí tienen un problema, porque en la lana se mantuvo fría la canica por más tiempo, este es un problema que tenemos que resolver, ¿Por qué no discuten en equipo?	Als- Ya discutimos.	PD-C, estrategia del enigma y promueve la discusión en equipo. PA- dan una explicación consensuada.
¿A qué conclusión llegaron, por qué contradice esto lo que ustedes pensaban?	A1 – No entendemos por qué la lana mantuvo fría la canica.	PD- C, confronta las ideas de los alumnos con los resultados de la experimentación y promueve que éstos expongan sus nuevos conocimientos con los demás estudiantes
La maestra les dice: Vamos a discutir al final entre todos. La maestra se va con otro equipo.		
¿Cuál cuchara se calentó más rápido?	Als- en la de fierro	
¿Por qué?	A1 – <u>puede ser que la de fierro conduce el calor</u>	PD- C, indaga ideas previas sobre cómo se conduce el calor.
¿Cómo se conduce el calor?	A2– <u>Absorbe la energía que contiene el agua.</u>	
Pero la absorbe, ¿Cómo?, ¿Qué hay ahí en medio para que se absorba?	A3– <u>Pueden ser ondas.</u> A2 – <u>Por las moléculas.</u>	IP- el calor se transfiere por ondas o moléculas es decir un mediador es invocado.
¿Qué pasa con las moléculas?  Posteriormente la maestra organiza una plenaria, para resolver las dudas.	A2 – <u>Se adhieren a la cuchara las moléculas del agua caliente.</u>	IP- el calor es una sustancia que pasa a los cuerpos.

## PLENARIA DE DISCUSIÓN

Se realizó con todos los alumnos al término del trabajo experimental en el laboratorio.

DOCENTE	ALUMNOS	INTERPRETACIÓN
La maestra se dirige a todos y les dice: "Vamos a tener una discusión sobre los resultados, lo que podemos concluir entre todos ya que surgieron muchas dudas a raíz de estos experimentos, ¿Me pueden decir en qué material la canica se mantuvo por más tiempo fría?"	A1 – En el aluminio. A2 – En la lana. A1 – Llegamos a un acuerdo que fue que en el aluminio porque...A3 Porque en el papel aluminio se conserva el frío o la temperatura de la canica ya que la lana tiene más poros la tela tiene ciertos orificios tal vez penetre el aire y al mismo tiempo la canica se va calentando.	PD- C, promueve la exposición de los nuevos conocimientos para confrontarlos con los demás. PA- activos exponer sus nuevos conocimientos con todo el grupo mediante la descripción y reflexión de sus resultados.
Pero el aire con respecto a la canica, ¿Qué está más frío, el aire o la canica?	A3 – El aire A4 – El metal conserva más el frío. A5 – Porque el metal guarda la energía. Als – El metal es un conductor. A6 – Se supone que el metal es un conductor.	PD- C, cuestiona los resultados de la experimentación para aclarar los nuevos conocimientos. PA- C, exponer sus conocimientos con más explicaciones.
¿Por qué dices que la canica se mantiene por más tiempo fría en el metal?	A3 – <u>Porque el aluminio es un metal y conserva más el frío.</u> Als – No	IP- el calor es una propiedad de la materia. PD- C, indaga más sobre nuevos conocimientos. PA- da explicaciones.
¿Qué pasó cuando pusiste la cuchara en agua caliente?, ¿Cuál se calentó más rápido?	A3- la de metal	PD- averigua los resultados de la segunda actividad para conectarlos con las nuevas explicaciones. PA- exponen sus resultados.
Entonces ¿porqué dices que los metales mantienen más tiempo el frío?, ahí hay una contradicción.	A3 – Porque el metal guarda la energía. Als – No, es un conductor. El alumno 3 está muy confundido, tiene un verdadero conflicto.	PD- C, enfrenta las teorías de los alumnos con los resultados de la experimentación, provocando un conflicto en el alumno. PA- se enfrenta a su conflicto.
Es un conductor y aquí hay una contradicción, si la canica se mantiene más fría en el aluminio ¿Porque éste mantiene la energía?, entonces, ¿Por qué se calentó más rápido la cuchara de metal?	A1 – <u>Entonces se podría decir que el aluminio es aislante del calor.</u>	PD-C, seguir conflictuando al alumno y le permite que se equivoque. PA-C, da una nueva explicación (errónea) IP- metales aislantes del calor.
¿Cuál es un aislante del calor?	A1- el metal	PD- C, promueve que el alumno reafirme su dicho.

<p>Pero se calentó más rápido la cuchara de metal</p>	<p>A1-está muy confundido y no sabe que contestar, se ha generado un verdadero conflicto.  A6 (Darío) – <u>Se supone que los metales conducen el calor o sea que el plástico y la madera, se puede decir que la madera es semiconductora y un aislante.</u></p>	<p>PD- C, sigue conflictuando al A1 y promueve que otro alumno intervenga para que ayude a resolver el dilema.  PA- el A6, aclara la confusión de A1 con lo que sabe y aporta un nuevo elemento (“aislante”) que ayuda a mejorar la explicación.</p>
<p>Aquí hay una palabra muy importante que Darío está diciendo, ya mencionaron la palabra conductor y ahora Darío habla de aislantes y este aislante para Darío son la madera y el plástico.  ¿Si han visto que las sartenes tienen un manguito?</p>	<p>Als – De plástico y madera.</p>	<p>PD- C, refuerza la nueva idea del aislante para aclarar las confusiones y da más ejemplos de aislantes.  PA- introduce en su discurso la nueva idea, la del aislante porque al parecer explica mejor sus resultados.</p>
<p>Haber el equipo de las insuperables.</p>	<p>A7 – Una de las canicas la que colocamos en la lana se mantuvo por más tiempo fría y nuestra duda es; ¿Por qué como la lana es térmica mantiene la temperatura de la canica .  A8 – (Gritando) Es aislante.</p>	<p>PD- C, permite que una alumna que está verdaderamente confundida exponga ante todos sus dudas con respecto a sus resultados.  PA- C, A7 expone sus dudas sugiriendo con esto ayuda de todo el grupo.  A8- interviene con un nuevo elemento que explica mejor el fenómeno para a A7.</p>
<p>Ellas concluyeron eso, ¿”Los scorpions” qué concluyeron?</p>	<p>Scorpions – Como aislantes  A1 – las dos temperaturas no hubo mucha diferencia.</p>	<p>PD-C, indaga nuevos conocimientos.  PA- exponer sus resultados, A1 reflexiona sus resultados y cambia un poco su respuesta anterior.</p>
<p>Cuando hace mucho frío, ¿por qué me pongo un suéter de lana? ¿Por qué calienta un suéter de lana?, ¿la lana te mantiene caliente o te aísla?</p>	<p>Als- Aísla</p>	<p>PD- C, ayudar a la construcción del nuevo conocimiento.  PA- producen nuevos conocimientos.</p>

El A1 había dicho que la canica fría se mantenía por más tiempo en el aluminio y ahora dice que entre los dos materiales no había mucha diferencia por lo tanto ya empieza a dudar de lo que percibió y matiza lo que dijo.

### EL EXPERIMENTO DE HUMPHRY DAVY (ver anexo 3)

Se llevó a cabo en dos sesiones (de 50 minutos cada una) el laboratorio de física y química de la Escuela Secundaria.

DOCENTE	ALUMNOS	OBSERVACIONES
Vamos a realizar la siguiente actividad, les vamos a pasar las actividades, ustedes lean las indicaciones y luego lo contestamos. La maestra se acercó al equipo de "los sementales" y uno de los alumnos estaba leyendo para los demás el experimento de Davy, los demás lo escuchaban y lo corregían en su lectura. ¿Qué creen que observó Davy después de frotar los bloques de hielo?	A1- <u>Hubo fricción, se generó energía calorífica y se derritieron los hielos.</u>	PD- C indaga ideas previas sobre la producción de calor IP1- relacionan al calor con movimiento.
La maestra lee el experimento para todo el grupo. Hablemos del experimento, ¿Qué hizo Humphry Davy?	Als – Frotó los bloques de hielo.	PD- pide una descripción del experimento. PA- describe.
¿Qué observó H. Davy después de frotar los hielos?, por favor contesten su cuestionario individualmente, ¿Hay dudas?	Als - No	PD- TC, pide a los alumnos que resuelvan un cuestionario sobre ideas previas.
¿Seguros?	Los alumnos resuelven el cuestionario y <u>algunos dicen que al frotar no se produce calor.</u> A1 – <u>Con la fricción se produce calor, pero, ¿habrá algún material que al friccionarle no se produzca calor?</u>	IP2- no se relaciona el calor con la fricción. IP3- el calor asociado con la fricción. IP- metales aislantes del calor. ión.
Debido a tu experiencia, lo que has experimentado con diversos materiales y de acuerdo a lo que tú has observado, en este caso ¿piensas que los bloques se calentaron con la fricción?	A1 – Si se calentaron A2 – <u>En general el movimiento genera calor</u>	IP4- hay una relación del calor con el movimiento.
Muy bien, y ¿Que harían para reproducir el experimento de Humphry Davy en el laboratorio escolar?	A2 – Necesitamos dos bloques de hielo, podríamos poner dos clavos congelados y sujetarlos con dos hilos. A1 – Con los hilos para no tocarlos con las manos. A3 – Podríamos usar material frío.	PD- TC, promueve la reproducción de un experimento histórico importante y con esto propicia la indagación de los alumnos a la vez evoca su creatividad para sugerir materiales para el experimento. PA- C, creativos.
¿Podrían reproducir el experimento de H. Davy?, ¿Podrían tener los hielos?	Als- Si	PD- TC, promueve que el alumno llegue a los materiales que utilizó Davy.
¿Qué más podrían tener para mantener los hielos sin que se derritieran?	A4 – Hacerlo dentro de una nevera A3 – O dentro de un metal	PD- C, con estrategia que fomenta la reflexión. PA- C, creativo.

Pero ayer veíamos ¿que pasaba con los metales?	Als – Que el aluminio no era material poroso y por eso no conserva la temperatura.	PD- C, evoca los nuevos conocimientos que se produjeron en la sesión anterior. PA- utiliza el conocimiento anterior para explicar lo nuevo
¿Podríamos diseñar un artificio mecánico?	A2 – Si usando unas pinzas de seguridad o usar guantes de hule o de carnaza para no transmitirles calor a los hielos.	PD- C, propicia la creatividad de los alumnos. PA- C, creativo.
La maestra se va con un equipo de alumnas. ¿Qué harían para hacer el experimento de H. Davy en el laboratorio?	A1 – Podríamos utilizar paletas de hielo en lugar de bloques de hielo y conservarlos a temperatura baja y con los palitos frotarlos para no tocarlos con las manos.	PD- C, propicia la creatividad. PA- C, creativos.
¿En donde pondrían las paletas para mantenerlas a temperatura de congelación?	Als – En una hielera.	PD- C, evoca ideas previas. PA- C explicativo.
La maestra se va con el equipo de “los Scorpions” ¿Cómo podríamos reproducir el experimento de Humphry Davy en el laboratorio escolar?	A1 – Con guantes de látex resistentes para que no se congelen las manos, para que no se transmitan las bajas temperaturas del hielo. A2 – Las temperaturas se igualarían.	PD- C, propicia la creatividad. PA- C, creativo.
¿Qué podríamos utilizar para mantener los hielos a temperatura de congelación?	A3- Refrigerador, una nevera o recipiente con hielos.	PD- C, evoca ideas previas PA- C, explicativo
Dentro de “los Scorpions”, hay otra idea, ¿Cuál es?	A4 – <u>Cuando hay fricción solo hay desgaste.</u>	PD- C, evoca ideas previas. PA- C, explica sus ideas. IP5- con la fricción hay desgaste que lo provoca una fuerza
¿Por qué hay desgaste?	A4- <u>Por la fuerza.</u>	
Con el equipo de “pumitas” ¿Qué harían para realizar el experimento?	Karla- Podríamos usar cubos de hielo, pinzas de presión y una hielera, con las pinzas tomaríamos los bloques de hielo y frotaríamos los hielos.	PD- C propicia la creatividad. PA- C, creativo
Con el equipo de “las insuperables” Haber Cecilia ¿Qué comentaban?	Cecilia- Al frotar los hielos queremos saber si están a la misma temperatura pero <u>si los tocamos se van a empezar a derretir.</u>	PD- C, con estrategia de interrogatorio. PA- C, expone sus ideas previas. IP6- <u>si tocamos los hielos con las manos se van a empezar a derretir.</u>
¿Por qué se van a empezar a derretir?	Cecilia- porque les proporcionamos calor con las manos porque nuestra temperatura corporal es mayor que la del hielo.	PD- C, fomenta la explicación. PA- C, explicativo.
¿Y cómo es que esa temperatura se trasmite hacia el hielo?	Dulce- Por el movimiento de las moléculas y por que el calor es energía, entonces como energía tiene ciertas moléculas que empezarán a moverse de las manos a los cubos de hielo.	PD- C propicia la reflexión. PA- C- reflexivo.
¿Qué materiales usarían?	Als- Pinzas de seguridad y dos cubos de hielo.	

Y donde los pondrás para mantenerlos a temperatura de congelación.	Als- No sabemos	
¿Qué podrían utilizar?, ¿qué les puedo traer para mantener los cubitos de hielo?	Dulce- <u>Con un recipiente con más hielo, una hielera.</u>	PD- C, evoca ideas previas PA- C, explicativo. <u>IP7- el hielo se mantiene frío en un recipiente con más hielo o en una hielera.</u>
La maestra ahora se dirige a todo el grupo y les dice: aquí está lo que sugirieron (para el experimento): hielera, guantes, bloques de hielo... El experimento fue demostrativo y decidieron que Darío lo realizara.		PD- C, toma en cuenta los materiales sugeridos por los alumnos, PA- C, dispuesto a la indagación.
Por cuestiones de tiempo la maestra es quien prepara el material para el experimento: introduce en la hielera un cristalizador, y la cubre con plástico transparente le hace a éste dos orificios con unas tijeras para que el alumno Darío introduzca los hielos con las manos con los guantes que previamente se ha colocado.	Darío se coloca los guantes, introduce los bloques en la hielera y dentro de ésta empieza a frotarlos. Después de un rato dice: “el agujero ya está muy grande y puede entrar aire” (se refiere a los orificios que se le hicieron al plástico).	PD- TC, no da la oportunidad de que los alumnos construya el dispositivo para la investigación pero fomenta la indagación.  PA- C, ejecuta la actividad y al ver lo que sucede quiere controla una variable que puede alterar el experimento.
Después de un rato la maestra pregunta: ¿Qué ves Darío?	A1- Que se está derritiendo. Darío- Nada las manos se me están enfriando.	PD- C, pide descripción de las observaciones. PA-C, descriptivo con relación a lo que él le sucede como consecuencia de la experimentación.
¿Qué hay abajo en el recipiente?	Darío-Agua líquida.	PD- C, pide cuenta de las observaciones. PA- descriptivo.
La maestra se dirige a los alumnos y les dice: “vayan pasando para que ver que está haciendo Darío”.	Darío- Se me están enfriando las manos.	
¿Qué está pasando Darío?	Darío- Mis manos se me están enfriando.	
¿Qué hay abajo?	Parece que hay agua y un pedazo de hielo (sigue frotando los bloques), ¿Cuánto tiempo tengo que estar así?, ya me duelen mis manos, hay un pedazo de hielo más abajo. Los alumnos pasan a ver lo que hizo Darío.	PD- C, pide descripción de la experiencia material. PA- C, describe su experiencia.
La maestra saca el cristalizado y lo enseña con agua líquida. ¿Qué tenemos ahora?	Als- Agua líquida	PD- TC, expone el resultado de la experiencia experimental pero no deja que el alumno que lo realizó lo haga.
Por favor respondan la siguiente hoja del cuestionario.		

	<p>Roberto (eq."los sementales"), muestra cuatro dibujos que hizo como diseño para hacer el experimento de H Davy:</p> <p>Explica: 1ª forma, dos molinos en donde estén bien fijados los hielos para friccionar los hielos y cuando se friccionan se produce una onda de calor.</p> <p>2ª Forma: se utilizarían guantes de látex o carnaza para no transmitirles calor.</p> <p>3ª- pinzas de seguridad metálicas, se fijan bien en el hielo ya que en la clase anterior fue muy complicado agarrar las canicas con las pinzas...hacer fricción de arriba hacia abajo.</p> <p>4ª forma- un ladrillo y se frotaría, ni muy delgado ni muy grueso.</p> <p>Por iniciativa propia este alumno hizo este trabajo que fue adicional a lo que se les pidió.</p>	<p>PD- C, facilita que un alumno exponga lo que diseñó para llevar a cabo el experimento de H. Davy.</p> <p>PA- C, creativo, motivado por la apertura que da el docente.</p>
--	---	--

## PLENARIA DE DISCUSIÓN

Se llevó a cabo al término del trabajo experimental en el laboratorio.

DOCENTE	ALUMNOS	OBSERVACIONES
¿Qué observaron después de que frotaron los bloques de hielo?	Als- Se derritieron	PD- C, con estrategia indagatoria que fomenta la descripción de los hechos. PA- da cuenta de los hechos
¿Por qué se derritieron?	Als- por la fricción	PD- C, fomenta la explicación. PA- C, explicativo
¿Qué es la fricción?	Als- Genera calor Als- Es movimiento Als- Es transferencia de calor o energía	PD- C, fomenta la reflexión. PA- da explicación producto de su reflexión.
¿Por qué creen que fue importante no tocar los hielos con las manos?	Als- <u>porque se transmite el calor</u>	PD- C, evoca ideas previas. PA- C, da cuenta de sus ideas.  IP1- <u>el calor se transmite de las manos al hielo.</u>
¿Sólo con la fricción se produjo calor?	Darío- Muy lentamente pero al final de cuentas cambiaron de estado.	PD- C, fomenta la reflexión. PA- C, defiende su idea usando su experiencia en el laboratorio.

	Gabriel se dirige a todo el grupo y pregunta: ¿Si habrá dos cosas que al friccionarse no se caliente o se mantenga su temperatura? Als- No hay Roberto- <u>Hielo seco, nitrógeno líquido.</u>	PD- C, facilita la participación espontánea de los alumnos. PA- C, explora el pensamiento de sus compañeros a través de plantearles una situación sobre los fenómenos observados durante la experimentación. IP2- <u>el hielo seco y el nitrógeno líquido no producen calor al friccionarse.</u>
¿Con qué podremos friccionar nitrógeno líquido?	Als- No se puede	PD- C aprovecha la participación espontánea y los ejemplos de los alumnos para plantearles una nueva situación que ayuda al aprendizaje.
Podríamos introducirle unas paletitas al líquido que friccionarían con el nitrógeno líquido, bueno nos vemos la próxima clase gracias.	Als- se despiden	PD- C- ayuda a los alumnos a solucionar el problema planteado por un compañero.

### LECTURA DE DOS TEORÍAS ACERCA DEL CALOR (ver anexo 4)

“Teoría del Calórico” de Lavoisier y “El calor como producto de las partes que constituyen a los cuerpos” del Conde de Rumford.

La lectura y su discusión se llevaron a cabo en una sesión de 50 minutos.

DOCENTE	ALUMNOS	OBSERVACIONES
Estamos con el grupo 3° D, el laboratorio de física y química, a continuación vamos a leer dos teorías acerca del calor de: Lavoisier y del Conde de Rumford que les vamos a pasar a continuación.	Una alumna lee para el grupo la teoría del calórico de Lavoisier. A otra alumna le toca leer para el grupo la teoría del calor del Conde de Rumford.	
La segunda teoría está muy larga y ésta segunda parte de la lectura les leeré lo más esencial.	A los alumnos se les hizo larga la lectura y se distraen.	PD- T, lee y explica el experimento. PA- pasivos.
La maestra lee una parte de la teoría de Rumford.		PD- TC, resalta ideas principales de la teoría de Rumford. PA- pasivos.
Para Rumford no tiene peso el calor, ¿Para Lavoisier?	Als- Si	PD- TC, trata de que los alumnos se percaten de las diferencias que hay entre las dos teorías del calor. PA- pasivos
Lee para el grupo las preguntas que vienen al final de las dos teorías y pregunta, ¿Quién me puede recordar el experimento de Humphry Davy?	A1- Yo, al frotar dos hielos la fricción hace que los hielos se descongelaran por el calor.	PD- TC, trata de vincular las lecturas con el experimento de H. Davy para que los alumnos contesten las preguntas de un cuestionario. PA- activo, recuerda y describe el experimento de la clase anterior.

<p>Había la producción de agua líquida al frotar los hielos. Discutan las dos teorías acerca del calor por equipo. La maestra pregunta:</p>	<p>Los alumnos por equipo discuten un poco las dos teorías.</p>	<p>PD- C, fomenta la discusión entre los equipos para que vinculen el conocimiento anterior con lo nuevo. PA- C, discuten las teorías del calor.</p>
<p>¿Cómo se llaman las teorías?</p>	<p>Varios alumnos: Calórico y teoría del calor como producto del movimiento...</p>	
<p>Leeremos las características de la teoría del calórico: 1, 2, 3, 4, 5. La maestra les explicó rápidamente la teoría del calórico y la teoría del Conde de Rumford y dijo: “a finales del S.XVIII los cañones se hacían en moldes, vertían el metal caliente y cuando se solidificaba el metal: ¿Adivinen cómo se hacía el hueco al metal?</p>	<p>Als – con un taladro</p>	<p>PD- T, explica las dos teorías al ver que en los alumnos no ha despertado el interés.</p>
<p>Perforaban eso y quedaba el hueco, ¿Qué observó Rumford cuando se perforaba el metal?</p>	<p>Als – que se calentaba</p>	<p>PD- TC, trata de que los alumnos describan los resultados del experimento de Rumford. PA- C, describen los resultados.</p>
<p>¿Por qué se calentaba?</p>	<p>Als – por la fricción del metal con la taladradora.</p>	<p>PD- C, pide explicación de los resultados del experimento. PA- C, dan una explicación.</p>
<p>La maestra dice: entonces lo que pensaba lo resume en tres cosas (lee): 1. El ilimitado calor que se produce en un cuerpo pudiera estar producido por el movimiento de sus moléculas. 2. A presión de una atmósfera (nivel del mar), el agua a 41°F (5° C) es más densa (más pesada por volumen) que el agua a 32°F (0° C). De este modo la expansión (aumento de volumen) térmica no puede ser explicada como el efecto de la materia con algo de sustancia “calórica” o por alguna la repulsión entre partículas de los cuerpos y partículas de una sustancia “calórica”. 3. Después de que una gran cantidad de calor ha de ser tomada o adicionada a los cuerpos, el peso del resto del cuerpo es el mismo por lo tanto el calor no tiene peso.  ¿Con qué relacionaba Rumford el calor?</p>	<p>Als- Con el movimiento</p>	<p>PD- para reforzar lo que los alumnos explican recurre a leer nuevamente las conclusiones a las que llegó Rumford y al final hace una pregunta para aclarar el pensamiento de éste investigador.  PA- activo, responden la pregunta.</p>

<p>La maestra pregunta:          ¿Para Lavoisier tenía peso el calor?          ¿Para Rumford?          ¿Hay diferencia entre la teoría del calor de Lavoisier y de Rumford?</p>	<p>Als- Si          Als- No          Als- Para Lavoisier era un fluido liviano, para Rumford era movimiento.          A1- <u>El calor se puede ver en la teoría de Lavoisier y yo pienso que más bien se puede sentir.</u></p>	<p>PD- C, propicia nuevamente que los alumnos identifiquen las diferencias entre las dos teorías y con esto logra también evocar más ideas previas.          PA- C logran establecer correctamente una diferencia entre las dos teorías del calor.          IP1- <u>el calor no se ve pero se siente.</u></p>
<p>Hay algo que les quiero preguntar a todos, ¿Por qué en sus respuestas del primer cuestionario hablan acerca de que el calor es subjetivo y la temperatura objetiva?          ¿Eso lo sacaron de algún libro?          Muy bien.</p>	<p>A2- Objetivo es algo preciso y subjetivo es que depende de cada quien.          Als- Lo vimos en clase.</p>	<p>PD- C, recurre a las ideas previas para aclarar nuevos conocimientos.          PA- C, aclara la diferencia que hay entre dos conceptos que tienen que ver con calor y temperatura y al parecer le parecen coherentes.</p>
<p>Rumford dice que el calor se produce por el movimiento.</p>	<p>A3- Tiene razón          Esta respuesta del alumno 3 no fue escuchada por la maestra durante la sesión sino hasta que se revisó el video.</p>	<p>PD- C, recurre a los argumentos de Rumford para que los alumnos también relacionen el movimiento con el calor.          PA- C logra relacionar el calor con el movimiento muy bien.</p>
<p>La maestra explica el experimento de Rumford de la taladradora operada con caballos y les dice a los alumnos que: "giraba tan rápido la taladradora que hervía el agua sin prender ningún fuego, esto asombró a sus espectadores y preguntó ¿Por que hierve el agua?"</p>	<p>A4- Por el movimiento de fricción del metal contra el agua.</p>	<p>AP- Como se puede apreciar ya este alumno logra relacionar al calor con el movimiento.</p>
<p>¿Si hiciéramos ese experimento podríamos elevar la temperatura del agua?</p>	<p>Als- Si</p>	<p>PD- C, sugiere la indagación.</p>
<p>Si ponen en un recipiente el agua y le hacen así (mueve las manos como si girara algo), ¿Qué sucederá?</p>	<p>Als- Se calienta</p>	<p>PD- C, propicia que la nueva información se aplique a otro contexto.</p>
<p>Ustedes vieron que al frotar los hielos que estaban muy fríos se obtuvo agua líquida, ¿Había calórico en el hielo?          La maestra guarda silencio., entonces los alumnos dicen:</p>	<p>Als- Si          Als- No</p>	<p>PD- C, recurre al conocimiento obtenido de la experimentación para aclarar el nuevo conocimiento.          Desafortunadamente algunos alumnos todavía aceptan que el hielo contiene calórico.</p>
<p>Yo no sé si en el metal de Rumford había calórico, ¿Qué fue lo que provocó en el experimento de Rumford que hirviera el agua?</p>	<p>A5- el movimiento</p>	<p>PD- C, adopta una actitud imparcial para que los alumnos de acuerdo a sus nuevas construcciones incorpore a su explicaciones el nuevo conocimiento.  <u>AP.A5-relaciona el calentamiento con el movimiento.</u> Para esto recurre a la teoría de Rumford.</p>

Pero para Lavoisier el calórico estaba dentro de las sustancias. Recuerden que decía que al encender unos leños su calórico pasa a la olla y de la olla al agua y cuando ésta se llena de calórico se evapora". Por favor contesten las preguntas del cuestionario sobre las teorías del calor.		
La maestra deja un tiempo para que discutan y aborda al equipo de los pumitas. A qué conclusiones llegaron el equipo de "los pumitas"	Karla- Que Lavoisier decía que el calor tenía peso y Rumford decía que no.	PD- C, propicia la discusión entre los alumnos y pide explicaciones. PA- C, explica.
Esa es una diferencia y ¿ustedes que piensan chicas?  ¿Otra diferencia?, ¿Cuál teoría creen que explica mejor lo que es el calor y por qué?	Omar- Lavoisier decía que el calor se veía y el conde no creía eso, aparte el conde decía que el calor era muy ligero. Karla- la segunda porque es más grande y da más ejemplos.	PA, Omar, da una explicación correcta de la teoría de Rumford aunque tiene la idea de que el Conde dijo que el calor era un fluido ligero. PD- C, promueve que los alumnos encuentren más diferencias entre las dos teorías.
La teoría de Lavoisier es tan grande como la de Rumford y no por ser una más grande que otra por eso sea mejor.	Karla – Además también Rumford te está diciendo que el calor se genera por fricción del taladro con el metal y por eso se calienta el agua. Omar – en mi opinión la segunda porque <u>el Conde explica mucho mejor como se produce el calor de la fricción con el taladro y la de Lavoisier no sería nada lógico saber que el calor pesa.</u>	AP, Karla- menciona la característica más importante de la teoría de Rumford: <u>el calor se genera por fricción.</u> AP,Omar, <u>el Conde explica mucho mejor como se produce el calor de la fricción con el taladro y la de Lavoisier no sería nada lógico saber que el calor pesa.</u>
Me podrían decir ¿Cual teoría explica mejor el experimento de Humphry Davy y por que?	Karla- La segunda	PD- C, propicia la elección de un argumento.
Alguien quiere decir ¿por qué?	Karla – porque tiene más similitud Davy y los resultados pueden ser muy similares .	AP, Karla- logra vincular los argumentos de dos investigadores.
Ahora sin hacer caso de lo que dice este texto para ti, ¿Qué es el calor?	A1- Es un tipo de energía que se presenta en los cuerpos, el calor se puede medir.	AP, A1 Aquí hay un cambio muy notorio en el modelo ya que todos los alumnos tenía la idea previa de que el calor no se medía porque no era una magnitud.
¿y la temperatura?	A2 – también Omar – Se que el calor no se puede medir y la temperatura si por que el calor no es una magnitud.	
Tu (se dirige a otra alumna), ¿Con cual teoría estás de acuerdo? ¿Piensas que el calor es una sustancia y que el calor tiene peso?	Yo, con la de Antonio (refiriéndose a la de Lavoisier).  No	
Entonces que piensas	La alumna se queda callada.	
Pero de acuerdo a estas dos teorías ¿Quien explica mejor lo que es el calor?	Benjamín	

¿Por qué?	Se quedó pensando, no respondió	
Te dejamos para que lo pienses La maestra se va con otro equipo.		
La maestra con otro equipo ¿Que teoría explica mejor lo que es el calor	A1- la primera teoría dice que el calor es una sustancia y la segunda dice que es un fluido ligero.	
¿La primera dice que el calor es una sustancia y Rumford que es un fluido ligero? Vamos a leer... para Rumford el calor se generaba por el movimiento y <u>no</u> era un fluido ligero. Era un fluido liviano ¿Para quién?	Als- Para Lavoisier	
¿Cuál sería otra diferencia?	A2- <u>La segunda el calor se produce por el choque de dos cuerpos, para Lavoisier se transmitía.</u>	PD- C, fomenta que los alumnos caractericen las dos teorías del calor. AP, A2- <u>relaciona el calor con el choque de la materia</u>
¿Cómo una sustancia o algo así?	A1 – Si por ejemplo...	
¿Qué teoría explica mejor lo que es el calor?	A3- Yo pienso que la de Lavoisier	
¿Por qué?	A3- Porque el calor se transmite de un cuerpo a otro.	
¿No se genera por la fricción?, eso que hizo H. Davy, ¿No se relaciona con la fricción?	A1- Si	
¿Se produjo por el movimiento?	A1- Si A2- yo digo que los <u>dos cubos de hielo se derritieron por la fricción</u> y es lo que demuestra la segunda teoría. A1- Estoy de acuerdo con la teoría de Lavoisier pero <u>el calor no es una sustancia pero se puede transmitir.</u> A3- (esta alumna trata de explicar a su compañera las dos teorías). Al friccionar dos cuerpos se ponen más calientes y la primera teoría que es que es un "líquido" que se pasa a otro cuerpo y se pone más caliente. A1- sigo de acuerdo con Lavoisier	PD- C, fomenta la explicación y la reflexión. AP, A2- relaciona la teoría de Rumford con el experimento de H. Davy. <u>los dos cubos de hielo se derritieron por la fricción..</u> AP, A1- a su modelo le agrega que el calor no es una sustancia pero ella dice que sigue de acuerdo con Lavoisier por que dice que el calor se transmite. AP, A3- ayuda a A1 a distinguir bien las diferencias de las dos teorías y trata de que rechace la teoría de Lav
La maestra se va con el equipo de "los scorpions" y pregunta: ¿Hay diferencia entre la teoría de Rumford y la de Lavoisier?	A1- <u>Si, de que Lavoisier pensaba que era una sustancia y Rumford decía que era energía o movimiento.</u>	PD- C, fomenta la diferenciación. AP, A1- C, establece muy bien la diferencia entre las dos teorías.
¿Alguna otra diferencia jóvenes? ¿Qué decía el Conde de Rumford? ¿Alguna otra diferencia?	A2- Si que tenía peso para Lavoisier A2- que no tenía peso. A1- Lavoisier pensaba que el calor se podía ver y Rumford decía que se sentía. A3- No decía que se sentía, el calor se genera por fricción A1- al friccionar dos cuerpos.	AP, A2- C establecer correctamente una diferencia entre las dos teorías. AP, A3- C, su aprendizaje es el producto de distinguir correctamente las características de las dos teorías.

¿Cómo saben que se genera por fricción?, ¿dónde vieron que el calor se genera por fricción	A2- En el experimento de H. Davy	PD- C, propicia que el alumno vincule la experiencia experimental con el nuevo concepto de que el calor se genera por fricción.
¿Qué teoría explica mejor el experimento de H. Davy?	A1- La de Rumford porque al perforar el metal el taladro vendría siendo la fricción y entonces se genera el calor.	AP-Los alumnos de ese equipo están de acuerdo con la teoría de Rumford y ya relacionan el calor con movimiento.
La maestra se va con el equipo de “los sementales”.	Gabriel- Si hay diferencia entre las dos teorías, si dice que el calórico es una sustancia elástica, se puede ver.	
¿Cuál teoría explica mejor el experimento de H. Davy?	Roberto- La de Rumford por que dice que el calor se produce por la fricción como lo demostró en su experimento.	
Para ti ¿el calor es una sustancia?	Roberto- Para mi es una sustancia. A1- Para mi <u>el calor se genera por movimiento.</u>	A1- vincula el calor con movimiento.

### EL EXPERIMENTO DE JOSEPH BLACK (ver anexo 5)

se realizó en dos sesiones de 50 minutos cada una.

DOCENTE	ALUMNOS	OBSERVACIONES
La maestra y el maestro del laboratorio les pasan a los alumnos el texto que contiene el experimento de Black con su correspondiente cuestionario. La maestra lee el experimento de Joseph Black y pide a los alumnos que contesten las preguntas del cuestionario previas a éste (anexo 5) y les dice: Al final me dicen qué materiales sugieren para realizar el experimento de J. Black.		
¿Qué sustancias sugieren?	Als- Alcohol, aceite de oliva, agua, agua oxigenada, refresco, saliva, avena.	
¿Qué material necesitan?	Als- vasos, termómetro, lámpara de alcohol...	
La maestra muestra que tienen alcohol, agua y vinagre, ella por cuestión de tiempo es quien mide las sustancias en una probeta y las vacía a los vasos de precipitados. Le ponemos 20 mL de cada sustancia ¿les parece? Vacía en un vaso de precipitados las sustancias y dice: hay que tomar la temperatura inicial ¿cuál es?		

Posteriormente la maestra decide poner 50 mL de cada sustancia en lugar de 20mL. La maestra pregunta: ¿Quién le toma la temperatura inicial?	A1- 22°C el alcohol, vinagre 20.8°C y agua 21°C Los alumnos vuelven a tomar la temperatura para confirmar y cambian la del alcohol que es 22 ° C.	
¿Qué calentamos primero? Se calienta un minuto cada sustancia.	Als- El agua. Un alumno se encarga del tiempo. $T_{f\text{ agua}} = 35^\circ\text{C}$	
¿Qué tienen igual?	Als- La fuente de calor Ponen a calentar el vinagre.	
¿Cuánto subió el vinagre?	Als- a 36°C	
Ahora el alcohol.	A1- Subió hasta 42°C	
Ahora dejamos que el agua siga hirviendo, ya sabemos la temperatura inicial. Ahora ¿las tres sustancias alcanzaron la misma temperatura?	Als- No	
¿Les aplicamos el mismo calor?	Als- Si	
Las tres sustancias tienen más o menos la temperatura inicial, fue de 21 y el agua 22°, pero subieron diferente temperatura en un mismo tiempo ¿Por qué?	La densidad	PD- C, a través de los datos obtenidos de la medición de las temperaturas propicia la explicación y la reflexión de los alumnos.
El volumen era el mismo ¿Por qué no subieron la misma temperatura si las tres recibieron la misma cantidad de calor, absorbieron el mismo calor.	A2- <u>Tienen la misma cantidad de calor pero tienen diferente temperatura.</u>	PD- C, aclara que están controladas algunas variables del experimento y con esto fomenta que los alumnos den una nueva explicación. AP, A2- C, logra distinguir que el calor y temperatura no es lo mismo.
¿Qué concluimos?	Dulce- por sus moléculas que no se movieron a la misma velocidad.	
A ver Dulce mide la temperatura del agua.	Dulce- 93°C	
Pero si le sigo proporcionando calor ¿Por qué tiene la misma temperatura?	A2- Porque se está evaporando el agua.	PD- C, pretende el desequilibrio conceptual. AP, A2- cambio de modelo se conserva la temperatura porque hay un cambio de fase y de acuerdo a sus ideas previas la temperatura aumentaba.
¿Qué contestaron cuando les pregunté qué sucedía con la temperatura si al hervir el agua se sigue calentando?	Als- que aumenta.	
Y ahora nos damos cuenta de que no aumenta y absorbe y absorbe calor, que tal si lo reflexionan y mañana les doy un cuestionario para que lo contesten y ¿Calor es lo mismo que temperatura? Esta sesión fue de tres clases seguidas y los alumnos ya estaban muy cansados y se tenían que ir a su siguiente clase y ya no pude ahondar más en las ideas nuevas de los niños.	Als- No	

**ANEXO 7****CONTENIDOS TEMÁTICOS DE LAS ASIGNATURAS DE FÍSICA II DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS DE 1993 Y DE CIENCIAS II (FÍSICA) DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS DEL 2006****FÍSICA II****BLOQUE I****CALOR Y TEMPERATURA****1.1 Medición de la Temperatura. El uso del Termómetro**

- Diferencia entre calor y temperatura
- Concepto de equilibrio térmico
- La dilatación de los fluidos y la construcción de los termómetros
- Escalas de temperatura: Celsius, Fahrenheit y Kelvin como escala fundamental
- Puntos de fusión y ebullición. Factores que los modifican
- Aplicaciones de los estudios sobre el calor

**1.2 La Diferencia de Temperaturas con motivo de la Transferencia del Calor**

- El calor como energía de tránsito
- Dirección del flujo del calor
- Mecanismos de transmisión de calor

**1.3 Equivalente Mecánico del Calor**

- El joule como unidad de calor

**1.4 Efectos del Calor sobre los Cuerpos**

- Relación entre el calor y la elevación de la temperatura
- El calor y las transformaciones de los estados de la materia

**1.5 Máquinas Térmicas**

- Conversión parcial del calor en trabajo

- El funcionamiento del refrigerador

## **BLOQUE II**

CUERPOS SÓLIDOS Y FLUIDOS

## **BLOQUE III**

ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO

## **BLOQUE IV**

ÓPTICA Y SONIDO

**Los conceptos de calor y temperatura dentro de los contenidos del programa (2006) de la asignatura de Ciencia II, 2º grado.**

## **BLOQUE I**

EL MOVIMIENTO. LA DESCRIPCIÓN DE LOS CAMBIOS DE LA NATURALEZA

## **BLOQUE II**

LAS FUERZAS. LA EXPLICACIÓN DE LOS CAMBIOS

## **BLOQUE III**

LA INTERACCIÓN DE LA MATERIA. UN MODELO PARA DESCRIBIR LO QUE NO PERCIBIMOS

1. LA DIVERSIDAD DE LOS OBJETOS
2. LO QUE NO PERCIBIMOS DE LA MATERIA
3. CÓMO CAMBIA EL ESTADO DE LA MATERIA

### **Calor y temperatura, ¿son lo mismo?**

- Experiencias cotidianas alrededor del calor y la temperatura

- Explicación de la temperatura en términos del modelo cinético; La medición de la temperatura.
- Explicación del calor en términos del modelo cinético. La energía térmica.
- Diferencias entre calor y temperatura.
- Transformaciones entre calor y otras formas de energía.
- Principio de conservación de energía.

## **BLOQUE IV**

MANIFESTACIONES DE LA ESTRUCTURA INTERNA DE LA MATERIA

## **BLOQUE V**

CONOCIMIENTO SOCIEDAD Y TENOLOGÍA

## **CIENCIAS II (FÍSICA)**

### **BLOQUE I**

EL MOVIMIENTO. LA DESCRIPCIÓN DE LOS CAMBIOS DE LA NATURALEZA

### **BLOQUE II**

LAS FUERZAS. LA EXPLICACIÓN DE LOS CAMBIOS

### **BLOQUE III**

LA INTERACCIÓN DE LA MATERIA. UN MODELO PARA DESCRIBIR LO QUE NO PERCIBIMOS

4. LA DIVERSIDAD DE LOS OBJETOS
5. LO QUE NO PERCIBIMOS DE LA MATERIA
6. CÓMO CAMBIA EL ESTADO DE LA MATERIA

#### **Calor y temperatura, ¿son lo mismo?**

- Experiencias cotidianas alrededor del calor y la temperatura

- Explicación de la temperatura en términos del modelo cinético; La medición de la temperatura.
- Explicación del calor en términos del modelo cinético. La energía térmica.
- Diferencias entre calor y temperatura.
- Transformaciones entre calor y otras formas de energía.
- Principio de conservación de energía.

#### **BLOQUE IV**

MANIFESTACIONES DE LA ESTRUCTURA INTERNA DE LA MATERIA

#### **BLOQUE V**

**CONOCIMIENTO SOCIEDAD Y TENOLOGÍA**