



SECRETARÍA ACADÉMICA
COORDINACIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN DESARROLLO EDUCATIVO

**“Construcción de modelos explicativos de la
transferencia de calor por conducción: un caso en
secundaria”**

Tesis que para obtener el Grado de
Maestra en Desarrollo Educativo

Presenta

Paola Evelina Morales Gallardo

Directora de tesis

Dra. Dulce María López Valentín

Mis sinceros agradecimientos a:

A mi Directora de tesis Dra. Dulce María López Valentín por ser una luz en mi camino, por sus conocimientos y comentarios para la realización de este trabajo, pero sobre todo por su apoyo incondicional.

A mis lectores de tesis y maestros Dra. Diana Patricia Rodríguez Pineda, Dra. Flor de María Reyes Cárdenas, Dr. Ángel López y Mota y Mtro. David Andrés Sánchez Bonell. Gracias por sus comentarios que contribuyeron a enriquecer entre trabajo de tesis.

A mis compañeros y amigos de la línea: Meztli, Mirna, Martha, Agnan e Isabel por su apoyo y acompañamiento durante todo este tiempo y aún después de haber concluido los semestres.

A mi madre Georgina Gallardo Chávez, amiga y cómplice, gracias por tu apoyo incondicional durante todo este tiempo, por creer siempre en mí, te amo.

A mi familia, tíos, primos, sobrinos y amigos por su acompañamiento durante todo este tiempo, los amo.

Índice

Preámbulo	6
Capítulo 1. Reconociendo el problema. Planteamiento	9
1.1 Problemática en cuanto al aprendizaje y la enseñanza de las ciencias a nivel secundaria	10
1.2 Problemática detectada en clase	15
1.2.1 <i>Dificultades con el concepto “calor”</i>	16
1.3 Bosquejo histórico de calor	20
1.3.1 <i>El elemento fuego</i>	21
1.3.2 <i>El flogisto</i>	22
1.3.3 <i>Teoría del calórico</i>	23
1.4 Justificación	26
1.5 Objetivo de la tesis	28
1.6 Pregunta de investigación/ intervención	28
Capítulo 2. Marco Referencial sobre conducción de calor	30
2.1 Lo que dice la ciencia cognitiva	32
2.1.1 <i>Ideas previas sobre el concepto calor</i>	35
2.2 Lo que dice el contexto curricular desde la educación básica	43
2.2.1 <i>Planes y Programas de Estudios</i>	43
2.2.2 <i>Los libros de textos autorizados por la SEP</i>	50
2.3 Lo que dicen los libros de texto universitarios	59
Capítulo 3. Marco Teórico	66
3.1 Enfoque disciplinar	67
3.1.1 <i>Termodinámica</i>	70
3.1.2 <i>Teoría cinética de partículas</i>	77
3.1.3 <i>Transferencia de calor por conducción</i>	80
3.2 Enfoque epistemológico	84
3.2.1 <i>Ciencia cognitiva</i>	87
3.2.2 <i>Modelos y modelización</i>	90
3.3 Enfoque didáctico	94
3.3.1 <i>Ciencia escolar</i>	94
Capítulo 4 Construcción de modelos	98
4.1 Presentación del fenómeno a modelizar	101

4.2 Diseño y construcción de modelos	104
4.2.1 <i>Modelo Explicativo Inicial (MEI)</i>	105
4.2.2 <i>Modelo Curricular</i>	108
4.2.3 <i>Modelo científico a partir de los libros de texto universitarios</i>	111
4.3 Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA)	114
4.4 Comparación de los modelos: MEI y MCEA	119
4.5 Utilidad del MCEA	122
Capítulo 5. Estrategia Didáctica: diseño y aplicación	124
5.1 Estructura de la estrategia didáctica	126
5.1.1 <i>Estrategia didáctica (ED)</i>	127
5.1.2 <i>Criterios de diseño derivados del MCEA</i>	129
5.1.3 <i>Objetivos de la estrategia didáctica</i>	130
5.1.4 <i>Secuencia didáctica</i>	131
5.1.5 <i>Secuencia de contenido</i>	135
5.2 Selección y diseño de las actividades didácticas	138
5.2.1 <i>Actividades de exploración</i>	139
5.2.2 <i>Actividades de introducción de nuevos puntos de vista</i>	140
5.2.3 <i>Actividades de síntesis y aplicación</i>	141
5.3 Pilotaje de la estrategia didáctica	143
5.4 Aplicación definitiva de la ED	145
5.5 Tipo de investigación/intervención	145
Capítulo 6. Análisis de los datos y resultados	146
6.1 Ruta de análisis	148
6.1.1 <i>Instrumentos utilizados</i>	150
6.2 Categorías de análisis	152
6.2.1 <i>Análisis de datos</i>	153
6.3 Interpretación de los resultados por etapas	157
6.3.1 <i>Etapas de exploración</i>	158
6.3.2 <i>Etapas de introducción de nuevos puntos de vista</i>	183
6.3.3 <i>Etapas de síntesis y aplicación</i>	202
6.3.4 <i>Modelos logrados (ML)</i>	214
Conclusiones	226
Referencias bibliográficas	231

Anexos240

Anexo 1240

Anexo 2241

Anexo 3242

Anexo 4243

Anexo 5244

Anexo 6248

Anexo 7251

Anexo 8253

Anexo 9254

Anexo 10255

Anexo 11259

Anexo 12264

Anexo 13265

Anexo 14269

Anexo 15270

Anexo 16271

Preámbulo

Ante la problemática detectada dentro de las aulas escolares como es la confusión de los conceptos relacionados a calor, temperatura y transferencia de calor que existe en los estudiantes, surge la necesidad de innovar la enseñanza de las ciencias, en este caso me refiero específicamente a la enseñanza de la Física, teniendo como antecedente que, para la mayoría de los estudiantes de nivel secundaria les parece una asignatura “difícil” de aprender o “aburrida” ya que no le encuentran utilidad en su vida cotidiana.

Por tal motivo la enseñanza de la ciencia a partir del entendimiento de los fenómenos que nos rodean cobran sentido en esta propuesta de intervención educativa, en la cual se pretende no sólo ayudar a los estudiantes a entender la asignatura de física, sino también puede ser útil para los profesores al retomar nuevos planteamientos a desarrollar en su salón de clases como es el caso de la modelización.

Este trabajo de tesis fue desarrollado dentro de la Maestría en Desarrollo Educativo perteneciente a la línea Educación en Ciencias, correspondiente a la Generación 2012-2014, en la Universidad Pedagógica Nacional Unidad Ajusco.

La información de este trabajo de intervención/investigación se encuentra estructurada de la siguiente manera, iniciando con el orden jerárquico del cual se encuentran integrados los capítulos que a continuación se presentan.

En el capítulo 1 se presenta el planteamiento del problema, retomando aspectos desde la perspectiva detectada en la enseñanza y aprendizaje relacionado a la conducción del calor visto como una forma de transferencia de calor. Después se profundiza en la problemática detectada en el salón de clases y se continúa con el bosquejo histórico del calor, el cual muestra el recorrido histórico que tuvo el concepto de calor, principal obstáculo epistemológico en la enseñanza de este concepto a lo largo de la historia de la ciencia al ser identificado como sustancia. Se concluye con la justificación, pregunta de investigación/ intervención y objetivos.

En el capítulo 2 se presenta el Marco referencial de conducción de calor. Retomando aspectos importantes para su construcción como: ideas previas sobre todo lo referente al fenómeno, Planes y Programas de Estudio autorizados por la Secretaría de Educación Pública referente a Ciencias II (énfasis en física), así como libros de texto autorizados sobre el tema transferencia de calor. Por último se presenta la información analizada de libros de texto especializados acerca de conducción de calor (Transferencia de calor).

El capítulo 3 Marco Teórico, corresponde a la información que sustenta este trabajo de tesis, y se clasifica en tres enfoques:

- El disciplinar aborda aspectos que tienen que ver con la Teoría cinética de partículas y Termodinámica para conocer sus aportes al estudio del fenómeno de conducción de calor.
- El epistemológico presenta los sustentos epistemológicos: y el enfoque de la modelización, así como el planteamiento de trabajar con modelos, hasta llegar al modelo científico escolar de arriba.
- El enfoque didáctico presenta la importancia de la ciencia escolar al diferenciarla de la ciencia erudita. Finalizando con la transposición didáctica en el aula escolar.

El capítulo 4 titulado Construcción de modelos, está enfocado a la presentación de los modelos teórico: MEI (Modelo Explicativo Inicial), MCu (Modelo Curricular) y MC (Modelo Científico) que dieron origen al *Modelo científico escolar de arriba* (MCEA) sobre conducción de calor.

En el capítulo 5 se presenta el diseño y aplicación de la estrategia didáctica, la cual integra una serie de actividades didácticas con la finalidad de modelizar el fenómeno de

conducción de calor, a nivel secundaria en la asignatura de Ciencias II (énfasis en física).

El capítulo 6 presenta los resultados obtenidos de la aplicación de la estrategia didáctica. Así como lo modelos inferidos de los datos registrados en los instrumentos que fueron aplicados en las diferentes etapas de la secuencia, lo cual fue de utilidad para conocer los *Modelos Logrados* (ML1 y ML2) sobre conducción de calor a nivel microscópico y macroscópico.

Y por último, presento las conclusiones y perspectivas generadas a partir de la aplicación de la estrategia didáctica.

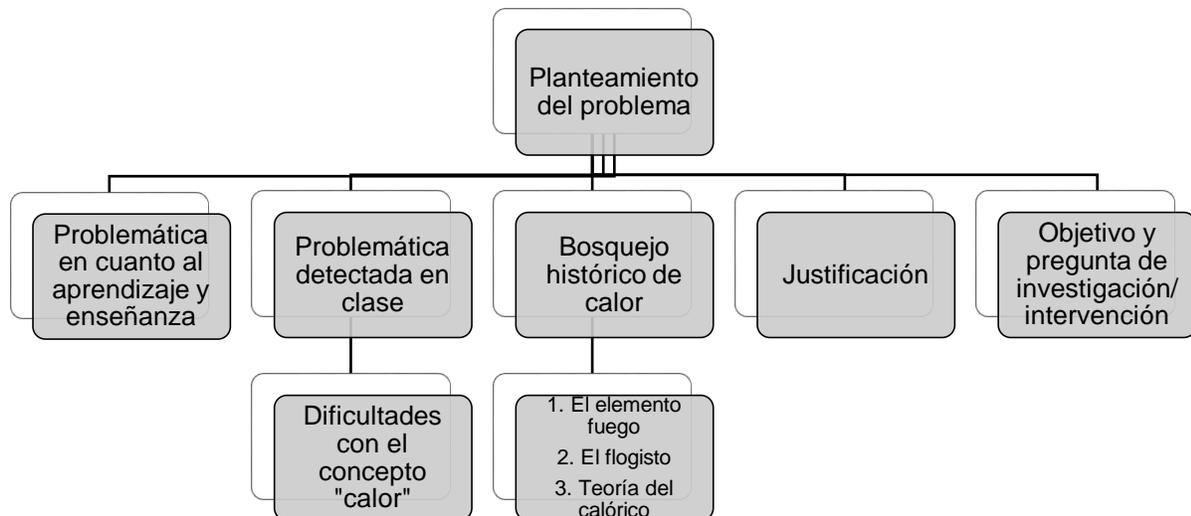
Capítulo 1. Reconociendo el problema. Planteamiento

*“El viaje no termina jamás.
Sólo los viajeros terminan.
El objetivo de un viaje es sólo
el inicio de otro viaje”
José Saramago (2009:131)*

Introducción

En este capítulo se aborda como problema de aprendizaje asociado con el fenómeno de la transferencia de calor por conducción que presentan los estudiantes de la asignatura de Ciencias II (énfasis en física) a nivel secundaria. Así mismo se presentan los antecedentes históricos con referencia al tema de calor y transferencia de calor (ver figura 1).

Figura 1. Estructura del capítulo 1.



En la figura 1 se muestra la jerarquización de la información correspondiente al capítulo 1. Como primer punto se consideró importante resaltar la importancia que tiene la problemática detectada en cuanto al aprendizaje y enseñanza de las Ciencias a nivel secundaria. Para continuar con la confusión detectada en el salón de clases correspondiente a la materia de ciencias II y presentar las dificultades que están

presentes en los estudiantes con respecto al concepto de calor. Así como también se realizó un bosquejo histórico del calor y aquellos antecedentes teóricos que tienen que ver para su enseñanza y aprendizaje. Posteriormente se continúa con la justificación de la problemática detectada y su importancia para su estudio. Para así concluir con los objetivos y la pregunta de investigación/ intervención de la tesis.

1.1 Problemática en cuanto al aprendizaje y la enseñanza de las ciencias a nivel secundaria

De acuerdo con Izquierdo (2006) una de las preocupaciones que actualmente está presente en los profesores de ciencia es ¿qué ciencia enseñar a los estudiantes a nivel secundaria? Debido a la falta de interés y confusión que presentan los estudiantes sobre su aprendizaje. Para muchos profesores enseñar ciencias es algo que no presenta demasiados problemas y que, por lo tanto, no requiere una formación especial, sólo se necesita conocer bien la ciencia que se ha de explicar, conocer bien al estudiante y “adaptar” la ciencia a la clase.

Esto no resulta fácil, para algunos estudiantes desde sus inicios escolares lo primero a lo que se enfrentan es a una ciencia “difícil”, la cual es común identificar como un enorme repertorio de conocimientos que se les proporciona, teniendo como referente imágenes, textos complejos y fórmulas que desde un principio imponen y de alguna manera determinan la manera en la cual se va aprender ciencias y un ejemplo de esto es la asignatura de física, la cual para los estudiantes tiene una relación directa o muy estrecha con las matemáticas, dando como resultado, desde un principio, un obstáculo para su aprendizaje.

De acuerdo con Sanmartí (2002) anteriormente, la enseñanza de la física, de la química o biología para alumnos adolescentes estaba vinculada a su preparación para acceder a la universidad o a estudios específicos y, sólo una minoría muy seleccionada de chicos estudiaba estas disciplinas. Con el surgimiento de nuevas profesiones que necesitaban conocimientos científicos, su estudio se sistematizó como asignaturas. Los programas y la estructura de los estudios del área científica, con la separación entre

disciplinas de Física, Química y Biología, se concibieron hacia 1860 en Alemania –país pionero en el campo científico- y transcurrido un tiempo después se empezó a investigar sobre los problemas relacionados con la enseñanza de las ciencias y se desarrollaron nuevas propuestas curriculares orientadas a la educación científica de los jóvenes. Lo cual con el tiempo fue cambiando y permitió una diversidad en cuanto a la elección e implementación de planes y programas de estudio. También con la aparición de reformas y leyes se decidió integrar la enseñanza de las ciencias naturales a la educación básica, como en el caso de primaria. Para la educación secundaria, se decidió optar por impartir las asignaturas por separado, dando continuidad a cada ciencia cursada.

En la actualidad la educación en ciencias a nivel secundaria se ha visto inmersa en grandes cambios curriculares, desde las diferentes reformas educativas que se han implementado, logrando dar un giro a la enseñanza de las ciencias (biología, física y química). Dichos arreglos han sido más drásticos a nivel secundaria ya que se ajustó el contenido de tres años a uno, es decir lo que se hizo fue suprimir contenidos e intentar que en el tiempo establecido se abordaran todos los temas de cada disciplina antes mencionada.

Al respecto la SEP (2006) plantea que el cambio de mayor trascendencia es la agrupación de las cargas horarias de las asignaturas “Introducción a la Física y a la Química, Biología, Física y Química” y, su distribución en seis horas semanales por curso y su denominación genérica con énfasis diferenciados en tres grados. Otro de los cambios importantes consistió en acotar el desglose de contenidos conceptuales.

Con este ajuste se integraron a los programas, contenidos que formaban parte del plan de estudios anterior, a lo que los especialistas llamaron compactar los contenidos de los temas viejos con los nuevos, con la finalidad de mejorar la educación. ¿Pero de qué manera puede evidenciar esto?, esto alude a las diferentes pruebas que enfrentan los estudiantes aplicadas cada año, como las pruebas de CENEVAL¹ y ENLACE² en las

¹ Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior.

² Evaluación Nacional del Logro Académico en Centros Escolares.

cuales se les pregunta a los estudiantes sobre conceptos, los cuales deben ser respondidos de manera mecánica, donde la memorización y repetición cobran sentido.

Son esos procesos los que de alguna manera reprimen que haya un acercamiento real entre la ciencia y el estudiante, ya que estos no logran entender la importancia de estudiar ciencias y la relevancia que tiene en su vida cotidiana. Por otro lado también tiene que ver con la forma en la cual los profesores de ciencias enseñan, qué estrategias son las que están utilizando o si simplemente reproducen la información contenida en el libro de texto, resultado de una falta de interés tanto de los docentes como de los sujetos que aprenden, lo que origina una ruptura entre la ciencia y el estudiante.

De acuerdo con Flores *et al.* (2007) y, Flores y Barahona (2003) los profesores de ciencias frente a grupo presentan dificultades de enseñanza para ciertos temas relacionados con las ciencias (biología, física y química) presentes en el currículum de educación básica a nivel secundaria, debido a que los alumnos muestran mayor interés para relacionar situaciones de su vida cotidiana con el conocimiento intuitivo que con temas científicos.

En la actualidad a los estudiantes de nivel básico les resulta más interesante relacionar la ciencia que se enseña en la escuela con temas que tienen relación con su entorno, ya que esto les facilita entender mejor temas o conceptos que tienen que ver con la física, por ejemplo. Todo esto resulta de la aparición de las nuevas tecnologías que logran llamar la atención de algunos estudiantes en comparación con lo que ocurre en el salón de clases.

En este orden de ideas, Pro Bueno (2003:181) argumenta que “es difícil aceptar que personas que son capaces de navegar y chatear por Internet (¡algo aprendido fuera de la escuela!), manejar un móvil (celular) o un DVD sin leer las instrucciones, comprender y apreciar películas en las que aparecen complejos conceptos científicos, conocer todos los nombres (muchos en otro idioma) de las canciones de los CD, etc., no tienen capacidad para aprender física”.

Esto ocasiona que los estudiantes pierdan el gusto ante ciertas cosas trascendentales que antes realizaban en el salón de clases (como actividades o experimentos); y esto sí es que se llevan a cabo, ya que gran culpa de que se vaya perdiendo el gusto e interés en cuanto al aprendizaje de las ciencias, tiene que ver con la forma en la cual se enseña.

Bajo esta mirada de la forma en la cual se procesa la enseñanza de los contenidos en la clase de ciencias, debería ser una preocupación relevante para los profesores de ciencias, ya que es importante conocer el entorno que rodea a los estudiantes, así como sus intereses y quizá considerando lo anterior se podría lograr un aprendizaje más eficaz y la forma en la cual se aprende ciencias podría pasar de ser vista como “aburrida” o “difícil” a divertida y útil en su vida cotidiana.

La forma de enseñar y aprender ciencias es un ejemplo de lo antes mencionado, para lo cual considero que es importante desarrollar una estrategia que contenga elementos que ayuden al estudiante a despertar la curiosidad y el interés ante la disciplina. En este trabajo de investigación e intervención, el problema tiene que ver con el aprendizaje de la física, ya que desde mi experiencia como docente, puedo decir que para los estudiantes les resulta una materia difícil, en la que perciben que no les aporta nada en su vida cotidiana y a la que relacionan con matemáticas, lo cual implica dificultad y desinterés al aprenderla.

Por las consideraciones anteriores, los fundamentos del campo de la didáctica de las ciencias nos indican que: los profesores de ciencias necesitan tiempo para que su enseñanza de las ciencias sea eficaz, significativa y adecuada, y a la vez promueva un ambiente de aprendizaje orientado a la indagación “se busca que la enseñanza de las ciencias se lleve a cabo a través de un proceso de indagación...” y colaborativo “para el desarrollo de las actividades de indagación es importante que los alumnos aprendan a trabajar tanto de forma individual como colaborativa...” (SEP, 2011:12) que es congruente con el actual plan de estudios de la SEP.

Se propone también la sustitución de programas extensos (enciclopédicos) por otros en los que se traten a profundidad algunos temas de ciencias seleccionados, para que los estudiantes comprendan mejor cómo se relacionan los conceptos de la ciencia con

el conocimiento científico. Limitar un currículo de ciencias a un pequeño número de temas deja tiempo para realizar el análisis a profundidad, la síntesis y la evaluación que constituyen destrezas cognitivas; conseguir tiempo en los programas para seleccionar el contenido más importante en función de las necesidades del alumno.

Vázquez (1987) asegura que en la actualidad es ampliamente aceptado que el proceso de enseñanza-aprendizaje consiste esencialmente en la modificación intencional de estos conceptos hacia sus correspondientes conceptos científicos, de allí la importancia del conocimiento de ambos para los encargados de diseñar las estrategias didácticas concernientes al tratamiento de dichos conceptos científicos.

El objeto de estudio de la didáctica de las ciencias, consiste en esclarecer las relaciones que presentan las disciplinas (biología, física y química) contribuyentes al mismo ramo disciplinar y a los fenómenos de estudio que se pueden encontrar reportados. Otro punto importante consiste en la elaboración de estrategias metodológicas de enseñanza por parte del docente para mejorar el aprendizaje de las ciencias.

Enseñar ciencias en el momento actual es una profesión compleja, y necesita un buen proceso de formación para ejercerla con éxito. Los educadores deben estar preparados para promover en los jóvenes adolescentes el gusto y el esfuerzo por aprender Ciencias, y para desarrollar capacidades en los menos dotados (Sanmartí, 2002:12).

Uno de los grandes ámbitos de trabajo que tiene este campo, es el diseño y desarrollo curricular, lo cual permite desarrollar proyectos de intervención educativa ya que lo anterior tiene que ver con el diseño al programa de estudios; al igual que el diseño, desarrollo y validación de estrategias de aprendizaje, dirigido a estudiantes, con la finalidad de elevar la calidad de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales, particularmente a partir de los procesos de la modelización. En el siguiente apartado se abordará la problemática detectada en el salón de clases de ciencia con respecto al tema de calor y su transferencia.

1.2 Problemática detectada en clase

En referencia al apartado anterior se destaca la importancia de abordar una problemática que tiene que ver con el aprendizaje de los estudiantes a nivel secundaria, específicamente con la asignatura de física. En este apartado se presenta la problemática detectada en clase, como es la confusión que tienen los estudiantes con los conceptos relacionados a calor, temperatura y los fenómenos que se relacionan, ya que los estudiantes confunden dichos conceptos y suelen verlos como sinónimos como es el calor de calor y temperatura, por ejemplo.

Lo anterior se corrobora con investigaciones que demuestran la dificultad que presentan los estudiantes al comprender dichos conceptos que en apartados siguientes se muestran. Detectada la problemática, lo que se pretende es conseguir que los alumnos le den utilidad al conocimiento construido en el salón de clases, como es el caso de las formas en las cuales se transfiere el calor (conducción, convección y radiación) y lograr establecer la diferencia entre los conceptos calor y temperatura.

El fenómeno a modelizar es la transferencia de calor por conducción, ya que es un tema que resulta interesante de explicar con la ayuda de diferentes actividades experimentales y situaciones cotidianas. Tener comprensión del mismo les puede ayudar a los estudiantes a entender los términos “calor y temperatura”, que les servirán a lo largo de su trayecto escolar y de su vida cotidiana ya que son conceptos que manejamos comúnmente, pero en ocasiones están mal empleados.

La falta de información con respecto al tema transferencia de calor, en cuanto a investigaciones o trabajos didácticos realizados en torno a los fenómenos que abarca, fue de interés ya que desde el currículo y planes de estudio se puede apreciar que existe una carencia en cuanto a este tema. Y en el caso de los planes y programas de estudio a nivel secundaria, dicho tema se aborda retomando los conceptos calor y temperatura. Ante la situación planteada se consideró importante retomar aquellas dificultades que tienen que ver con los conceptos de calor y temperatura para su aprendizaje, para así retomar la importancia de la problemática desde esta perspectiva.

1.2.1 Dificultades con el concepto “calor”

Existen ciertas expresiones que en la actualidad se mantienen arraigadas en los alumnos con respecto al calor y a su definición, se considera que estas ideas erróneas tienen su origen en la teoría del calórico del cual se hablará en el apartado siguiente. Como ya se mencionó anteriormente existe cierta confusión con respecto al concepto y a su relación con la temperatura.

La enseñanza de los conceptos calor y temperatura aparece en los planes y programas de ciencias en casi todos los países desde los primeros niveles. Este hecho refleja la importancia que la administración educativa da a este tema, no solamente con respecto a los alumnos en particular, sino también con respecto a la sociedad en general (Domínguez, et al., 1996:12).

En la educación secundaria, el concepto calor es asociado con temperatura, resultado de la falta de distinción de ambos conceptos. Para este nivel (educación secundaria) debería ser fácil reconocer que son dos conceptos diferentes y que de alguna manera son dependientes uno del otro, sin embargo, la falta de entendimiento provoca que los alumnos muestren cierta confusión al momento de asimilarlos. Dichos términos utilizados en la física, a pesar de ser un lenguaje ordinario y que suelen estar presentes en su vida cotidiana, son conceptos científicos especializados que de no ser comprendidos confundirán a los estudiantes al no poder distinguirlos.

Un ejemplo paradigmático de esto como lo menciona Domínguez, *et al.*, (1998:461) “son las palabras **calor y caliente** formando parte del vocabulario de los dominios desde las edades más tempranas, son usadas en la descripción de situaciones familiares y muchos estudiantes construyen toda una serie de conceptualizaciones sobre la naturaleza y comportamiento de los objetos fríos y calientes que les rodean”.

Lo anterior genera varias preguntas: ¿Qué tan adecuada es la forma de enseñar el tema y subtemas correspondientes al tema transferencia de calor? ¿Qué estrategias se han empleado en la actualidad para ayudar al alumnado a aprender? y la más importante: *¿Cuál sería la manera más apropiada para enseñar el tema transferencia de calor y sus formas de transmisión con base en la didáctica de las ciencias?*

De acuerdo con Erickson y Tiberghien (1985) las ideas correspondientes al tema de calor y temperatura son relevantes en los cursos de ciencias de muchos países y se encuentran, de algún modo, prácticamente en todos los niveles o escolaridad, sin embargo hay muchos aspectos de los fenómenos de calor y de temperatura que son anti-intuitivos o, al menos, problemáticos para muchos alumnos.

La mayoría los profesores de ciencias a nivel secundaria, se basan en los libros de texto obligatorios por lo que se espera que las clases se encuentren adaptadas a este referente y, en ocasiones los profesores solamente reproducen lo que dice el libro de texto, lo cual provoca una falta de interés por parte de los estudiantes desde el inicio de la clase, lo anterior induce a que los estudiantes identifiquen el mismo discurso que se da en clase (profesor) con lo que dice el libro de texto.

La forma adecuada de enseñar el concepto científico de calor en los diferentes niveles educativos es un tema controversial hasta hoy. Las dificultades radican principalmente en que es un vocablo muy utilizado con otra connotación (el calor es alguna clase de sustancia) que le ha servido a la gente para explicar parte de los fenómenos térmicos que lo rodean; no se diferencia totalmente del término temperatura; existe confusión entre la temperatura y la “sensación” del objeto; el suministro de calor a un cuerpo siempre produce un aumento de temperatura; se desconoce el comportamiento de la temperatura en una transición de fase, etc. (Cervantes, et al., 2001).

Por otra parte Erickson y Tiberghien (1985) señalan que la palabra “calor” y sus derivados literales y metafóricos son utilizados corrientemente como nombres, verbos, adjetivos y adverbios. Su empleo como nombre provoca la mayor parte de la confusión conceptual desde un punto de vista científico y, más específicamente, desde una perspectiva energética. Para representar lo anterior los autores citan los siguientes ejemplos, que con frecuencia oímos como “cierra la ventana y conserva el calor” (o de otra forma, “cierra la puerta para que no entre el frío”).

También existen expresiones como: “hace mucho calor” o “tengo calor”, “dale calor a tu cuerpo”, “no lo toques porque te va a pasar el calor” o “está muy caliente”. Todo esto aunado a la idea que se tiene por parte de los estudiantes al ver al calor como un fluido o sustancia.

Este tipo de ejemplos es común en el salón de clases, cuando el alumno recibe información general referente al tema de calor, en lo primero que piensa el (ella) es en el Sol como generador de calor o que el calor es algo que viaja de un lado a otro, así como ya se ha comentado anteriormente, persiste la idea de confundir el concepto con el de temperatura. Lo anterior lleva a creer que el calor es algo que se puede almacenar, transferir de un cuerpo a otro, o que pasa de una parte a otra de un mismo objeto como un fluido o entre un material misterioso como lo describen los estudiantes (Domínguez, et al., 1998).

En este orden de ideas se considera oportuno citar a Pro Bueno (2003: 183) quien presenta un resumen de los principales obstáculos conceptuales con respecto a los conceptos de calor y temperatura, los cuales deben superarse en el aprendizaje. Como se muestran en la siguiente tabla 2.

Tabla 2. Dificultades conceptuales en el aprendizaje de calor y temperatura (Pro Bueno, 2003:184).

Tema	Dificultades de aprendizaje
Calor y temperatura	<ul style="list-style-type: none"> • Confusiones terminológicas derivadas del lenguaje cotidiano: calor con “fuente calorífica”, con “temperatura elevada”, con efectos (fatiga, sudor...). • Consideran el calor como un fluido que “se cede” o “se gana”, “se mueve”. • Piensan que el calor es una forma de energía. • Confunden temperatura e incremento de temperatura; creen que la temperatura siempre aumenta con el calor; incluso, en el cambio de estado progresivo. • Dificultades al razonar sobre procesos de “enfriamiento” de los sistemas.

Ante la situación planteada en la tabla 2, se puede apreciar que las dificultades que preceden a los conceptos de calor y temperatura tienen gran relevancia para a su vez, dar explicación a otros temas relacionados con estos, como es el caso de transferencia de calor y sus formas, y de no ser distinguidos por separado pueden resultar ser un obstáculo para su enseñanza y aprendizaje.

De acuerdo con Díaz (1987) el concepto científico de calor exige como prerrequisito el concepto de temperatura en sus dos aspectos; macroscópico y microscópico, y los de energía, sus formas y sus modos fundamentales de transferencia como: conducción, convección y radiación. El concepto de calor es muy complejo por lo que se espera que su enseñanza y aprendizaje resulte difícil en el currículo de ciencias en la escuela secundaria. A continuación se presentará un análisis sobre el bosquejo histórico del calor.

1.3 Bosquejo histórico de calor

Se consideró importante presentar un bosquejo histórico sobre la historia del calor y aquellas contribuciones que se realizaron sobre su progreso como concepto y teoría, ya que al no tener en cuenta la historia de las ciencias, se desconocen las dificultades y los obstáculos epistemológicos que fue preciso superar para concebirse como cuerpo de conocimiento y, que ha demostrado tener una similitud con los obstáculos que presentan los estudiantes en el aprendizaje de algunos conceptos (Saltiel y Viennot, 1985). Por ello la importancia de conocer la historia del calor (en nuestro caso) para utilizarla como un punto de partida (López-Valentín, 2013).

Conocer ampliamente la historia de la física posibilita una comprensión más profunda de los conceptos y de los métodos usados, al develar sus orígenes, su evolución y su estado actual, al mismo tiempo, ofrece una visión cultural de los mismos, ya que pone de relieve el rostro y las vidas de quienes fueron sus constructores (Camelo y Rodríguez, 2008:68).

El conocimiento de la historia de la ciencia resulta interesante e indispensable desde el punto de vista pedagógico, esto contribuye a conocer los antecedentes históricos con respecto a las ideas conceptuales pertenecientes al calor y todos aquellos conceptos que los rodean como la temperatura, energía y sus formas de transferencia. Su estudio permite identificar las ideas ancladas a lo largo de la historia desde sus primeros inicios, así como la forma en la que evolucionó dicha teoría, en el cual se abordan las aportaciones que hicieron filósofos y científicos.

Se iniciará presentando una introducción de los momentos relevantes e históricos desde sus inicios, con la aparición del elemento fuego y la transformación que siguió para que los griegos se refirieran a “calor”, dando importancia a la teoría del flogisto, la cual después dará origen a la teoría del calórico.

1.3.1 El elemento fuego

El estudio de la naturaleza del calor inició con el hombre prehistórico quien descubrió el fuego e hizo uso de éste de diferentes formas por ejemplo, para calentarse durante las épocas de invierno y cocinar sus alimentos. La primera referencia formal para dar cuenta de la importancia del fuego se encuentra en las ideas de Heráclito (540 a.C.-475 a.C.), quien sostenía que el fuego era el origen primordial de la materia y que el mundo entero se encontraba en un estado constante de cambio, postulando al fuego como la sustancia primordial o principio que, a través de la condensación y rarefacción crea los fenómenos del mundo sensible (Camelo y Rodríguez, 2008).

Por su parte, “Aristóteles consideraba el Fuego como uno de los cuatro elementos, y que en virtud de esta hipótesis, gran parte de la conducta observada por los cuerpos calientes podía explicarse, ciertamente, de forma cualitativa. Los antiguos atomistas griegos explicaron las diferencias de temperatura de los cuerpos- la denominada intensidad o grado de calor- por un esquema conceptual imaginando el calor como una sustancia especial, no perceptible directamente, atómica en estructura como las restantes, que se difundía a través de los cuerpos rápidamente y que, posiblemente, poseía algún peso” (Holton, 1989:389).

Posteriormente otros pensadores griegos formularon algunas hipótesis entorno a este fenómeno considerándolo como una fuerza, materia o que se relacionaba con el movimiento mecánico según Hero de Alejandría (Camacho y Pérez, 2005:1). Es importante destacar la gran contribución que tuvo este pensador griego al inventar la máquina térmica, ya que un ejemplo para el movimiento mecánico fue la aparición de la primera máquina térmica, como lo menciona García (2011), y llamada *Aeolipila*, la cual es una turbina de vapor que consiste de un globo hueco soportado por un pivote de manera que pueda girar alrededor de un par de muñones, uno de ellos hueco. Por dicho muñón se puede inyectar vapor de agua, el cual escapa del globo hacia el exterior por dos tubos doblados y orientados tangencialmente en direcciones opuestas y colocados en los extremos del diámetro perpendicular al eje del globo y al ser expedido el vapor, el globo reacciona a esta fuerza y gira alrededor de su eje.

A mediados del siglo XVI fue puesto en duda lo que decía Aristóteles, pero dichas contribuciones fueron retomadas por otros científicos para dar paso a la teoría del flogisto.

1.3.2 El flogisto

El estudio sobre el calor y la materia continuó su desarrollo, ya que anteriormente se consideraba al fuego como un instrumento para que se llevara a cabo una transformación. Los griegos consideraban la idea que las sustancias eran en virtud de la materia fuego.

De acuerdo con Brock (1992) William Cullen (1710-1790) y su discípulo Joseph Black (1728-1799), atribuían la atracción química al carácter autorrepulsivo de las partículas del fuego etéreo y a las densidades relativas que el éter adquiriría en dos cuerpos atrayentes, comparadas con la densidad del éter en la atmósfera exterior. Esta identificación del éter con el fuego, o el calor, estimuló a Black, al estudio de la calorimetría, al establecimiento de los conceptos de calor específico y calor latente.

Mientras que George Stahl (1660-1734) defendía la *teoría de los elementos* también conocida como la *teoría del flogisto*, desarrollada a su vez a partir de los escritos de Johann Becher, supuso que la *terra pinguis* era un factor esencial en el proceso de la combustión, pero a diferencia de Stahl, no observó su participación en las reacciones reversibles. Stahl veía el fuego solamente como un instrumento o agente de cambio. Al igual que Boyle y Newton, Sthal pensaba que la materia estaba compuesta por partículas ordenadas jerárquicamente en grupos o montones para formar los “mixtos” o compuestos. Para Sthal existían cuatro tipos básicos de corpúsculos: las tres “tierras” de Becher y el agua. En 1719 rebautizó la *terra pinguis*, y la llamo “flogisto” (Brock, 1992:84,85).

De acuerdo con Níaz (1994), la teoría de Sthal, sostuvo que todas las sustancias inflamables contienen un componente llamado *flogisto*, y los materiales cuando se queman lo liberan hacia el aire. Así la teoría del flogisto sostenía que los metales al quemarse en el aire debían pesar menos, por la pérdida de dicho componente.

Lo que hoy nos parece un serio obstáculo para la credibilidad de la teoría del flogisto, sólo fue problemática cuando se iniciaron las investigaciones del estado gaseoso de la materia en la década de 1760. Fue entonces cuando se tergiversó la noción del flogisto y empezaron a dársele extravagantes acepciones: “fuego etéreo e incorpóreo”, “sustancia con peso negativo”, “la más ligera sustancia conocida hasta la fecha”, “que hacía flotar a otras pesadas”. La tradición incrédula e investigadora de Boyle y su labor de investigación volvieron a ejercer su influencia cuando Lavoisier desterró la teoría de la composición de Sthal, y en partículas el flogisto, como un <<verdadero Proteo>> (Brock, 1992:88).

Estudios referentes al fuego por filósofos y científicos que se oponían a la credibilidad de la teoría del flogisto, consecuencia de los experimentos realizados por Lavoisier, dieron pauta al estudio de calor con la formulación del calórico, materia que se convertía en fluido indestructible e inmaterial.

1.3.3 Teoría del calórico

En la década de 1780-1790, el pionero en el estudio del calor, Joseph Black, aún se refería al calor ambiguamente diciendo “esta sustancia o modificación de la materia”. Transcurrido el siglo XVIII se mantenía vigente la *Teoría del calórico* en la que se suponía que el calor era una sustancia material formada por partículas que se repelían entre sí, pero que eran atraídas por las partículas de las sustancias ordinarias. Por tanto, si el calor se aplica a un objeto material, el calórico puede imaginarse que se difunde rápidamente por todo el cuerpo y se deposita en una capa o atmósfera alrededor de cada de cada uno de las partículas (Holton, 1989:390).

De acuerdo con Rius de Riepen y Castro (2003), al establecer Black la ciencia de la colorimetría, la “teoría del calórico” se basaba en los siguientes postulados:

1. El calórico es un fluido elástico que se expande por todo el espacio, sus partículas 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.

Black utilizó termómetros para estudiar el calor, observando cómo las diferentes sustancias que se encontraban a desiguales temperaturas tendían a llegar a un equilibrio cuando se les ponía en contacto. A partir de esta idea se afianzó la teoría que defendía la existencia de un fluido invisible que entraba y salía de una sustancia aumentando o disminuyendo su temperatura (Camelo y Rodríguez, 2008).

De acuerdo con Furió, et al., (2007) durante el siglo XVII se mantenía la idea que el calor era una propiedad del cuerpo calentado, resultado del movimiento vibratorio o agitación de sus partes. Por su parte Holton (1989) confirma que Bacon, Galileo y Boyle, aceptaron con reparos esta teoría y se sintieron inclinados a desconfiar de la teoría del calor como fluido, en su lugar pensaban que el calor podía explicarse directamente como una vibración o movimiento semejante a pequeña escala de las partículas atómicas de los cuerpos calientes.

Al respecto, Tippens (2011:531) menciona que se le llamó calórico “a la creencia de que dos sistemas alcanzaban su equilibrio térmico por medio de la transferencia de una sustancia. Se había postulado que todos los cuerpos contenían una cantidad de calórico proporcional a su temperatura”. De este modo, cuando dos objetos estaban en contacto, el objeto de mayor temperatura transfería calórico al objeto de menor temperatura hasta que sus temperaturas se igualaban. La idea de que una sustancia se transfiere conlleva la implicación de que hay un límite para la cantidad de energía calorífica que es posible obtener de un cuerpo. Esta última idea fue la que, a la postre, condujo a la caída de la teoría del calórico.

Ante la situación planteada, Rumford cuestionó la teoría del calórico, tratando de demostrar que éste se podía crear, y que por lo tanto no se conservaba. Así, negaba la línea de pensamiento que consideraba al calórico como una sustancia, “fue Thomson quien se encargó de corregir el rumbo de la teoría del calórico, aunque al hacerlo no se haya preocupado por cambiar, en el desarrollo de su nueva teoría, la terminología, ni de destacar las diferencias entre calor y temperatura. Las expresiones “calor latente”, “capacidad calorífica”, “flujo de calor” y “transferencia de calor”, de la antigua teoría se mantuvieron, aunque fueron cambiando conceptos asociados a ella” (Rius de Riepen y Castro, 2003:97).

Por su parte Psillos (1994), a manera de resumen, comenta que las preocupaciones centrales de la teoría del calórico a finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX fueron las siguientes: la causa de la subida y caída de la temperatura de los cuerpos; la causa de la expansión de los gases cuando se calientan; el cambio de estado; y la causa de la liberación del calor en diversas interacciones químicas y especialmente en la combustión. Fue en esta amplia situación o problema que los científicos como Joseph Black, Antonie Lavoisier y Pierre-Simon Laplace introdujeron el modelo causal explicativo del calórico.

El calórico se define como, “una entidad teórica o término teórico que hace alusión a una sustancia material, fluido indestructible de partículas finas, que hace que se eleve la temperatura de un cuerpo al ser absorbido por ella. Y hace la distinción del calórico con calor en el sentido de que este último fue el efecto observable del transporte de calórico de un cuerpo caliente a uno frío” (Psillos, 1994:163).

De los anteriores planteamientos se concluye la valiosa importancia de tener conocimiento de la historia de la ciencia y en este caso de los antecedentes que tienen que ver con el tema de calor, que si bien se ha aclarado existen teorías como el calórico y el flogisto que sirven de antecedente para conocer la forma en la cual se ha visto a la ciencia y que aunque estas teorías han resultado ser falsas a lo largo del tiempo, es notorio que existen algunas ideas que aún persisten en los estudiantes sobre dicho tema; como se verá más adelante.

1.4 Justificación

Actualmente el sistema educativo mexicano, se ha visto inmerso en diversos cambios curriculares y políticas educativas (por ejemplo, la última reforma educativa del 2012), estos cambios se han tenido que ajustar a las necesidades de la sociedad y en especial a la población estudiantil. En particular en este trabajo se pretende desarrollar una propuesta de intervención con el diseño de una estrategia didáctica para nivel secundaria (porque es el nivel en el cual me desempeño y tengo experiencia laboral). Al respecto puedo decir que una de las dificultades a las cuales me enfrento como docente frente a grupo en la asignatura de Ciencias II con énfasis en Física, es precisamente que los estudiantes no logran comprender los contenidos, ya sean conceptos o definiciones, los cuales con alta frecuencia tienen relación con actividades experimentales y fórmulas matemáticas.

Se considera que esto tiene que ver con la forma en la cual se enseñan las ciencias ya que no es fácil conseguir que los alumnos aprendan de forma significativa. Una tarea importante que concierne a los profesores y a lo cual nos enfrentemos al momento de dar una clase es el lograr que los estudiantes aprendan conocimientos científicos relevantes, y que estos conocimientos se puedan aplicar en su vida cotidiana fuera y dentro de la escuela.

En este sentido es importante resaltar como lo menciona Pro Bueno (2003:177) “la similitud de contenidos sólo puede explicarse con creencias como “la física no se puede enseñar de otra forma” o “hay que enseñar sólo la física clásica porque es la única suficientemente probada”. Este tipo de afirmaciones parecen dar a entender que el tiempo, y con él la física, se hubiera detenido.

Con lo anterior se deja claramente que para muchos profesores tampoco les resulta fácil enseñarla y aunque en este trabajo de intervención no es de nuestro interés como tal mencionar lo que sucede con los profesores, es sin duda un tema que no se puede pasar por alto ya que gran parte de esta problemática de aprendizaje y falta de interés por parte de los estudiantes para aprenderla tiene sus orígenes en la forma en la cual se enseña la física.

De acuerdo con Duschl (1997), en ciencias, el aprendizaje se describe como un proceso en el cual las ideas, conceptos y significados antiguos son sustituidos por otros nuevos. La tarea de los profesores de ciencias es diseñar estrategias de enseñanza que ayude a los estudiantes a modificar sus interpretaciones del mundo por las interpretaciones más sofisticadas de los científicos.

En el orden de las ideas anteriores, el tema Transferencia de calor es un tema que considero relevante e importante porque los alumnos suelen confundir los términos calor y temperatura, debido a que la mayoría cree que son lo mismo. De acuerdo con Camacho y Pérez (2005) las definiciones de los libros de texto sobre los conceptos calor y temperatura, se alejan del saber científico describiéndose bajo denominaciones muy diversas y empleándose, a veces como sinónimos, con base en mi experiencia como docente frente a grupo puedo dar cuenta de que efectivamente los estudiantes suelen confundirse con dichos términos.

De acuerdo con Domínguez, et al., (1998) algunos de los esquemas que poseen los alumnos con respecto a los conceptos de calor y temperatura tienen su origen en el lenguaje diario, heredero de obstáculos epistemológicos, basado en intuiciones y modelos científicos hoy en desuso, los cuales no han experimentado algún cambio después de la instrucción.

Al diseñar e implementar la estrategia didáctica se busca lograr que el alumno pueda comprender y construir estos conceptos los cuales pueden servirles para una futura preparación científica ya que en el nivel medio superior y superior son temas que se verán con frecuencia como en la termodinámica que para la mayoría de los estudiantes suelen ser complicados y difíciles de entender, y una causa puede ser porque desde un nivel básico no comprendieron sus bases.

El desarrollo de la didáctica de las ciencias está ligado a la posibilidad de nutrir la actividad docente y de lograr así un aprendizaje efectivo con respecto al tema a modelizar al implementar la estrategia didáctica la cual le puede permitir al estudiante comprender lo relacionado con el calor y transferencia de calor. A continuación se presentan los objetivos de la tesis, así como la pregunta de investigación/ intervención de este trabajo.

1.5 Objetivo de la tesis

El objetivo general de la tesis consiste en validar la pregunta de investigación/intervención, para ello se diseñó una estrategia didáctica a partir del MCEA, la cual orientará la construcción de modelos explicativos de los estudiantes sobre el fenómeno de la transferencia de calor por conducción, y dará cuenta del aprendizaje de este fenómeno.

A partir del planteamiento anterior queda clara la siguiente pregunta de investigación.

1.6 Pregunta de investigación/ intervención

¿Será posible que los estudiantes expliquen el fenómeno de transferencia de calor por conducción a partir de la construcción de modelos explicativos mediante la implementación de una estrategia didáctica teniendo como referente al MCEA?

Acciones necesarias para alcanzar el objetivo de la pregunta de investigación/intervención:

1. Identificar y diseñar los siguientes modelos teóricos:
 - a) Modelo explicativo inicial, inferido de las ideas previas de los estudiantes correspondientes al tema calor, temperatura y transferencia de calor.
 - b) Modelo curricular, inferido de los Planes y Programas de Estudio vigentes, así como de aprendizajes esperados, estándares curriculares y libros de texto autorizados por la SEP.
 - c) Modelo científico, inferido de los libros de texto universitarios del tema conducción de calor.

2. Diseñar, el *Modelo Científico Escolar de Arribo* del fenómeno de conducción de calor a partir de los modelos teóricos anteriores.

3. Diseñar una estrategia didáctica que permitirá a los estudiantes orientar y construir modelos explicativos sobre el fenómeno de la transferencia de calor por conducción.

A continuación se presenta en el capítulo 2, la información correspondiente al marco referencial sobre conducción de calor.

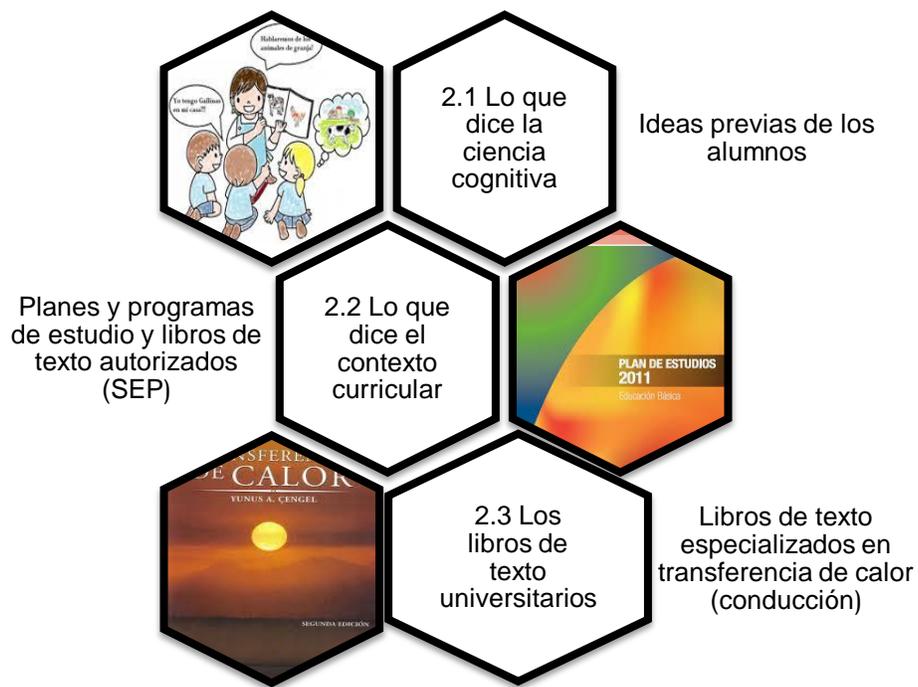
Capítulo 2. Marco Referencial sobre conducción de calor

“La mirada se impregna de lo que miramos y a la vez define el horizonte que podemos percibir”
José Gordon (1995:5)

Introducción

En este capítulo se abordará el Marco referencial sobre la conducción del calor, y también sobre el tema de calor y sus formas de transferencia. Para la asignatura de física, el tema transferencia de calor se define como el gradiente de temperatura que existe entre dos cuerpos, y dicho proceso se puede llevar a cabo de tres formas: conducción, convección y radiación (Tippens, 2011). En este trabajo se tomará en cuenta sólo una forma de transferencia de calor, la de conducción ya que es el tema de elección para llevar a cabo la modelización. A continuación se presentará la estructura del tema desde los siguientes tres apartados (ver figura 2.1).

Figura 2.1 Estructura del marco referencial de la conducción de calor



La estructura del marco referencial se compone de tres apartados, los cuales dan cuenta de la recopilación de información con respecto al fenómeno de conducción. Cabe aclarar al lector, que debido a la falta de información sobre dicho fenómeno correspondiente al apartado de ciencia cognitiva (ideas previas), se decidió hacerlo desde la idea de calor, ya que no se encontró suficiente información en la literatura sobre las formas de transferencia de calor.

La revisión inicia con la búsqueda de las ideas previas sobre el tema calor y transferencia de calor reportadas en revistas especializadas, continúa con la información encontrada en los libros de texto autorizados por la SEP (ciclo escolar 2013-2014) sobre el tema transferencia de calor y sus formas: conducción, convección y radiación, seguida de la revisión de los planes y programas de estudio a nivel secundaria. Esta exploración concluye con información detallada del tema en cuestión mediante la revisión de algunos libros científicos especializados en el tema de transferencia de calor.

A continuación se presenta la información obtenida de la revisión de las ideas previas provenientes de los alumnos.

2.1 Lo que dice la ciencia cognitiva

Este apartado hace referencia a lo que piensa el alumno, es decir, a sus ideas previas y a las estrategias didácticas reportadas en la literatura sobre el tema de calor y transferencia de calor.

Es importante considerar al respecto a Driver, Guesne y Tiberghien (1985) quienes mencionan que los alumnos se crean ideas o interpretaciones a partir de las experiencias cotidianas en todos los aspectos de sus vidas: a través de actividades físicas prácticas, de conversaciones con otras personas, de la convivencia acerca de aquellas cosas que les llama la atención, en donde intervienen los padres, la familia, los amigos y compañeros de clase, y los medios de comunicación. Lo anterior interviene en la construcción de ideas que le ayudan al sujeto a formularse preguntas o dudas sobre una situación particular, para después intentar dar una explicación o respuesta a fenómenos relacionados con su cotidianidad. Como señala Driver (1988) estudios realizados indican que los estudiantes desarrollan ideas sobre fenómenos naturales mucho antes que se les enseñe ciencias en la escuela. En algunos casos, hay diferencias significativas entre las nociones de los estudiantes y la ciencia que encontrarán en la clase de ciencias.

Para este trabajo optamos por escoger la definición de ideas previas que acuña Driver (1988) porque es la que se consideró más apropiada, ya que define a las ideas de los estudiantes como, un conjunto fijo o estático de nociones o como una serie de posibles “modos de ver” que disponen los estudiantes y que pueden ser ensayadas en situaciones novedosas, es decir esto indica que el individuo tiene disponibles varios “modos de ver” una situación. Es decir, son construcciones que los alumnos elaboran para dar respuesta a su necesidad de interpretar fenómenos naturales en la clase de ciencias, dichas ideas pueden ser útiles para interpretar o comprender situaciones relacionadas con su vida cotidiana.

Diferentes denominaciones se le atribuyen al concepto de ideas previas entre las cuales se encuentran “concepciones alternativas”, “errores conceptuales”, “preconcepciones”, “concepciones espontáneas”, “teorías implícitas”, “teorías en

acción”, “ciencia infantil”, “miniteorías”, “ideas intuitivas”, por citar las más comunes. En este trabajo se eligió el término de ideas previas por ser un concepto común y fácil de identificar entre los profesores, ya que antes de iniciar una clase lo que se busca es conocer los antecedentes del tema a desarrollar.

De acuerdo con Driver, et al. (1985) los profesores experimentados comprueban que los estudiantes tienen sus propias concepciones sobre los fenómenos, aunque éstas pueden parecer incoherentes, al menos desde la perspectiva científica. Para lo cual detallan ciertas características de las ideas de los estudiantes:

- *Su naturaleza personal*: los sujetos interiorizan su experiencia de una forma propia, al menos parcialmente, es decir, construyen sus propios significados. Estas ideas influyen sobre la manera de adquirir la información.
- *Su coherencia*: un alumno puede mantener diferentes formas o concepciones de un determinado tipo de fenómeno, empleando a veces argumentos distintos que conducen a predicciones opuestas en situaciones que son equivalentes desde el punto de vista del profesor, incluso, cambiando de uno a otro tipo de explicación del mismo fenómeno.
- *Su estabilidad*: los estudiantes, después de haberles enseñando una cuestión no modifican sus ideas a pesar de los intentos del profesor por combatirlas mediante pruebas en contra de las mismas. Sus interpretaciones y concepciones son a menudo contradictorias, pero no menos estables.

Un hallazgo significativo es que algunas de las ideas usadas por los niños sobre el mundo natural son persistentes y se mantienen después de haber recibido clases de ciencias y cuando se enseña ciencia a los escolares, éstos construyen uniones inapropiadas de la nueva información con sus conocimientos previos (Driver y Oldham, 1988:114).

Al respecto Bañas, Mellado y Ruíz (2004:298) comentan que “los alumnos cuando se disponen a aprender varios de los conceptos científicos escolares, tienen ideas previas sobre los mismos, y estas ideas previas les sirven para interpretar lo que se les

está enseñando, de modo que las nuevas ideas interaccionan con los esquemas previos de los alumnos”.

Consideré importante destacar la importancia que tiene en la clase de ciencias el retomar las ideas previas de los alumnos, y que éstas puedan ser de utilidad para el profesor en el salón de clases y ser éste un punto de partida para el inicio de un tema, ya que como bien se comentó en párrafos anteriores; estas ideas previas pueden servir de gran utilidad para acercar al alumno al conocimiento científico escolar.

De acuerdo con los razonamientos de Aduriz-Bravo, et al. (2011) el papel del alumno se vuelve prioritario, al ser su manera de pensar, sus ideas previas lo que transforma la actividad docente en el salón de clases, sin olvidar los contenidos científicos, lo anterior debe incluirse en la metodología y forma de enseñanza. La investigación acerca de las ideas previas es importante porque permite identificar la manera de pensar del estudiante, conocer su punto de partida y planificar su posible transformación hacia ideas más cercanas a las aceptadas por la ciencia o conocimiento científico.

A manera de resumen final, las ideas previas de los alumnos son erróneas en su mayoría con respecto al conocimiento científico, pero son de gran importancia y utilidad para diseñar estrategias de aprendizaje en la clase de ciencias y el papel que juegan en la clase es fundamental para iniciar con la exploración de conocimientos previos sobre un tema en la clase de ciencias. Lo importante como profesores de ciencias es ver de qué manera estas ideas pueden evolucionar a lo largo de la alfabetización científica escolar, dentro del salón clases, para así dar cuenta de cómo estas ideas fueron acercadas o reemplazadas por conocimientos científicos.

A continuación se presentan las ideas previas que los estudiantes tienen sobre el tema de calor y transferencia de calor (conducción), reportadas en la literatura.

2.1.1 Ideas previas sobre el concepto calor

Se llevó a cabo una búsqueda de las ideas previas sobre el tema de calor en revistas especializadas como Enseñanza de las Ciencias y en la página web del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET)³ y de algunos capítulos de libros relacionados con el tema (ver figura 2.2).

Tabla 2.2 Fuentes sobre ideas previas de calor.

Año	Fuente	Autor (es)	Título	Objetivo de la investigación
1985	Enseñanza de las ciencias	García Hourcade Rodríguez de Ávila	Preconcepciones sobre el calor en 2º de B. U. P.	Recopilar ideas previas
1985	Libro: Ideas científicas en la infancia y la adolescencia	Driver Guesne Tiberghien	Calor y temperatura	
1987	Enseñanza de las ciencias	Vázquez Díaz	Algunos aspectos a considerar en la didáctica del calor	
1998	Enseñanza de las ciencias	Domínguez Castiñeiras De Pro Bueno García- Rodeja	Las partículas de la materia y su utilización en el campo conceptual de calor y temperatura un estudio transversal	
1988	Enseñanza de las ciencias	Driver	Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias.	
1996	Computer Aided Desing. Cat. Enseñanza de la Física	Domínguez Castiñeiras García-Rodeja Illobre González Castro Fucci	La naturaleza corpuscular de la materia y su utilización en el campo conceptual calor y temperatura. Un estudio transversal mediante mapas conceptuales.	

³ El CCADET es una institución que pertenece a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y su página web es: <http://ihm.ccadet.unam.mx/ideasprevias/presentacion.htm>

La idea principal en cuanto a la recopilación y análisis de la información obtenida sobre estas fuentes, fue en todo momento dar cuenta de la manera en la cual piensan los alumnos sobre el fenómeno a modelizar –conducción de calor-, al no encontrar suficientes ideas previas sobre la temática antes mencionada, decidí hacerlo desde la idea de calor, ya que es la que predomina en el contexto antes descrito. Con el principal objetivo de inferir aquellas ideas que se relacionaran con una o varias formas en las cuales se transmite el calor.

Por último se presenta a manera de resumen, una síntesis sobre las estrategias didácticas encontradas del tema de calor e investigaciones que se relacionan y, que permitieron de alguna manera tener un panorama sobre lo que hacía falta por hacer, con esto nos referimos al diseño de una estrategia que estuviera encaminada a la construcción de modelos en relación con el fenómeno de conducción visto como una forma de transferencia de calor.

Así mismo se encontraron ideas previas correspondientes a los distintos niveles escolares: primaria, secundaria, preparatoria y universidad. En ese mismo sentido se profundizó en las ideas previas encontradas a nivel secundaria, ya que es el nivel de interés. A continuación se presenta la información obtenida de dicha investigación sobre ideas previas referentes a calor, temperatura, transferencia de calor y conducción de calor, así como las que se encontraron en la página web del CCADET⁴ (ideas previas 2004) de la UNAM (ver tabla 2.3).

⁴ La búsqueda de las ideas previas se llevó a cabo en la página web del CCADET el 17/10/2012.

Tabla 2.3 Ideas previas sobre los conceptos calor, temperatura y transferencia de calor.

Concepto	Idea previa	Fuente
Calor	<i>“El calor se levanta, el sol lo tiene. Creo que lo tiene, lo tiene el sol,... el calor levanta el gas y está caliente y el sol lo quema y brilla y vuelve hacia abajo y calienta la tierra”.</i>	Erickson, Gaalen (1985)
	<i>“El calor hace que todo se funda: plomo, oro, hierro, aluminio, zinc también, creo”.</i>	
	<i>“El calor es aire caliente”</i>	
	<i>“... Cuando lo tocas lo sientes caliente, si algo le ha suministrado calor”.</i>	
	<i>La barra completa se calienta porque “el calor se instala en una parte hasta que no puede aguantarse más, moviéndose entonces a lo largo de la barra”.</i>	
	<i>“Al calentar un extremo de una barra, se calienta toda debido a que el movimiento rápido de partículas metálicas chocan unas con otras a lo largo de la barra”.</i>	
Calor	<i>“El calor debe ser algo que fluye”</i>	Hewson (1984)
	<i>“[E] Calor es movimiento de aire caliente a causa del fuego”.</i>	
	<i>“El calor viaja más rápido en los materiales más ligeros porque las partículas no están muy compactadas”.</i>	
	<i>“La energía calorífica viaja por medios del movimiento de partículas”.</i>	
Transferencia de calor	<i>“El calor, el calor no es muy fuerte. Y no va a través del metal fácilmente”.</i>	Erickson y Gaalen (1985)
	<i>“Porque la madera no es tan fuerte como el metal.... El calor irá a través de esta madera más rápido que a través del metal”.</i>	
Transferencia de calor	<i>“El metal atrae/absorbe/conduce/lo frío”</i>	Engel y Driver (1985)
	<i>“El metal conduce calor muy bien porque se concentra exclusivamente en la superficie y no penetra”.</i>	

Conducción	<i>"Un metal atrae el calor... no puedo recordar la palabra..... y lo aspira y guarda el calor".</i>	Erickson y Gaalen (1985)
	<i>"Bueno, el calor.... será atraído por él... tira el calor hacia sí... como si fuera un imán".</i>	
	<i>"... El metal guarda el calor... le entra fácilmente el calor... la madera no mantiene el calor".</i>	
	<i>"El calor se mueve de un punto a otro de la barra hasta que toda la barra está caliente"</i>	
Transferencia de calor	<i>"Los materiales conductores conducen el calor más despacio que los aislantes".</i>	Lewin y Linn (1994)
	<i>"Los materiales conductores mantienen las cosas frías".</i>	
	<i>"Los aislantes conducen el calor rápido y el calor sale, por ello los aislantes no se sienten calientes".</i>	
	<i>"Los aislantes absorben/atrapan el calor".</i> <i>"Los aislantes guardan las cosas calientes".</i>	
Transferencia de calor	<i>"La temperatura del agua hirviendo puede incrementarse y alcanzar la temperatura de la parrilla que lo calienta".</i>	Harrison, Grayson y Treagust (1999)
	<i>"El calor es fácilmente conducido por algunas sustancias (por ejemplo, el metal) mientras no es tan fácilmente conducido por otras (por ejemplo los no metales)".</i>	
Calor	<i>"El calor se acumula en una parte hasta que no puede caber más y entonces se mueve a lo largo de la varilla"</i>	Erickson y Gaalen (1979)
	<i>"Cuando un objeto frío se junta a un objeto caliente, el objeto frío se calienta y el objeto caliente se enfría. Después de un tiempo ambos alcanzan la misma temperatura".</i>	
Calor	<i>"El calor se puede transmitir de unos cuerpos a otros".</i>	García y Rodríguez (1985)
	<i>"Los neumáticos de un coche que frena, han ganado calor".</i>	
	<i>"Todo cuerpo posee un calor".</i>	
	<i>"Es la energía que desprenden las moléculas de los cuerpos al ponerse en movimiento".</i>	

Temperatura	<i>"La temperatura es la cantidad de energía calorífica que posee un cuerpo".</i>	García y Rodríguez (1985)
	<i>"El frío es la falta de calor"</i>	
Calor	<i>"El calor se transmite a través de los cuerpos con mayor o menor velocidad según la materia del cuerpo".</i>	García y Rodríguez (1985)
	<i>"El calor es un aumento de temperatura"</i>	
	<i>"El calor es una de las formas en que se transforma la energía"</i>	
	<i>"En nuestro cuerpo albergamos calor, tenemos una temperatura".</i>	
	<i>"Los abrigos dan calor".</i>	
	<i>"Esta olla guarda muy bien el calor".</i>	
	<i>"Todos juntos nos damos calor".</i>	
Calor/Frío	<i>"Los termos son recipientes que guardan el calor o el frío".</i>	García y Rodríguez (1985)
	<i>"Cierra la puerta que se va el calor o entra el frío".</i>	
Calor	<i>"El calor, o no tiene magnitud física que le sirva de referente, o tal magnitud es la temperatura".</i>	Vázquez Díaz (1987)
	<i>"El calor está contenido en los cuerpos (sistemas)".</i>	
	<i>"No están claramente diferenciados los conceptos de calor y temperatura".</i>	
Calor/ Frío	<i>"El frío es lo contrario (también la ausencia) de calor".</i>	Vázquez Díaz(1987)
Calor	<i>"Algo material, contenido en el cuerpo (sistemas); cuanto más calor tiene el cuerpo más caliente estará".</i>	Domínguez, De Pro Bueno y García-Rodeja (1998)
	<i>"En los cuerpos el calor puede pasar de unas partes a otras o de unos cuerpos a otros".</i>	
Calor/Frío	<i>"Son dos fluidos materiales y opuestos".</i>	Domínguez, De Pro Bueno y García-Rodeja (1998)
	<i>"La sensación calor/frío es consecuencia de la transferencia de calor frío al cuerpo".</i>	
Calentar/ Enfriar	<i>"Ganancia o pérdida de ese ente material</i>	Domínguez, De Pro Bueno y

	<i>llamado calor</i> ".	García-Rodeja (1998)
Caliente/ Frío	<i>"Son propiedades características de los cuerpos. Por ejemplo, los metales son frío por naturaleza".</i>	Domínguez, De Pro Bueno y García-Rodeja (1998)
Temperatura	<i>"Temperatura=calor".</i>	Domínguez, De Pro Bueno y García-Rodeja (1998)
	<i>"Temperatura y calor son sinónimos y aquella, en todo caso, mide la cantidad de calor que tiene el sistema".</i>	
	<i>"La temperatura depende de la masa o del volumen".</i>	
Dilatación	<i>"Paso de calor al interior del cuerpo haciéndolo más grande y, como consecuencia, más pesado".</i>	Domínguez, De Pro Bueno y García-Rodeja (1998)

En el marco de las ideas previas anteriores se puede decir que una vez que se revisaron los planteamientos de estos autores (Tabla 2.2) algunos utilizaron en diferentes momentos la misma idea sobre los conceptos relacionados al calor, por lo cual no se consideró pertinente repetirlas. Como es el caso de Erickson (1985), quien aparece en la página del CCADET y en el capítulo del libro de ideas previas donde participa con Tiberghien (1985), y realiza un estudio sobre ideas de los estudiantes de diferentes edades comprendidas entre los 8, 12 y 16 años sobre calor, temperatura y transferencia de calor, así como sus formas –convección y conducción- los cuales se tratan por separado.

Así mismo Erickson y Tiberghien (1985) argumentan que prácticamente todos los alumnos entre las edades antes mencionadas mantienen la idea de calor como sustancia. De la literatura revisada es importante resaltar la contribución y aportación de Erickson (1985) en cuanto a las ideas previas sobre conducción de calor como un mecanismo de la transferencia de calor.

En este orden de ideas se puede citar a García y Rodríguez (1985) quienes exponen una relación de exploración previa en relación a la aplicación de un cuestionario y una propuesta de explicación en alumnos de 2º B.U.P⁵. De su trabajo consideramos

⁵ Bachillerato Unificado Polivalente, era la denominación oficial de la enseñanza secundaria en España.

importante resaltar la observación que hacen respecto a la idea (la teoría del calórico) del calor resultado de los instrumentos aplicados. De lo cual concluyen asegurando que el concepto calor o la idea de calor como sustancia se mantiene, es decir, el alumno aún cuando ya ha pasado por otros cursos sigue manteniendo la idea de identificar al calor como una sustancia (fluye), dentro del programa de física en los cuales, supuestamente se le ha puesto en contacto con la teoría del calor (aceptada por la ciencia). Como se puede apreciar en las ideas con respecto al calor no han cambiado ni con la alfabetización científica y, su trayecto por los diferentes niveles educativos correspondientes a ese sistema.

Por su parte Vázquez (1987) presenta las concepciones espontáneas de los estudiantes acerca del calor y asegura que dichas concepciones que poseen los estudiantes son bastantes semejantes entre sí y son cercanas a la línea de los científicos del siglo XVIII. De las concepciones expuestas por este autor, él analiza las características de las ideas y las sintetiza para dar una definición sobre la concepción espontánea de calor: *“calor es algo contenido en un cuerpo (sistema) en tanta más cantidad cuanto más caliente está”*. Dicha definición aunque no es universalmente aceptada, menciona que puede ser suscrita por un gran número de estudiantes.

Las ideas previas como se menciona anteriormente, son construcciones o constructos que el alumno elabora para dar respuesta a sus necesidades de interpretación sobre los fenómenos naturales y estas concepciones o ideas se realizan de manera personal y en muchas ocasiones persisten durante un largo periodo de su vida escolar y aún, después de ésta. También se ha comprobado que estas ideas son universales, lo cual ha sido demostrado con la literatura.

En relación con este último párrafo y a manera de conclusión, se resalta la importancia que tiene el estudio de las ideas previas, ya que le permite al docente planear y diseñar en función la problemática a tratar; consciente de que en ocasiones para poder cambiarlas puede resultar ser un proceso largo y complicado, pero con la elaboración e implementación de una estrategia didáctica se busca lograr que los alumnos cambien esa manera de ver a las cosas que rodean a la ciencia.

A continuación se presenta lo relacionado con la temática expuesta desde la revisión de los Planes y Programas de Estudio de la SEP, así como de libros de texto autorizados.

2.2 Lo que dice el contexto curricular desde la educación básica

Este apartado está basado en el análisis de los planes y programas de estudio y libros de texto autorizados por la Secretaría de Educación Pública (SEP) correspondientes al ciclo escolar 2013-2014. Así también se presenta la revisión realizada a dichos programas correspondientes al Programa de Estudios 2006 y 2011 donde se acentúa el tema a desarrollar en la propuesta didáctica correspondiente al tema transferencia de calor ubicado en la asignatura de Ciencias II (énfasis en física).

2.2.1 Planes y Programas de Estudios

En el Programa de Estudios 2006 de Ciencias a nivel secundaria, la asignatura de física se define como una ciencia que *estudia las propiedades de la materia, desarrolla conceptos a partir de la modelación de fenómenos físicos, los integra y correlaciona entre sí para construir teorías sobre mundo material que, en términos generales son cuantitativas, de aplicación general, predecibles y comprobables, además de que estructuran el pensamiento científico en torno de conceptos fundamentales* (SEP, 2006:67).

Así mismo el Programa de Estudios 2006 hace referencia a la física escolar, la cual está orientada a favorecer la aplicación de los conocimientos a partir de situaciones de la vida cotidiana, es indispensable que los alumnos cuenten con las herramientas que hace posible representar los fenómenos y los procesos naturales a través del uso de conceptos, modelos y lenguajes abstractos, entre los cuales destaca:

- *Elaborar imágenes y representaciones que permitan construir modelos explicativos y funcionales.*

El programa hace mención de cuatro aspectos, los cuales le permiten al estudiante elaborar analogías, explicaciones y predicciones que conforman una manera personal de interpretar e interactuar con los fenómenos que se observan y analizan (SEP, 2006:67). Los bloques que integran al Programa de Estudios 2006 fueron cinco, dentro de los cuales se resalta la importancia del bloque III, el cual trata sobre la construcción

de un modelo de partículas para apoyar el desarrollo, en los estudiantes, de un esquema interpretativo de diversos fenómenos macroscópicos. Se recupera el uso de dicho modelo, así como se analiza la construcción de modelos para explicar la materia (SEP, 2006:69).

El propósito del bloque III “Las interacciones de la materia. Un modelo para describir lo que no percibimos”, tiene relación con el estudio de las interacciones de la materia y se potencian las habilidades de los alumnos para representar fenómenos que no son perceptibles a través de los sentidos. Lo anterior está directamente relacionado con la generación de imágenes y representaciones mediante el análisis del modelo cinético molecular de la materia, a partir del estudio de fenómenos que sirven también como puente entre dos niveles de abstracción: el macroscópico y el microscópico. Y se pretendía que con el estudio de ellos los estudiantes podrían elaborar, en un segundo momento, otro tipo de interpretaciones de fenómenos no mecánicos, como los asociados con el calor (SEP, 2006:93).

En este Programa de Estudios 2006, el tema transferencia de calor se encuentra ubicado dentro de la temática 3: “Cómo cambia el estado de la materia”, y el subtema: “Calor y temperatura, ¿son lo mismo?”.

Dentro de los aprendizajes esperados se destaca la importancia de los siguientes puntos:

El estudiante:

- *Explica el concepto de calor como transferencia de energía térmica entre dos cuerpos debido a su diferencia de temperatura utilizando el modelo cinético corpuscular de la materia.*
- *Explica algunos fenómenos de transferencia de calor con base en el modelo de partículas y los resultados obtenidos a través de la experimentación.*
- *Establece la diferencia entre los conceptos de calor y temperatura (SEP, 2006:96).*

En relación a lo anterior los diseñadores de dicho programa proponen para la enseñanza del tema transferencia de calor, que los alumnos realicen actividades prácticas en las que se analice la transferencia de calor entre objetos con diferentes temperaturas y se favorezca su explicación a nivel microscópico mediante el uso del modelo de partículas. Para lo cual considero dejan de lado la explicación macroscópica que se refiere a la termodinámica, siendo ésta útil para explicar temas relacionados con el calor; este tipo de explicaciones, así como su importancia se abordará en el siguiente capítulo. La explicación macroscópica se menciona en párrafos anteriores de acuerdo con lo prescrito del programa, de la cual no se explica a qué se refieren exactamente con dicha mención y sólo hacen alusión a la explicación microscópica (modelo de partículas) para la enseñanza de los temas relacionados con calor y temperatura. Así mismo se deja ver la falta de contenido correspondiente al tema transferencia de calor y sus formas (conducción, convección y radiación), ya que la explicación se hace extensa en los temas como calor, temperatura y otros fenómenos relacionados con lo anterior.

En cuanto al Programa de Estudios 2011 Educación Básica a nivel Secundaria, el tema transferencia de calor se estudia en segundo grado correspondiente a Ciencias II, en el bloque III titulado: “Un modelo para describir la estructura de la materia”, desde la perspectiva del modelo cinético de partículas.

El programa de estudios 2011 Ciencias II (énfasis en física), tiene como propósito consolidar:

“Una ruta propia y pertinente para reformar la Educación Básica de nuestro país, que ha desarrollado una política pública orientada a elevar la calidad educativa, que favorece la articulación en el diseño y desarrollo del currículo para la formación de alumnos de secundaria; coloca en el centro del acto educativo al alumno, el logro de los aprendizajes, los estándares curriculares establecidos por periodos escolares, y favorece el desarrollo de competencias que le permitirán alcanzar el perfil de egreso de la Educación Básica” (SEP, 2011:3).

Este Programa de Estudios 2011 intenta cumplir con los propósitos planteados para una mejor calidad educativa, basada en el desarrollo de las competencias y lo anterior ayuda al estudiante en sus procesos de aprendizaje. Los propósitos para el estudio de las ciencias en la educación secundaria a manera de resumen son los siguientes:

Que los estudiantes:

- *Valoren la ciencia como una manera de buscar explicaciones, en estrecha relación con el desarrollo tecnológico.*
- *Avancen en el desarrollo de sus habilidades para representar, interpretar, predecir, explicar y comunicar fenómenos biológicos, físicos y químicos.*
- *Expliquen los fenómenos físicos con base en la interacción de los objetos, las relaciones de causalidad y sus perspectivas macroscópicas y microscópicas.*
- *Integren y apliquen sus conocimientos, habilidades y actitudes para proponer soluciones a situaciones problemáticas de la vida cotidiana (SEP, 2011:14).*

De lo anterior se extrae la importancia de la integración y valoración de los propósitos del nivel educativo en secundaria, los cuales hacen énfasis en los siguientes puntos a considerar:

- *Reconocer a la ciencia como una actividad humana.*
- *Desarrollar habilidades para explicar e interpretar fenómenos con base en la interacción con objetos.*
- *Integrar conocimientos, habilidades y actitudes para proponer soluciones a situaciones problemáticas de la vida cotidiana.*

En cuanto a la formación científica básica, ésta implica que los estudiantes amplíen de manera gradual sus niveles de representación e interpretación respecto a los fenómenos y a los procesos naturales, acotados en profundidad por la delimitación conceptual apropiada a su edad, en conjunción con el desarrollo de las siguientes habilidades, actitudes y valores.

Con respecto a las habilidades se busca que los estudiantes desarrollen durante esta etapa lo siguiente:

- *Búsqueda, selección y comunicación de información.*
- *Uso y construcción de modelos.*
- *Formulación de preguntas e hipótesis.*
- *Análisis e interpretación de datos.*
- *Observación, mediación y registro.*
- *Identificación de problemas y distintas alternativas para su solución, entre otras.*

Con referencia al Plan y Programa de Estudios 2011 (SEP, 2011) de Ciencias II, el estudio de los fenómenos físicos está orientado a favorecer la construcción y aplicación de los conocimientos en situaciones de la vida cotidiana, con base en la representación de los fenómenos y procesos naturales, y en el uso de conceptos, modelos y del lenguaje científico (SEP, 2011:20). Además que da continuidad a los contenidos abordados en primaria, y para su desarrollo en cuanto a la temática correspondiente lo hace a partir de una perspectiva macroscópica al analizar las interacciones perceptibles a simple vista, para intentar arribar a una interpretación microscópica con el uso de modelos, como se señala a continuación: *se promueve la elaboración de representaciones, mediante la descripción de los cambios que se observan en los fenómenos; la identificación de las relación básica que permiten reconocer y explicar los procesos en términos causales; la construcción de modelos explicativos y funcionales, así como a través del lenguaje que contribuyen al establecimiento de relaciones claras y de razonamiento coherente* (SEP, 2011:31).

Estos aspectos constituyen algunas herramientas que favorecen la elaboración de analogías, explicaciones y predicciones por parte de los alumnos, para que ellos desarrollen una manera personal de interpretar e interactuar con los fenómenos que observan y analizan; además, facilitan la comprensión del proceso de construcción del conocimiento científico y fortalecen las competencias a desarrollar en los estudiantes en relación con las Ciencias Naturales.

En cuanto al curso de Ciencias II (énfasis en física) se destacan los siguientes aspectos:

- Está orientado al estudio de los fenómenos físicos, para favorecer la construcción y aplicación de los conocimientos en situaciones de la vida cotidiana con base en representaciones de los fenómenos y procesos naturales, así como el uso de modelos y conceptos.
- Promover la elaboración de representaciones, mediante la descripción de los cambios que se observan en los fenómenos; la identificación de las relaciones básicas que permitan reconocer y explicar los procesos en términos causales; la construcción de modelos explicativos y funcionales.
- Promover lo anterior con el uso de lenguaje que contribuya al establecimiento de relaciones claras y de razonamientos coherentes. Para facilitar la comprensión del proceso de construcción del conocimiento científico y a su vez fortalezcan las competencias de ciencias naturales.
- Desarrollar el uso de herramientas que favorezcan la elaboración de analogías, explicaciones y predicciones por parte de los alumnos, para que desarrollen una manera personal de interpretar e interactuar con los fenómenos que observan y analizan.

En los aprendizajes y estándares que integran el Bloque III Un modelo para describir la estructura de la materia, se espera lo siguiente como se muestra en la tabla 2.4:

Tabla 2.4 Aprendizajes esperados y estándares (SEP, 2011:138).

Aprendizajes esperados	Estándares	Contenido
<p>Utiliza el modelo cinético de partículas para explicar la presión, en fenómenos y procesos naturales y en situaciones cotidianas.</p> <p>Describe la temperatura a partir del modelo cinético de partículas con el fin de explicar fenómenos y procesos térmicos que identifican en el entorno, así como a diferenciarla del calor.</p> <p>Describe los cambios de estado de la materia en términos de la transferencia de calor y la presión, con base en el modelo cinético de partículas, e interpreta la variación de los puntos de ebullición y fusión en gráficas de presión-temperatura.</p>	<p>Explicar el modelo de partículas cinético de la materia.</p> <p>Identificar diferentes características de calor y temperatura.</p> <p>Comprender la transferencia de calor y el principio de conservación de la energía e identificar las cadenas de transformación de la energía.</p>	<p>La estructura de la materia a partir del modelo cinético de partículas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las propiedades de la materia: masa, volumen, densidad y estados de agregación. -Presión: relación fuerza y área; presión en fluidos. Principio de Pascal. -Temperatura y sus escalas de mediación. -Calor, transferencia de calor y procesos térmicos: dilatación y formas de propagación. -Cambios de estados; interpretación de gráfica de presión-temperatura.

Con relación a lo anterior se puede apreciar que el tema transferencia de calor sigue apareciendo dentro de los subtemas del concepto calor y temperatura, así como también se puede identificar que hace mención de la transferencia de calor y formas de propagación, esto tiene lugar en subtemas distintos cuando más adelante del programa (temario) se ven de forma desfasada cuando se habla, por ejemplo, de energía térmica que al parecer podrían ser visto desde el principio con una agrupación de manera

ordenada de temas con relación a proceso térmicos. A diferencia del Plan de Estudios anterior (2006) que sólo hacía mención a la transferencia de calor (conducción, convección y radiación) y, su explicación con lo referente a los procesos térmicos eran de una forma consecutiva.

Después de la revisión de los Planes y Programas de Estudio 2006 y 2011 para Educación Básica en Ciencias II, lo cual ilustra la forma en la que se retoma el subtema transferencia de calor, los propósitos que pretenden el Programa de Estudios actual (SEP, 2011) y la correspondencia entre los aprendizajes esperados y estándares curriculares, se consideró pertinente hacer una revisión con algunos de los libros de texto autorizados por la Secretaría de Educación Pública; para revisar la forma en que se aborda el tema de transferencia de calor. A continuación se muestra el análisis respectivo.

2.2.2 Los libros de textos autorizados por la SEP

De acuerdo con los razonamientos de Bañas, et al. (2004) a pesar de la incorporación a la enseñanza de las ciencias de material multimedia, software informático y recursos con nuevas tecnologías, los libros de texto escolares son los materiales que los alumnos transportan en sus mochilas y el que la mayoría de los profesores utilizan cuando inicia una nueva clase. Los libros de texto continúan siendo uno de los soportes fundamentales de información de los profesores y en muchas ocasiones los principales materiales de apoyo para la enseñanza.

En ese sentido se realizó una selección de tres libros de texto de ocho que fueron revisados, pero al encontrar similitudes entre éstos, se decidió reducirlo a tres libros que fueron los que más contribuciones y variedades mostraban en cuanto a la información. Estos tres libros de texto de nivel secundaria correspondientes a la asignatura de Ciencias II (énfasis en física) fueron los más populares por lo profesores que imparten dicha asignatura.

Ante la situación planteada Camacho y Pérez (2005) en estudios previos destacan la importancia de seleccionar libros de texto para así poder realizar una revisión y análisis en cuanto a la información que contienen y considerar la transposición didáctica de los conceptos de calor y temperatura, entre otros. El objetivo de revisar el contenido que presentan estos libros fue con respecto al tema transferencia de calor (conducción) con base en las siguientes características:

- **Información:** En esta sección nos referimos al contenido científico escolar que tienen los libros de texto, es decir se busca que el contenido que tienen los libros de texto tengan coherencia con los libros de texto especializados en cuanto a la información contenida.
- **Claridad:** En esta sección se busca que los contenidos sean claros en otras palabras que el texto sea entendibles para el alumno y el profesor.
- **Secuencia de contenidos:** Una vez que se busca el contenido y la claridad de los conceptos, se pretende la existencia de una secuencia de conceptos y que estos tengan sentido para la explicación del tema de conducción de calor.

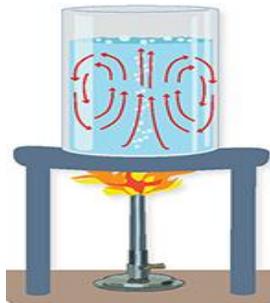
Es importante aclarar que esta selección de libros, fueron aprobados por la Secretaria de Educación Pública en el curso correspondiente al ciclo escolar 2013-2014, para así ser distribuidos en las escuelas públicas ya una vez aplicada la nueva Reforma Educativa y los nuevos Plan y Programa de Estudio 2011 vigentes. El análisis de los textos se presenta en la siguiente tabla 2.5.

Tabla 2.5 Comparación de libros de texto a nivel secundaria Ciencias II (física).

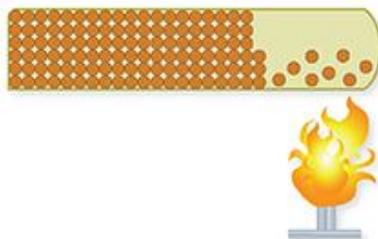
Fuente	Contenido	Comentarios
<p>Castañeda, L. R. (2012). <i>Ciencias 2 Física</i>. México: Santillana.</p>	<p>Subtema: Calor, transferencia de calor y procesos térmicos: dilatación y formas de propagación.</p> <p>En cuanto a las formas de transmisión o propagación del calor, la autora dice: el calor o la energía que se transfiere entre los objetos o cuerpos a diferentes temperaturas, tiene tres formas diferentes de propagación.</p> <p><u>Conducción:</u> Ésta se da por el contacto directo entre los cuerpos a diferentes temperaturas. Cita un ejemplo de dos cucharas metálicas y explica el proceso del aumento de su temperatura debido a la transferencia de energía que hubo de manera directa (Castañeda, 2012:145)</p>  <p><u>Convección:</u> este fenómeno tiene lugar en los fluidos (líquidos y gases) y como ejemplo presenta una olla con agua en la cual explica lo que sucede como se puede apreciar en la siguiente figura (Castañeda, 2012:145).</p> 	<p>Esta autora inicia su explicación haciendo una diferencia entre los conceptos de calor y temperatura, para después definir cada uno de ellos. Después explica las formas de transmisión o propagación del calor.</p> <p>Para la explicación de las formas de propagación de calor solamente desarrolla la forma de conducción y con las otras dos formas sólo hace mención para su explicación de ejemplos representativos.</p>

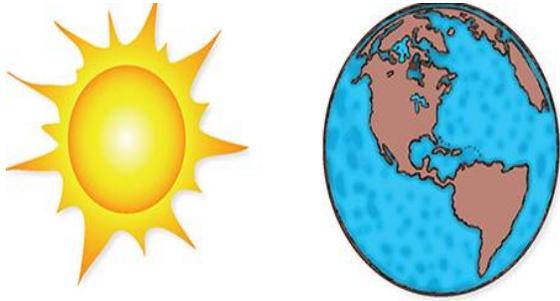
	<p><u>Radiación</u>: coloca una figura donde representa este fenómeno con los rayos solares. Y explica brevemente lo que sucede con esta forma de propagación del calor (Castañeda, 2012:146).</p> 	
<p>Roa, C. E., y Quintanilla, R. M. (2012). <i>Ciencias 2. La física a tu alcance</i>. México: Pearson.</p>	<p>Subtema: Calor, transferencia de calor y procesos térmicos: dilatación y formas de propagación.</p> <p>El calor es un tipo de energía, ésta sólo puede transmitirse de un cuerpo que tiene mayor temperatura a otro que tiene menor temperatura.</p> <p>En cuanto a las formas de propagación de calor, los autores mencionan que las moléculas que forman a las sustancias están vibrando y por su cercanía les permite ir pasando de unas a otras el calor se va recibiendo y transmitiendo mutuamente, hasta que todo el fluido tiene la misma temperatura.</p> <p>Existen tres formas en las que se transmite el calor:</p> <p><u>Convección</u>: cuando viertes agua en un recipiente y colocas unos pedacitos de aserrín llega un momento en que estos empiezan a moverse, dicho movimiento se genera en el interior del líquido. A este movimiento se le denomina convección, que indica que se generan corrientes que van de la zona más caliente a la zona</p>	<p>Estos autores presentan una explicación con respecto a las formas de transferencia de calor a partir de ejemplos sin profundizar en cuanto a lo que ocurre en su interior ya que en un apartado antes de iniciar con la explicación de transferencia hablan de moléculas, pero no vuelven a retomar esa explicación. En cuanto a la forma de transferencia de calor por conducción no explican en qué tipos de cuerpos ocurre, aunque en el ejemplo dan por hecho que se está hablando de, al menos, un cuerpo sólido.</p>

menos caliente, presentan ejemplos de lo antes descrito (Roa y Quintanilla, 2012:150).



Conducción: al colocar un objeto metálico sobre una superficie caliente, al tocarlo éste está caliente. Esto ocurre por el proceso denominado conducción, que sucede cuando el lado de un objeto metálico se pone en contacto con una fuente de calor éste se transmite por todo el cuerpo hasta que logra el equilibrio térmico y presentan un dibujo que explica lo anterior (Roa y Quintanilla, 2012:150).



	<p><u>Radiación</u>: cuando directamente un objeto se encuentra frente a un objeto que irradia calor, por ejemplo, el sol. (Roa y Quintanilla, 2012:151).</p> 	
<p>Trigueros, G. M., y Pimentel, H. J. (2012) <i>Ciencias 2 Física</i>. México: Castillo</p>	<p>En cuanto al tema transferencia de calor y procesos térmicos: dilatación y formas de propagación.</p> <p>Los autores antes de retomar este apartado hacen un bosquejo histórico del calor, retomando la teoría del calórico y logrando diferenciar entre los conceptos de calor y temperatura.</p> <p>En cuanto a la propagación de calor por <u>conducción</u>: mencionan que es la manera de propagación de calor en los sólidos y citan un ejemplo, pero no lo representan en dibujo sobre de una barra que se calienta un extremo de tal manera que aumente su temperatura, por conducción de calor se propaga hasta el extremo más frío. La conducción de calor se produce cuando las partículas que forman un objeto colisionan entre ellas y transfieren parte de su energía cinética a otras partículas. En este apartado no se presenta imagen que represente ésta forma de propagación de calor.</p> <p><u>Convección</u>: se da por una variación de temperatura al interior de un líquido o un gas, lo más probable es que este fluido se mueva.</p>	<p>Por su parte estos autores destacan la importancia del tema transferencia de calor desde la historia de la ciencia retomando la teoría del calórico, e historia del concepto de temperatura, destacando los siguientes puntos que consideré son importantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La base para explicar la temperatura es el modelo cinético de partículas a partir de él se explica lo que sucede con el calor. - Los autores retoman por separado los conceptos temperatura y calor. - También distinguen e integran los conceptos calor, transferencia de calor, procesos térmicos y dilatación para dar cuenta de la importancia de calor. - En cuanto a las tres formas de propagación de calor. Aunque sus ejemplos son más de

	<p><u>Radiación</u>: es la energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas. (Trigueros y Pimentel, 2012:154-156).</p>	<p>tipo escrito no utilizan un dibujo como tal para su explicación. Hacen mención de la ley de Fourier para la explicación de la propagación de calor por conducción.</p>
--	--	---

De la información anterior obtenida de los libros de texto, se realizó el análisis correspondiente de acuerdo a lo propuesto por los Planes y Programas de Estudio (SEP, 2011) en cuanto a la estructura y, seguimiento de temas y subtemas, como se muestra a continuación:

a) Concepto de calor

El concepto de calor es definido por la mayoría de los libros como *la energía en tránsito de un cuerpo a otro*. Si bien en cuanto al concepto, los autores logran definir calor y, a su vez, destacan la importancia de diferenciarlo del concepto de temperatura con una definición científica de dicho concepto, por lo que definen al calor como una forma de energía y a la temperatura como un concepto métrico relacionado con la energía cinética que tienen las partículas. Por ejemplo, Castañeda (2012:141) comenta: *“el calor a diferencia de la temperatura, es una energía en tránsito y, por tanto, no es algo que puedan o no tener las sustancias o cuerpos”*. Por lo cual consideramos que en cuanto a la información, los tres libros analizados cubren con lo establecido y por lo tanto los tres libros de texto presentan claridad en cuanto al concepto calor. Respecto a la secuencia de contenido, ésta no presenta tanta variedad ya que se sigue con la estructura de los contenidos propuesta por los Planes y Programas de Estudio 2011.

b) Formas de transferencia de calor

En este apartado se cuidó que la información difundida por los autores de los libros de texto revisados fuese clara y coherente con respecto a las formas de transferencia de calor y, específicamente, en la transferencia de calor por conducción.

Es importante mencionar que, efectivamente, se observó una variedad en cuanto a la información contenida y a la claridad del mismo. Por ejemplo, al llamar al subtema como “formas de transmisión o propagación del calor”. Si bien en los tres libros no se da una definición como tal de lo que es la transferencia de calor, se pueden deducir las siguientes definiciones:

- El calor o la energía que se transfiere entre los objetos o cuerpos a diferentes temperaturas, tienen tres formas diferentes de propagación: conducción, convección y radiación (Castañeda, 2012:146).
- El calor se puede propagar o transferir, de un cuerpo a otro o de una parte a otra de un mismo cuerpo en tres formas: conducción, convección y radiación (Roa y Quintanilla, 2012:150).
- El calor puede propagarse de distintas formas: por conducción, por convección y por radiación (Trigueros y Pimentel, 2012:154).

c) Conducción de calor

Las explicaciones encontradas en los tres libros de texto de secundaria intentan definir esta forma de transferencia de calor, al utilizar ejemplos de la vida cotidiana y considero que sólo uno de los libros de texto como es el caso de Trigueros y Pimentel (2012) logran aproximarse a una explicación científica o más formal de las formas de transferencia. Aunque se corroboró que (todos) los autores cuidaron que la explicación microscópica fuera la más cercana a los libros de texto científicos especializados, en donde se hace mención del modelo cinético de partículas para su explicación, y se toma en cuenta el estado sólido de la materia (uso correcto) para el caso de la conducción de calor.

En este sentido se considera importante retomar la explicación de Trigueros y Pimentel (2012) sobre conducción de calor:

“La manera de propagación de calor en los sólidos es la conducción. Si se calienta el extremo de una varilla metálica, de tal manera que aumente su temperatura, por conducción de calor se propaga hasta el extremo más frío. Y presentan la explicación microscópica de lo que ocurre haciendo uso del modelo cinético de partículas, al respecto comentan lo siguiente: la conducción de calor se produce cuando las partículas que forman un objeto colisionan entre ellas y transfieren parte de su energía cinética a otras partículas. Es importante destacar la mención que hacen con respecto a la Ley de Fourier de la conducción de calor” (Trigueros y Pimentel, 2012:154).

De los anteriores planteamientos, de los tres libros de texto, se deduce que en cuanto al fenómeno de conducción, éste carece de información suficiente y varía con la perspectiva de cada autor, respecto a las definiciones, información, claridad y secuencia de contenido que presenta cada uno. Esto nos permitió elegir el libro de texto que más se adecua a la información necesaria para el diseño de la estrategia didáctica y, sobre todo, a la construcción de modelos teóricos que más adelante se retomarán. El libro elegido es el de Trigueros y Pimentel (2012) porque considero tiene más claridad y secuencia en cuanto a la información que desarrolla con respecto al tema transferencia de calor.

A continuación se presenta la información del tema de transferencia de calor y sus formas de transferencia, desde la visión de la ciencia erudita.

2.3 Lo que dicen los libros de texto universitarios

En este apartado se presenta la información obtenida de los libros de texto en cuanto a la ciencia erudita, es decir, aquella diseñada por expertos respecto al tema y a la asignatura, que en este caso son Física y Química para así poder tener dos visiones diferentes y completas del tema en cuestión. Para ello, se realizó una búsqueda exhaustiva en libros de texto de nivel universitario, sobre todo lo relacionado al tema transferencia de calor y específicamente, a todo aquello que pudiera dar cuenta de la conducción de calor como una forma de transferencia. Para lo cual se eligieron tres libros de texto expertos en cuanto al fenómeno a modelizar, con la intención de poder tener diferentes posturas para abordar dicho tema, como es el caso de la selección del libro de Física y dos libros especializados en transferencia de calor.

En la siguiente tabla 2.6 se presenta a manera de resumen la información de los tres libros de texto expertos del tema a tratar. Estos libros de texto fueron seleccionados en cuanto al contenido y claridad del tema ya que consideré importante contar con posturas generales sobre la visión Física y Termodinámica de la transferencia de calor. El análisis de estos libros de texto científicos se realizó en cuanto a la información y claridad sobre el fenómeno de conducción de calor. Así como también destacar los elementos comunes y diferentes en el tratado de la temática de interés.

Tabla 2.6 Comparación de los libros de texto expertos.

Autor y libro	Contenido	Elementos comunes	Elementos diferentes
<p><i>Incropera, F. P. y DeWitt, D. P. (1999). Fundamentos de transferencia de calor.</i> Pearson Prentice Hall.</p>	<p>Definen calor como la energía en tránsito debido a una diferencia de temperatura. Es decir, siempre que ocurra una transferencia de calor. Existen tres formas en las que se transfiere el calor: conducción, convección y radiación.</p> <p><u>-Conducción:</u> se considera como la transferencia de energía de las partículas más energéticas a las menos energéticas de una sustancia debido a las interacciones entre las mismas.</p> <p><u>-Convección:</u> se compone de dos mecanismos. Además de la transferencia de energía debida al movimiento molecular aleatorio (difusión), la energía también se transfiere mediante el movimiento global o macroscópico del fluido. El movimiento del fluido se asocia con el hecho de que, en cualquier instante, grandes números de moléculas se mueven</p>	<p>-Definición de calor</p> <p>-Importancia del gradiente de temperatura.</p> <p>-Describe las formas de transferencia de calor y cita ejemplos de cada uno.</p> <p>-Con respecto a la conducción de calor los autores de este libro se refieren al movimiento de partículas.</p> <p>-Aunque no lo dicen directamente en los ejemplos hacen mención de por lo menos un objeto sólido.</p>	

	<p>aleatoriamente.</p> <p><u>-Radiación:</u> es la energía emitida por la materia que se encuentra a una temperatura finita. La radiación se puede atribuir a cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas constituidos. La energía del campo es de radiación y es transportada por ondas electromagnéticas (o alternativamente, fotones).</p>		
<p>Tippens P. (2011). <i>Física. Conceptos y aplicaciones.</i> McGraw-Hill.</p>	<p>Transferencia de calor</p> <p>El autor se refiere al calor como una forma de energía en tránsito. Siempre que hay una diferencia de temperatura entre dos cuerpos o entre dos partes de un mismo cuerpo se dice que el calor fluye en la dirección de mayor a menor temperatura. Hay tres métodos principales por los que ocurre tal intercambio de calor:</p> <p><u>-Conducción:</u> es el proceso por el que se transfiere energía térmica mediante colisiones de moléculas adyacentes a lo largo de un medio material. El</p>	<p>-Energía en tránsito.</p> <p>-Diferencia de temperatura</p> <p>-Modos de transferencia de calor.</p>	<p>-En cuanto al método de transferencia de calor por conducción este autor hace mención a la transferencia de energía mediante colisiones de molécula.</p>

	<p>medio en sí no se mueve.</p> <p><u>-Convección:</u> es el proceso por el que se transfiere calor por medio del movimiento real de la masa de un fluido.</p> <p><u>-Radiación:</u> es el proceso por el que el calor se transfiere mediante ondas electromagnéticas.</p>		
<p>Çengel, Y. A., y Ghajar, A. J. (2011) <i>Transferencia de calor y masa</i>. McGraw-Hill.</p>	<p>Se define calor como la forma de energía que se puede transferir de un sistema a otro, como resultado de la diferencia de temperatura. La transferencia de energía como calor siempre se produce del medio que tiene la temperatura más elevada hacia el de temperatura más baja, y la transferencia de calor se detiene cuando los dos medios alcanzan la misma temperatura.</p> <p>Todos los modos de transferencia de calor requieren la existencia de una diferencia de temperatura y todos ellos ocurren del medio que posee la temperatura más elevada hacia uno de</p>	<p>-Energía en tránsito</p> <p>-Diferencia de temperatura.</p> <p>-Modos de transferencia de calor.</p>	<p>- En cuanto a la transferencia de calor por conducción, a diferencia de los otros autores que se mencionan arriba, estos autores hacen una explicación microscópica y macroscópica de lo que ocurre con este fenómeno y no sólo dan una explicación de lo que ocurre en sólidos, sino también lo que ocurre en los fluidos.</p>

	<p>temperatura más baja.</p> <p><u>-Conducción:</u> es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia hacia las adyacentes menos energéticas, como resultado de interacciones entre esas partículas. La conducción puede tener lugar en los sólidos, líquidos o gases.</p> <p><u>-Convección:</u> es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacente que está en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos. Entre más rápido es el movimiento de un fluido, mayor es la transferencia de calor por convección.</p> <p><u>-Radiación:</u> es la energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas (o fotones) como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas, y no requiere la presencia de un medio interventor.</p>		
--	---	--	--

Con referencia a la tabla anterior se puede corroborar que la información obtenida desde la ciencia erudita es más nutrida que los libros de texto de secundaria en la asignatura de física y, aunque tienen contenido más elaborado en cuanto a los términos que utilizan, considero que son bastante claros en cuanto a la explicación de la temática a tratar. Como se comentó anteriormente, se decidió seleccionar estos libros de texto para obtener una perspectiva más amplia en cuanto al fenómeno a modelizar –conducción de calor- (con la ayuda del análisis de dicha información). De lo anterior se logró conocer a mayor profundidad todo lo referente al tema desde perspectivas diferentes considerando a las leyes de la termodinámica como visión macroscópica y al modelo cinético de partículas que es utilizado para hablar desde la visión microscópica.

En cuanto a los ejemplos encontrados en los libros de texto especializados que representan las formas de transferencia de calor, los cuales no son representados con imágenes específicas, se puede concluir que en los tres son casi iguales en cuanto a su explicación ya que lo ejemplifican con un objeto sólido, una fuente que provoca esa transferencia de calor y ejemplos textuales que tienen que ver con la representación de fluidos (líquidos y gas). En decir, presentan el cuerpo –sólido, líquido o gas- y la presencia de una fuente que provoca la transferencia de calor.

En referencia a la clasificación anterior (ver tabla 2.6), con respecto a los contenidos, se puede decir que el libro de texto más complejo es el de Çengel y Ghajar (2011) ya que los autores abordan la temática desde un punto de vista general, abarcando lo macroscópico (termodinámica) y microscópico (modelo cinético de partículas). Si bien esta visión se recomienda en los Planes y Programas de Estudio (2011) de nivel secundaria, una vez que se llevó a cabo el análisis, no se encontró evidencia explícita que hiciera mención de alguna de las Leyes de la Termodinámica. Algo que sin lugar a duda, en los libros especializados está presente, pero también se deja de lado el trato que se le da a la explicación de la conducción de calor sustentado desde la visión del modelo cinético de partículas. En relación con esto, Furió, Solbes y Furió (2005) realizaron un estudio basado en el análisis de libros de texto sobre la forma en la cual se presentan los conceptos y modelos en la enseñanza de la Termoquímica, ellos argumentan que algunos libros de texto de nivel universitario presentan ciertas

deficiencias al no considerar aspectos como las concepciones alternativas de los estudiantes en prerrequisitos conceptuales como calor y energía. Así como la utilización de modelos termodinámicos para ejemplificar los fenómenos que se encuentran en relación a dichos conceptos mencionados.

De los planteamientos anteriores se resume la importancia de conocer como profesor de ciencias la información en cuanto al contenido científico especializado del tema a tratar en clase y así poder transportar ese contenido a los alumnos de una manera correcta y diferente. Al respecto Gil (1991) comenta que los profesores deben intentar romper con las habituales transmisiones verbales a cargo de especialistas que relegan a los profesores al papel de simples receptores. Por lo tanto los profesores deben evolucionar y plantearse cuáles son los conocimientos que se deben precisar y adquirir para desarrollar adecuadamente la actividad docente.

Es importante para la enseñanza de las ciencias, considerar las ideas previas que tienen al respecto los alumnos sobre un tema, ya que para tener una buena comprensión de la temática, en este caso de la transferencia de calor, es recomendable tener presente a la termodinámica y teoría cinética de partículas, resultado de la combinación de las ciencias: física y química.

En el siguiente capítulo se presentarán las bases tanto didácticas, epistemológicas y disciplinares que sustentan este trabajo de tesis.

Capítulo 3. Marco Teórico

“Entre los muchos y variados estudios sobre las letras y las artes, con los que se vivifican las inteligencias de los hombres, pienso que principalmente han de abarcarse y seguirse con el mayor afán las que versan sobre las cosas más bellas y más dignas del saber”.
Stephen Hawking (2003:24).

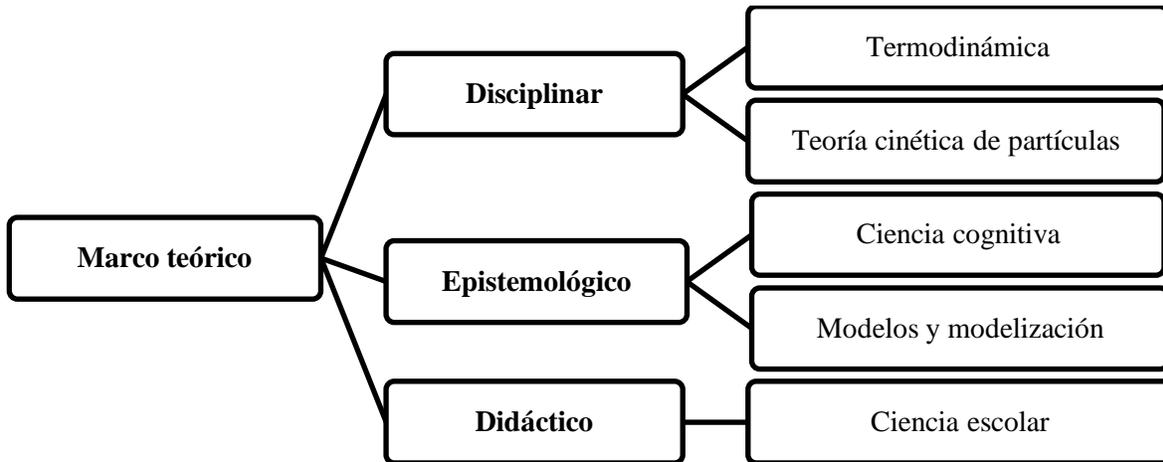
Introducción

En apartados anteriores se presentaron los antecedentes históricos concernientes al tema de conducción de calor como una forma de transferencia de calor y se describió un bosquejo sobre la historia de dicho tema, así como el marco referencial sobre la conducción de calor. En este último se presenta la investigación realizada con respecto a la temática, desde tres puntos de vista: las ideas previas, Planes y Programas de Estudio y libros de texto autorizados por la SEP y, finalmente se realizó una revisión de la información obtenida por los libros de texto científicos.

Este nuevo capítulo describe las bases que sirvieron para construir y sustentar el trabajo de la tesis que es la construcción de modelos correspondiente al fenómeno conducción de calor, para lo cual se consideró como antecedente la importancia de la didáctica de las ciencias y el constructivismo como un enfoque epistemológico para llevar a cabo la modelización, también se integró información referente a la teoría cinética de partículas y a las leyes de la termodinámica que dan cuenta de los temas correspondientes a calor y sus formas de transferencia.

Este capítulo se organizó con base en los enfoques que comprenden el citado marco teórico: disciplinares, epistemológicos y didácticos (ver figura 3.1).

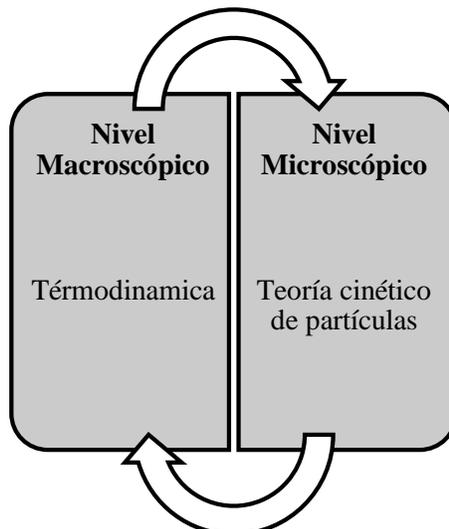
Figura 3.1 Estructura del Marco teórico.



3.1 Enfoque disciplinar

A continuación se presentan las bases disciplinares que sustentan lo relacionado con el tema de calor y las formas de transferencia de calor –como es el caso de conducción de calor- se decidió partir desde los niveles macroscópicos (termodinámica) al microscópico (teoría cinética de partículas) ya que de acuerdo con las bases teóricas son los dos niveles que sustentan teóricamente el fenómeno de conducción de calor (ver figura 3.2).

Figura 3.2. Niveles de la materia para explicar el fenómeno de transferencia de calor por conducción.



Como se puede ver en la figura 3.2, se sugiere para la enseñanza de los temas como transferencia de calor partir primero del nivel macroscópico, para posteriormente abordar el nivel microscópico. De acuerdo con Phillips, et al. (2000) las observaciones de la composición y el comportamiento de la materia se basan en una percepción macroscópica. El mundo macroscópico es el percibido por nuestros sentidos: tocar, sentir, oler, degustar y ver. Del mismo modo, la apariencia y propiedades de un trozo de materia se deben a su estructura microscópica para así poder entender cómo influye la estructura oculta de la materia en su comportamiento, lo cual es tan pequeño que no se puede ver a simple vista como es el caso de las partículas.

En ese mismo sentido y de acuerdo con los planteamientos de Domínguez, et al., (1996:13) mencionan que “el modelo de partículas adquiere una importancia fundamental, no sólo para la explicación causal de cualquier hecho o fenómeno que conlleve un cambio, sino también para diferenciar los conceptos de calor y temperatura y lograr así la integración de la descripción macroscópica del sistema (Termodinámica) y de la microscópica (Modelo Cinético-Molecular), con el objetivo de facilitar el acercamiento entre el lenguaje coloquial y el lenguaje científico”.

Como ya se ha citado en el capítulo anterior titulado “Marco Referencial” en el apartado de los Planes y Programas de Estudio (SEP, 2011:51) se sugiere lo siguiente: *“se recomienda hacer uso del modelo cinético de partículas (nivel microscópico) para la explicación de fenómenos referentes a calor, temperatura y entre otros. Esto debe ser tomado en cuenta para la explicación de dicho tema, es estos contenidos es importante partir de lo perceptible y de las experiencias de los alumnos para abordar la perspectiva microscópica relativa a las partículas”.*

Con referencia a lo anterior, bajo la propuesta de la enseñanza macroscópica y microscópica de los temas térmicos como el caso del calor, Cárdenas y Ragout De Lozano (1996) mencionan los tres tipos elementales de explicaciones dadas a través de la historia de la física propuestas por Halbwachs: la heterogénea, la homogénea y la “batígena” (del griego *bathus*, profundo):

1. Heterogénea (o también causal): es aquella que consiste en hacer intervenir la acción del mundo exterior sobre el sistema físico en estudio, estableciendo

fundamentalmente una relación unívoca ante un sistema agente y un sistema paciente. Por ejemplo, la dinámica de una partícula.

2. Homogénea: de carácter formal, descriptiva de las cualidades del fenómeno analizado, sin recurrir a agentes externos y justificada por las propias cualidades de forma, privilegiando el “cómo”, sin tener en consideración el “por qué”.
3. Batígena: apela a los mecanismos profundos que dan lugar a fenómenos, y a partir de los cuales se puede dar cuenta de las leyes que relacionan las variables macroscópicas que caracterizan a los sistemas. Por ejemplo, la elasticidad de los sólidos, el modelo de resortes microscópicos que ligan los átomos de la red cristalina responsables del comportamiento macroscópico observado.

Es importante resaltar la explicación batígena para la enseñanza de temas referentes a la física, en específico, para los temas como el calor y sus formas de transferencia, como lo es el fenómeno de la conducción. Lo anterior me llevó a reflexionar sobre la forma en la cual se imparten estos temas a nivel básico, especialmente en secundaria, ya que consideré oportuno retomar los dos niveles de la materia para así poder explicar las formas en las cuales se transfiere el calor por conducción. Para su explicación en las actividades didácticas, que se retomará a mayor profundidad más adelante, fue importante tener clara la visión del fenómeno en cuestión, para así poder transportarlo con claridad para la propuesta de trabajo (actividades) en el salón de clase.

A continuación se presentan las visiones disciplinares (termodinámica y modelo cinético corpuscular) que sustentan la transferencia de calor por conducción.

3.1.1 Termodinámica

En este apartado se describen los sucesos históricos -máquina térmica- y conceptos fundamentales de la termodinámica -energía y calor-, mismos que consideré son importantes para entender y sustentar la transferencia de calor por conducción. Se decidió que la forma de presentar dicha información se realizaría cronológicamente, para después hacer un acercamiento de todo lo expuesto y, a su vez, relacionarlo con la transferencia de calor.

Los orígenes de la termodinámica se sustentan con el descubrimiento y análisis de la máquina de vapor o térmica, la cual tuvo su origen con los filósofos griegos como Herón de Alejandría, y la llamada *Aeolipilia* (ver capítulo 1). Con el paso del tiempo diferentes científicos realizaron estudios sobre las máquinas térmicas, entre los cuales destaca el trabajo realizado por Benjamin Thompson Rumford o Conde Rumford (1753-1814), como se encuentra en la mayoría de los libros de física. Su trabajo fundamental fue el demostrar que la teoría del calórico era incorrecta, aunque la primera persona que se planteó interrogantes ante los experimentos y resultados de todo aquello que tuviera que ver con las máquinas térmicas, fue el brillante ingeniero francés Sadi Carnot (1796-1830). Si bien su trabajo no fue reconocido enseguida sino tiempo después, sus escritos fueron fundamentales para dar surgimiento a lo que hoy se conoce como Termodinámica.

De acuerdo con Tippens (2011:414) Sadi Carnot en 1824, construyó una máquina la cual tiene la eficiencia máxima posible tratándose de una máquina que absorbe calor de una fuente a alta temperatura, realiza trabajo externo y deposita calor en un recipiente a baja temperatura. La eficiencia de una cierta máquina puede determinarse comparándola con la máquina de Carnot al funcionar entre las mismas temperaturas.

En 1824 Carnot publicó un pequeño libro titulado *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego*, en el cual hacía la siguiente pregunta: ¿Cuál es el máximo beneficio de una máquina?, (el beneficio de una máquina se definía por la cantidad de trabajo mecánico que puede realizar a partir de una determinada cantidad de combustible; está relacionado con el concepto de rendimiento). Carnot utilizó la teoría del calórico en su

análisis de la máquina de vapor, suponía que el calor no se convierte realmente en trabajo, sino que el flujo de calor de un cuerpo caliente a un cuerpo frío, y que puede utilizarse para realizar trabajo de un modo parecido a como se aprovecha la caída del agua de un nivel elevado a otro más bajo. Aunque la teoría del calórico –sobre la que se basaron estos resultados- fue rechazada por otros científicos, incluido Carnot, sus conclusiones son todavía válidas. El análisis de Carnot de las máquinas de vapor muestra, que siempre que exista una diferencia de temperatura entre dos cuerpos, o dos partes del mismo cuerpo, hay la posibilidad de realizar trabajo haciendo que el calor expanda un gas en el proceso de paso del calor de un cuerpo al otro. Otro aspecto importante de ese análisis es el proceso de igualación de temperaturas por el flujo de calor de los cuerpos calientes a los fríos tiene lugar constantemente no sólo en las máquinas, sino en toda la naturaleza (Holton, 1989: 425-426).

Dadas las condiciones que anteceden la importancia de las máquinas térmicas - cómo éstas funcionan en un ciclo que produce trabajo resultado del calor suministrado- a lo largo de la historia de la ciencia y cómo esta contribución tuvo impacto en los estudios realizados por Carnot, aún con algunos inciertos cometidos en sus experimentos, los trabajos de Carnot fueron alentadores para impulsar a otros científicos a estudiar sobre temas relacionados con el calor.

Al respecto García-Colín (2003) comenta que fue sólo en Alemania y en Inglaterra donde las ideas de Carnot fueron apreciadas e incorporadas en la teoría moderna del calor, y fueron fuente esencial de donde emanaron las leyes de la termostática. Es así como surge la termodinámica siendo esta una rama de la física.

La termodinámica nace, a principios del siglo XIX, como una gran síntesis que trató de unificar la explicación de las diferentes fuerzas introducidas en los procesos mecánicos, eléctricos, químicos, térmicos y magnéticos. Las transformaciones de una forma de energía a otra en un sistema aislado o entre sistemas que interaccionan, condujo al establecimiento del principio de conservación de la energía formalizado en 1947 por Hermann Von Helmholtz (1821-1849), iniciándose así el origen de la termodinámica como síntesis de las dos ciencias, la mecánica y el calor (Furió, et al., 2007:461,464).

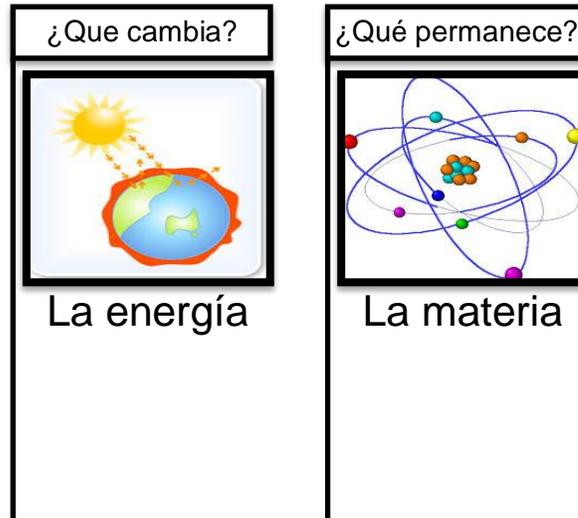
De acuerdo con Tippens (2011:404) “la termodinámica se ocupa de la transformación de la energía térmica en energía mecánica y del proceso inverso, la conversión del trabajo en calor puesto que casi toda la energía de las materias primas se libera en forma de calor”. En ese mismo sentido, Incropera y Dewitt (1999) comentan sobre la termodinámica que, la energía se puede transferir mediante las interacciones de un sistema con su alrededor. Estas interacciones se denominan trabajo y calor. La termodinámica trata de los estados finales del proceso durante el cual ocurre una interacción y no proporciona información alguna con respecto a la naturaleza de esta interacción o a la rapidez con la que ésta se produce.

La termodinámica se basa en dos leyes fundamentales que deben cumplirse en todos los casos que estén relacionados con la energía interna, así como del calor y del trabajo (al representar cambios que ocurren en un proceso), al ser reconocidas como formas de energía. Es una consecuencia de demostrar la falsedad con respecto a la teoría del calórico por Rumford. **La primera ley de la termodinámica es conocida también como el principio de la conservación de la energía.** Al respecto Tippens (2011:404) comenta que el trabajo, lo mismo que el calor, supone la transferencia de energía, pero existe una diferencia importante entre estos dos términos. En mecánica definimos el **trabajo** como una cantidad escalar, igual en magnitud al producto de una fuerza por un desplazamiento. La temperatura no interviene en esta definición. El **calor**, por otra parte, es energía que fluye de un cuerpo a otro a causa de la diferencia de temperatura. Una condición indispensable para que se transfiera calor es que exista una diferencia de temperatura.

En este sentido García-Colín (2011:36) definen al calor, “como una forma de energía en tránsito. Se debe descartar la definición de que el calor “fluye” de un cuerpo caliente a uno frío como si se tratara de un fluido. Considero importante resaltar el cambio en la energía interna del sistema formado por dos cuerpos, cuando por la presencia de diferencia en las temperaturas entre los cuerpos ocurre un intercambio de energía”.

Estos planteamientos fueron fundamentales para considerar lo que se debe tener presente al enseñar el tema de calor y su transferencia –conducción- (Ver figura 3.3).

Figura 3.3 ¿Qué cambia y que permanece?



En la figura 3.3 se muestra que en la transferencia de calor por conducción en dos cuerpos –objetos- lo que cambia o se transforma es la energía, por ejemplo de energía cinética a energía térmica, es este caso es importante resaltar la importancia de la condición de la diferencia de temperatura entre el “cuerpo caliente al cuerpo frío”. Por otro lado, aquello que permanece es la materia, siempre y cuando estemos hablando de cuerpos sólidos o de la interacción entre una fuente y un cuerpo sólido.

A continuación se presentan los puntos principales de las leyes de la termodinámica para así después profundizar en el tema de transferencia de calor.

Primera ley de la termodinámica o principio de la conservación de la energía.

Los antecedentes de esta ley tienen sus inicios con los estudios decisivos que condujeron a establecer la equivalencia entre el trabajo mecánico y el calor, los cuales fueron realizados en 1840 por James Joules en la Gran Bretaña. Tales estudios estuvieron inspirados en los trabajos que Rumford había llevado a cabo casi cincuenta años antes y que describimos en el capítulo 1. En un trabajo intitulado *El equivalente mecánico de calor*, que data de 1843 y que fue publicado en 1850, Joule presentó evidencia inequívoca justificando las conclusiones de Rumford (García-Colín, 2003).

Es importante destacar en los trabajos realizados por Joule ya que los resultados obtenidos son la base de lo que se conoce en la actualidad como la Primera Ley de la Termodinámica:

1. La cantidad de calor producida por la fricción entre cuerpos, sean líquidos o sólidos siempre es proporcional a la cantidad de trabajo mecánico suministrado.
2. La cantidad de calor capaz de aumentar la temperatura de 1 libra de agua (pesada en el vacío y tomada a una temperatura entre 55° y 60° F) por 1.8 °C (1 °F) requiere para su evolución la acción de una fuerza mecánica representada por la caída de 722 lb (350.18 kg) por la distancia de 1 pie (30.48 cm).
3. Es sus experimentos Joule, deja clara la existencia de energía mecánica de maneras diferentes, sistemas aislados (son aquellos que se encuentran encerrados en recipientes cuyas paredes impiden la interacción térmica con los alrededores), variación de temperatura del sistema y energía interna del sistema (García-Colín, 2003:31-32).

Las experiencias de Joule sirvieron para postular que la energía no puede crearse o destruirse, sólo se transforma de una forma a otra. La primera ley de la termodinámica se refiere a los procesos termodinámicos, el calor neto absorbido por un sistema es igual a la suma del trabajo neto que éste realiza y el cambio de su energía interna (Tippens, 2012:406) y se representa con la siguiente ecuación:

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

Donde:

ΔQ = es el calor neto absorbido por un sistema

ΔU = es el cambio de la energía interna del sistema

ΔW = es la suma del trabajo neto

Un punto que consideramos importante destacar de esta ley de la termodinámica es el concepto de energía, de acuerdo con los planteamientos de Furió-Gómez, et al., (2007:465) se define como la capacidad de los sistemas para hacer transformaciones – en particular, haciendo trabajo y/o transfiriendo calor- según este primer principio. Las transformaciones de unas formas de energía en otras en un sistema aislado o entre sistemas que interaccionan condujo al establecimiento del principio de conservación de la energía formalizado en 1847 por Hermann Von Helmholtz (1821-1894). Iniciando así el origen de la termodinámica como síntesis de las dos ciencias, la mecánica y el calor.

Segunda ley de la termodinámica

En referencia a lo anterior, es así como para 1847-1850, cuando las locomotoras recorrían grandes distancias, los ríos y lagos eran surcados por buques de vapor y la máquina de vapor era de uso común, apenas se establecían las bases teóricas de la equivalencia de calor y trabajo mecánico, en tanto se desterraban los últimos huecos de la teoría del calórico y se asentaba el concepto de “energía interna” como un postulado ahora llamado primera ley de la termodinámica (García-Colín, 2003:38).

Después del descubrimiento de la ley de conservación de la energía, las conclusiones de Carnot sobre las máquinas de vapor fueron incorporadas a las nuevas teorías del calor con el nombre de segundo principio de la termodinámica. “Esta ley se ha establecido de diversas formas, todas ellas aproximadamente equivalentes, y expresa la idea que la *tendencia del flujo de calor de los cuerpos calientes a los fríos*

hace imposible obtener la cantidad máxima de trabajo mecánico a partir de una determinada cantidad de calor” (Holton, 1989:426).

De acuerdo con los planteamientos de Tippens (2011:413) “la segunda ley de la termodinámica, mantiene la idea que es imposible construir una máquina que, funcionando de manera continua, no produzca otro efecto que la extracción de calor de una fuente y la realización de una cantidad equivalente de trabajo”.

De los planteamiento anteriores se puede concluir que, en la enseñanza del concepto calor desde la visión macroscópica el docente puede hacer uso de situaciones que tienen que ver con el medio que rodea al sujeto, esto puede hacerse al plantear situaciones como sugieren Cervantes, et al. (2001:560) al explicar el concepto de calor: “si uno toca una estufa caliente pasa energía de ella a la mano porque la estufa está más caliente que la mano, pero si uno toca un trozo de hielo la mano cede energía al hielo, que está más frío. El sentido de la transferencia espontánea de energía es siempre del cuerpo más caliente al más frío. El proceso por el cual la energía que se transfiere de un objeto a otro debido a una diferencia de temperatura entre ambos se llama calor”.

3.1.2 Teoría cinética de partículas

En este apartado se dará cuenta de aquellas propiedades que forman a la materia como es el caso de un cuerpo sólido cuyas propiedades pueden ser explicadas desde la visión microscópica como puede ser el caso de las partículas. La rama de la física que se encarga de estudiar cómo y por qué ocurren ciertos fenómenos que tienen que ver con sólidos, líquidos y gases y, sus transformaciones, se le conoce como la **Teoría cinética de la materia**. A continuación se presentará un bosquejo histórico sobre dicha teoría.

En el siglo XVII, Robert Boyle (1627-1691) inició el estudio científico del comportamiento y propiedades de los gases. Muchos investigadores continuaron sus trabajos, y los datos acumulados se usaron en la segunda mitad del siglo XIX para formular una teoría general que explicara el comportamiento y propiedad de los gases, la cual recibió el nombre de teoría cinético-molecular la cual se amplió para explicar, en parte, el comportamiento de líquidos y sólidos (Hein y Arena, 2005:261).

Fue así como se inició el estudio para intentar dar explicación sobre el comportamiento microscópico –partículas- que presentan los sólidos, líquidos y gases.

Rumford y Davy habían cuestionado la teoría del calórico, la teoría ondulatoria del calor había popularizado la noción que el calor está relacionado con las vibraciones de un medio, Meyer había estudiado la idea (en 1842 y 1845) que tanto el calor como la energía mecánica obedecían una ley general de conservación de la energía. En los años 1850-1860 resucitó, de nuevo, la teoría cinética, y esta vez se estableció rápidamente con bases firmes. Como es el ejemplo de alguno de los principales resultados de la teoría cinética del trabajo fundamental de Rudolph Clausius: el artículo “*Sobre la naturaleza del movimiento que llamamos calor*” (1857), que inició la fase moderna del desarrollo de la teoría (Holton, 1989:513).

De acuerdo con García-Colín (2002) la teoría cinética de la materia en realidad vio sus primeras luces a principios del siglo XVIII, en trabajo, todavía de carácter especulativo, escrito por el gran matemático suizo Daniel Bernoulli, bajo el título de *Hydrodynamica*. En la cual construyó una teoría muy completa y en esencia correcta de

la teoría cinética de los gases. Desafortunadamente fue escrita en una época en la que todavía existían grandes polémicas sobre la naturaleza del trabajo y el calor, así como su relación con el concepto de energía. Tal como se ha visto en el apartado anterior estos conceptos fueron comprendidos gracias a los trabajos de Rumford, Joule, Mayer, Clausius y Von Helmholtz, a mediados del siglo XIX, y culminaron con la aparición de la termostática o termodinámica. Fue en esa época cuando adquirió sentido la posibilidad de interpretar todos los fenómenos descriptibles por las leyes de la termodinámica en términos de los átomos que componen a la materia: la teoría cinética de la materia.

La teoría cinética establece que las partículas submicroscópicas de toda la materia están en movimiento constante y aleatorio. Este movimiento constante y aleatorio de minúsculas partículas de materia se llama movimiento browniano, en honor de Robert Brown. La energía de los objetos en movimiento se llama energía cinética (Phillips, et al., 2000:344). En relación con los planteamientos anteriores se destaca la importancia que tiene el movimiento de las partículas que forman un cuerpo y este movimiento va a depender del estado de la materia que posee y esto tiene lugar en el interior de dicho cuerpo.

De acuerdo con García-Colín (2002) se refiere a la teoría cinética de la materia al intento mediante el cual se desean explicar las propiedades observables en escala gruesa o microscópica del sistema que en el mundo que nos rodea se encuentran en alguna de las siguientes fases: sólido, líquido y gaseoso, a partir de las leyes que gobiernan las partículas microscópicas que los forman. Y que a simple vista no pueden ser perceptibles como es el caso del movimiento de las partículas que contiene un objeto o cuerpo.

Cabe agregar que los trabajos realizados con respecto a la teoría cinética molecular teniendo sus bases en el estudio del comportamiento de los gases como se menciona en párrafos anteriores también fue útil para conocer qué sucedía con los cuerpos sólidos y líquidos. Al respecto, Holton (1989:515) resalta la importancia de los trabajos realizados por Clausius ya que él realizó cálculos detallados sólo para un modelo correspondiente al estado gaseoso de la materia –en el cual se presume que las moléculas se mueven libremente en un espacio casi vacío con sólo choques

ocasionales-, Clausius estaba dispuesto a proponer una explicación plausible de la diferencia entre estados gaseosos, líquidos y sólidos, basada en un punto de vista cinético-molecular cualitativo. En el estado sólido sugería que las moléculas vibran alrededor de posiciones fijas de equilibrio y giran alrededor de sus centros de gravedad. En el estado líquido las moléculas no poseen posiciones definidas en equilibrio, sino que pueden desplazarse de un lugar a otro, aunque siempre influidas por las fuerzas que ejercen las moléculas próximas. En cambio, en el estado gaseoso las moléculas escapan.

Ante las situaciones planteadas, consideramos importante destacar la importancia de retomar la visión microscópica (teoría cinética) para la enseñanza de temas con relación al calor (transferencia de calor), ya que es fundamental que el alumno conozca que los cuerpos dependiendo del estado de la materia que tengan, estos están formados por partículas y éstas partículas presentan movimiento en forma de energía cinética.

En el siguiente apartado se abordará la información correspondiente al fenómeno de conducción de calor como una forma de transferencia de calor explicado desde las visiones microscópica y macroscópica.

3.1.3 Transferencia de calor por conducción

En este apartado se destaca la importancia que tiene el sustento termodinámico y la teoría cinética corpuscular para sostener microscópica y macroscópicamente la transferencia de calor por conducción. Como se puede ver en apartados anteriores en los cuales se presentó información correspondiente a dichos temas.

Como ya se ha aclarado en párrafos anteriores, la teoría cinética tiene la ventaja de dar a conocer microscópicamente aquello que le sucede a las partículas que componen un objeto, y así poder conocer el comportamiento que tienen estas partículas dependiendo su composición.

De acuerdo con Holton (1989:391) como antecedente, “el fluido calórico (llamado calórico por Lavoisier en 1787) comenzó a tener aceptación al asignársele dos importantes propiedades: que las partículas del calórico, se repelen entre sí, pero son atraídas por los corpúsculos de dicha materia”. Por tanto, si el calor se aplica a un objeto material, el calórico puede imaginarse que se difunde rápidamente por todo el cuerpo y se deposita en una capa o atmósfera alrededor de cada uno de los corpúsculos. Pero si el objeto que se calienta está en forma sólida o líquida, las atracciones mutuas entre los propios corpúsculos (como si fueran gravitatorias) predominan de tal modo que las atmósferas de calórico, por repulsión mutua, sólo pueden dar lugar a una ligera expansión o dilatación térmica. Rumford por su parte llegó a demostrar que la imagen de calor como un movimiento vibratorio (o de otro tipo) de las partículas ordinarias de una sustancia, explicaría cualitativamente gran cantidad de fenómenos tales como la dilatación térmica, la conducción de calor y los cambios de estado.

Históricamente los trabajos realizados sobre la teoría del calórico fueron de gran relevancia para el estudio del calor, Rumford ayudó a desfasar la teoría del calórico como ya se ha mencionado en apartados anteriores. Pero lo más significativo resulta el hecho de que gracias a la teoría ondulatoria de la luz –una teoría en la cual el calor se consideraba como un movimiento vibratorio del éter- el calor es concebido actualmente como una forma de energía (Holton, 1989).

Un aporte importante que dejó la termodinámica, es la presencia de la energía en varias formas (cinética, potencial, térmica, entre otras) y el interés primordial en este trabajo es la relación que se tiene con el calor, que como ya se ha definido con anterioridad y de acuerdo con Çengel y Ghajar (2011), es la forma de energía que se puede transferir de un sistema a otro como resultado de la diferencia de temperatura. Y la ciencia que se encarga de estudiar las razones de esa transferencia es la transferencia de calor.

En este sentido la termodinámica juega un papel importante en la transferencia de calor, ya que las leyes de la termodinámica ponen la estructura para comprender dicha transferencia. Al respecto Çengel y Ghajar (2011) argumentan con respecto a los principios de las leyes de la termodinámica lo siguiente:

- En la primera ley se requiere que la razón de la transferencia de energía hacia un sistema sea igual a la razón de incremento de la energía de ese sistema.
- En la segunda ley se requiere que el calor se transfiera en la dirección de la temperatura decreciente.

Un requisito fundamental para que se dé la transferencia de calor de acuerdo con la visión de varios autores entre ellos Incropera y DeWitt (1999) comentan que siempre que exista una diferencia de temperatura o gradiente de temperatura entre un cuerpo u otro o entre cuerpos, debe ocurrir una transferencia de calor. Del cuerpo de mayor temperatura al cuerpo de menor temperatura siendo esto una condición indispensable para que ocurra la transferencia.

La transferencia de calor es un tema que a nivel secundaria (en la asignatura de física) se enseña de manera general y no se logra hacer una profundización como tal al considerar los aspectos macro y microscópicos que en el capítulo 2 se presentaron de manera amplia.

Esta forma de transferencia de calor por conducción, requiere de la explicación de la teoría cinética corpuscular porque es la forma en la que los estudiantes pueden comprender cómo están formadas las partículas y qué ocurre con ellas al ser

perturbadas por una fuente de energía, es decir si se mueven y cómo es que se mueven esas partículas que contiene un pedazo de metal o un objeto semisólido. La visión de la termodinámica es fundamental al introducir conceptos como calor, energía y qué es lo que ocurre entre un sistema.

Es por lo anterior que ahora se profundizará en la conducción de calor de una manera breve, pero integrando información que ayude a su comprensión y señale su importancia respecto a la enseñanza de este fenómeno.

La conducción de calor tiene lugar en los cuerpos sólidos, líquidos y gases, pero como se recordará a nivel secundaria sólo se hace alusión a la conducción de calor en los cuerpos sólidos y es, en este sentido donde se sustenta el trabajo, ya que de acuerdo a los Planes y Programas de Estudio (SEP, 2011) se aborda este tema bajo esta temática. Consideramos importante hacer mención de los tres estados de la materia presentes en la conducción, aunque en este trabajo sólo se hará mención a la conducción de calor ocurrida en los cuerpos sólidos.

Ante lo anteriormente expuesto, presento la información referente a la conducción de calor, visto como un mecanismo de transferencia de energía. Al respecto, Çengel y Ghajar (2011) comentan lo siguiente de la conducción: es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de un cuerpo hacia las adyacentes menos energéticas, como resultado de la interacción entre esas partículas.

Como se podrá recordar hemos presentado el desarrollo de los descubrimientos sobre el calor, para así llegar a la máquina de vapor estudiada por Carnot, el empeño de Rumford por demostrar que la teoría del calórico era incorrecta, después se sustentaron teóricamente las leyes de la termodinámica y, finalmente se presentó la importancia del estudio de temas relacionados con el calor y su transferencia de la teoría cinética para comprender por ejemplo, el comportamiento que tienen los sólidos. En los sólidos la conducción del calor se debe a los efectos de las ondas reticulares de vibraciones inducidas por los movimientos de vibraciones de las moléculas, y a la energía transportada por medio del flujo libre de electrones en el sólido (Çengel y Ghajar, 2011).

En este orden de ideas, la conducción de calor también fue sustentada por la ley de Fourier, propuesta por Jean Baptiste Joseph Fourier (1768- 1830) nacido en Francia quien fue físico y matemático.

3.2 Enfoque epistemológico

En este apartado se presentan los enfoques epistemológicos que sustentan el trabajo de tesis, se inicia la explicación con la importancia que tiene la ciencia cognitiva en la enseñanza de la ciencia, posteriormente se expone el trabajo realizado por Ronald Giere y su giro cognitivo de la ciencia, así como la importancia que tienen sus contribuciones en los modelos. Posteriormente se presentan las visiones que tienen diferentes autores sobre modelos, y así dar pauta a la modelización como un enfoque epistemológico.

Hasta hace medio siglo la epistemología era sólo un capítulo de la teoría del conocimiento o gnoseología (conocimiento o facultad de conocer). Aún no se habían advertido los problemas semánticos, ontológicos, axiológicos, éticos y de otro tipo que se presentan tanto en el curso de la investigación científica como en el de la reflexión metacientífica. La epistemología, o filosofía de la ciencia, es la rama de la filosofía que estudia la investigación científica y su producto, el conocimiento científico (Bunge, 1980). Actualmente la epistemología es definida como el análisis sobre cómo se concibe o construye el conocimiento.

Posteriormente la naturaleza de la ciencia y su conocimiento se vio inmersa en diferentes puntos de vista que asociaban la génesis del conocimiento científico a la observación-experimentación y/o racionalidad del pensamiento humano (Sanmartí, 2002:41). Diferentes corrientes epistemológicas comprendían a la ciencia desde Empiristas/Positivistas, Racionalistas, hasta llegar a los constructivistas. En este trabajo sólo se abordarán los trabajos realizados por el enfoque constructivista, pero sin dejar de lado las aportaciones que se hicieron para dicha corriente epistemológica como la importancia que tuvo el Círculo de Viena (Ver anexo 1 de corrientes epistemológicas).

A principios del siglo XX, después de una época en la que emergieron un gran número de nuevas teorías que significaban cambios importantes (como la teoría de la evolución, los estudios en el campo de la termodinámica, la teoría cinético-molecular, etc). Los filósofos adscritos al llamado Círculo de Viena promovieron la corriente conocida positivista. Pretendían desarrollar reglas lógicas consistentes que permitieran

decidir que unas afirmaciones teóricas se derivan de unas determinadas afirmaciones observacionales. Y surge el llamado método científico y se consideraba que si éste aplicaba de forma rigurosa se garantizaba que sus conclusiones serían incuestionables (Sanmartí, 2002).

Tiempo después Ludwig Wittgenstein, con su desinterés por las matemáticas y por la ciencia y su obsesión por los juegos lingüísticos, influyó poderosamente sobre el Círculo de Viena hasta el punto de hacerle perder de vista sus objetivos iniciales. La gente dejó de hablar de la ciencia para hablar del lenguaje de la ciencia; dejó de interesarse por los problemas auténticos planteados por las nuevas teorías científicas para formularse cuestiones triviales acerca del uso de expresiones. El Círculo de Viena se disolvió con la anexión de Austria a Alemania. La mayor parte de los miembros del Círculo emigraron y casi todos ellos perdieron contacto con los científicos y matemáticos con quienes solían intercambiar ideas (Bunge, 1980).

De acuerdo con los planteamientos de Sanmartí (2002) con la aparición de la Nueva Filosofía de la Ciencia, cuya aparición data en los años cincuenta, pone en duda, la relación entre la experimentación y la génesis de nuevas teorías científicas y la racionalidad de la ciencia. La idea básica desarrollada fue que el conocimiento científico está condicionado por las perspectivas teóricas de los que investigan o de la comunidad de investigadores. Un aspecto que consideramos importante destacar dentro de esta Nueva Filosofía de la Ciencia, es el de considerar el conocimiento científico como una *construcción* humana. Este nuevo planteamiento introduce la idea que la ciencia construye interpretaciones de los fenómenos conocidos como *modelos*. Es por eso que se habla de una visión constructivista de la ciencia.

Una de las corrientes epistemológicas recientes dentro del campo de la Didáctica de las Ciencias es el Constructivismo, mediante este enfoque epistemológico las personas construyen interpretaciones de los fenómenos⁶ que están presentes en su vida escolar y cotidiana. Analizando lo anterior, se puede destacar la importancia que tiene el papel

⁶ En este trabajo se entiende por fenómeno a hechos que son observables por parte del sujeto, concernientes a la clase de ciencias.

del docente como un facilitador para la construcción del conocimiento sobre hechos o fenómenos, papel desempeñado por parte de los estudiantes.

En los últimos años se está haciendo una intersección entre las concepciones semánticas de las teorías científicas, la visión basada en modelos, el enfoque representacional de las teorías y el llamado giro cognitivo de las ciencias sociales (Adúriz-Bravo, 2010). Con el surgimiento del giro cognitivo en la Nueva Filosofía de la Ciencia se ha desarrollado en los últimos años, a partir del intento de preservar y comprender la racionalidad de la ciencia (Sanmartí, 2002).

En ese mismo sentido, es oportuno mencionar que las ciencias cognitivas son un buen exponente en el que convergen diferentes áreas de conocimiento y que tiene como objetivo comprender mejor qué es el conocimiento humano y cómo se transmite, encargado del conocimiento de sentido común y no el conocimiento experto, pero es necesario tener presente la importancia de ambos. Las ciencias cognitivas son importantes para la didáctica, ya que influyen en el diseño y fundamentación de la enseñanza de las ciencias con el uso de modelos de ciencia.

Al respecto Galagovsky y Adúriz-Bravo (2001:233) comentan que, “el sentido común supone una base de realismo ingenuo, por la cual el modelo funciona casi como un calco de la realidad tal y como ésta es captada por los sentidos, y entonces no requiere de entidades instrumentales auxiliares. Y para cada porción de la realidad que es objeto de un problema, se formula en general un único modelo rígido”.

A continuación se presentan los aspectos más importantes del trabajo que se realiza Giere y su modelo cognitivo de ciencia.

3.2.1 Ciencia cognitiva

En el marco de las aportaciones anteriores es oportuno mencionar que, en los últimos años se está realizando una sinergia muy potente entre la concepción semántica, los aportes de la visión basada en modelos, un enfoque “representacional” de las teorías y el llamado *giro cognitivo* (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009).

En este sentido Izquierdo (1999) señala que las ciencias cognitivas son ahora un buen exponente en el que convergen diferentes áreas de conocimiento y que tiene como objetivo comprender mejor qué es el conocimiento humano y cómo se transmite. Destaca la importancia de las ciencias cognitivas a la didáctica definida en la influencia que pueden tener los modelos cognitivos de ciencia en el diseño y fundamentación de la enseñanza de las ciencias.

De acuerdo con Sanmarti (2002:45) una teoría cognitiva de la ciencia es aquella que intenta explicar cómo los científicos utilizan sus capacidades cognitivas –percepción, control motor, memoria, imaginación y lenguaje- para, interactuando con el mundo, construir la ciencia moderna. Esta concepción del llamado giro cognitivo o ciencia cognitiva se basa en la visión evolutiva de la ciencia por el filósofo y físico de la ciencia estadounidense Ronald Giere. El trabajo de las ciencias cognitivas presupone un tipo de realismo de sentido común extraído de la vida cotidiana (Giere, 1999b:11).

Para Giere resulta claro que la ciencia es una actividad cognitiva, es decir, una actividad generadora de conocimiento. En su libro hace referencia al punto de partida de la psicología cognitiva y de las ciencias cognitivas en general, sostiene que los humanos poseen diversas capacidades cognitivas basadas biológicamente, que incluyen la percepción, control motor, memoria, imaginación y lenguaje. Las personas emplean estas capacidades en sus interacciones cotidianas con el mundo. En esta teoría cognitiva se trata de explicar cómo los científicos usan estas capacidades para interaccionar con el mundo cuando realizan la tarea de construir ciencia actual (Martínez-Freire, 1997:115).

De acuerdo con los planteamientos de Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich (2009) según Giere, para la manera en que trabajan los científicos de ciencias naturales,

parece ser que la verdad exacta y literal de las leyes es lo de menos. Lo que importa es un grado suficiente de aproximación para el propósito que se persigue, cualquiera que éste sea. Esta reflexión permite afirmar que cuando la ciencia dice que las leyes son afirmaciones que lo que se está usando son aproximaciones; es más, que la idealización y la aproximación forman parte de la esencia de las ciencias empíricas.

En sus trabajos expuestos Giere (1999b:11) presenta una forma de realismo llamado realismo constructivo y realismo perspectivo. Del realismo constructivo hace referencia a las teorías y los modelos, son construcciones humanas que se ajustan más o menos a los objetos del mundo y el realismo perspectivo destaca la idea de que cualquier forma de representación proporciona una sola perspectiva del mundo. Concluyendo que todas las representaciones son construcciones humanas resultantes de la experiencia tanto individual como social. El realismo perspectivo se refiere a las relaciones entre teorías y el mundo postuladas por la semántica de teorías de conjuntos directas y objetivas. A lo que Giere llamó *teorías científicas basadas en un modelo*, cuya interacción se da entre los usuarios del lenguaje y el mundo. En otras palabras, hace referencia a la visión de modelos como formas de representación y cómo estos interaccionan con el mundo.

Son por esas razones, antes expuestas, que en la clase de ciencias se busca que el profesor utilice la enseñanza de la ciencia de una manera más digerible para el alumno, ya que desde la historia de la ciencia se tiene la visión o idea de verla como algo difícil (teorías científicas) y para lograr ese cambio en la enseñanza se propone considerar el pensamiento o ideas previas que tienen los alumnos sobre cierto tema de ciencias.

Al respecto, las relaciones entre las teorías y el mundo postuladas por la semántica de teoría de conjuntos son directas y, de algún modo “objetivas”, su relación fue postulada como “teorías científicas basadas en un modelo”, son directas, mediatizadas por el modelos, así como por las interacciones entre los usuarios del lenguaje y el mundo (Giere, 1999b).

En este sentido Giere (1999a:6) comenta que, una aproximación a la didáctica de las ciencias basada en el agente (el alumno) encaja de manera natural con una

aproximación cognitiva a la filosofía de la ciencia. Científicos y estudiantes son, después de todo, agentes cognitivos, humanos, culturales, etc. Todo estos roles interactúan unos con otros y, de este modo, lo que los científicos hacen como agentes culturales influencia de muchas maneras distintas lo que hacen agentes cognitivos.

Esta idea de aproximar el agente (el alumno) desde el planteamiento de la didáctica de las ciencias a las ciencias cognitivas, hace referencia a la manera de mirar a la ciencia. Logrando así un cambio progresivo en la enseñanza de las ciencias desde la visión de modelos.

Todas las representaciones son construcciones humanas resultantes de la experiencia tanto individual como social (Giere, 1999b). En ese mismo sentido se considera que las teorías y los modelos son construcciones humanas que se ajustan más o menos a los hechos del mundo. Cada representación proporciona una perspectiva de dichos hechos (Sanmartí, 2002:45).

Hechas las consideraciones anteriores, consideramos pertinente concluir este apartado para así iniciar con la visión de modelos con las siguientes aportaciones propuestas por la ciencia cognitiva de Giere (1999c):

- Los científicos interactúan no sólo con objetos, sino también con sus propias creaciones simbólicas, incluyendo oraciones, ecuaciones, gráficos, diagramas, fotografías, diseños generados por ordenador, modelos a escala. Lo anterior para facilitar el acceso a las familias de modelos formando así el núcleo de cualquier teoría científica.
- Algunos modelos o fragmentos de modelos pueden figurar solamente en las mentes de los científicos, pero otras están tanto en sus mentes como en medios de comunicación externos.

Es oportuno destacar la importancia que tiene para la enseñanza de ciencia el modelo cognitivo de ciencia (MCC). Se ha elaborado en el ámbito de las ciencias cognitivas, en el cual confluyen la epistemología, la psicología cognitiva, la inteligencia artificial y la historia de las ciencias. Lo anterior con el interés común de estudiar los

procesos de formación del conocimiento, y la meta específica es conocer el mundo, y para lograrlo, se producen modelos y teorías de los fenómenos del mundo real (Izquierdo, et al., 1999:82).

Es importante destacar la importancia que tiene la epistemología para el estudio de la ciencia y Giere en sus estudios sobre cómo enseñarla presenta un nuevo marco al cual llamó realismo científico. En éste nos presenta la importancia que tienen para la enseñanza de la ciencia enseñar las teorías científicas las cuales se consideran conjuntos de declaraciones, algunas son leyes, es decir son generalizaciones universales (Giere, 1999c) y su relación con el mundo, para así poder elaborar representaciones. A continuación se abordará la visión de modelo desde Giere hasta la actualidad.

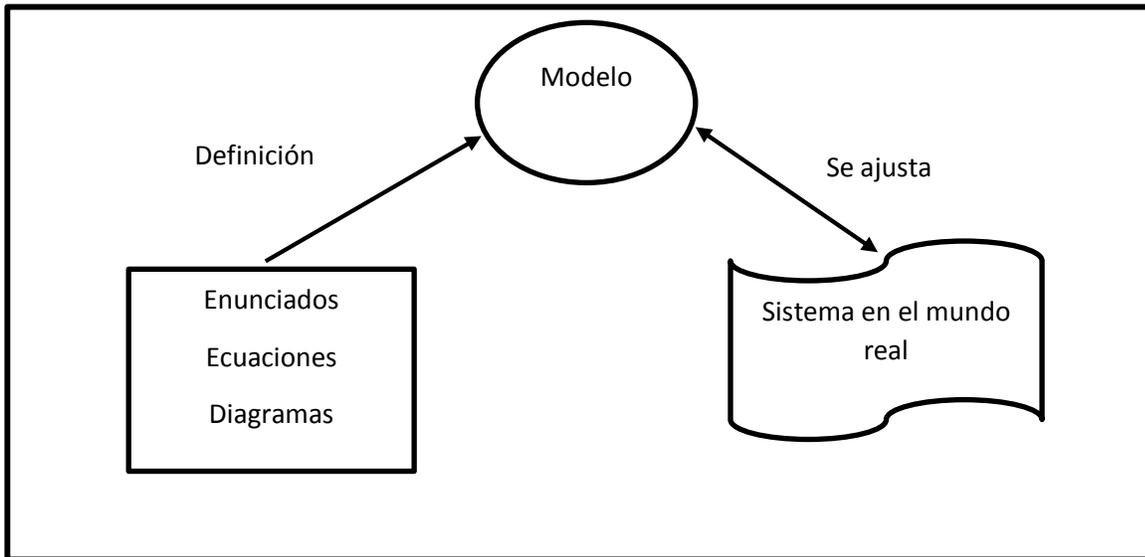
3.2.2 Modelos y modelización

En el apartado anterior se habló de la importancia que tienen las teorías científicas y cómo éstas son retomadas por los científicos, en este caso nosotros haremos alusión al trabajo que se realiza en el salón de clases como profesores de ciencias. Ahora se hablará de la visión que se tiene de modelo y de los tipos de modelos que se utilizan en ciencias y específicamente, en la didáctica de las ciencias.

De acuerdo con Justi (2006) la palabra *modelo* tiene un significado dirigido a una “representación concreta de alguna cosa”, y un modelo reproduce los principales aspectos visuales o la estructura de la “cosa” que está siendo modelada, convirtiéndose de este modo en una “copia de la realidad”.

Por su parte Giere (1999c:64) define modelo, como aquellos objetos abstractos cuyo comportamiento se ajustan exactamente a las definiciones. Y su relación con el mundo real (ver figura 3.4).

Figura 3.4 Aproximaciones de las teorías científicas, basada en “Modelos”. Retomado de Giere, R. (1999c:65).



Es evidente entonces, que el núcleo de una teoría científica no lo constituye un conjunto de axiomas o leyes sino un conjunto de modelos. Estos modelos son entidades abstractas idealizadas, definidas por sus afirmaciones, por modelos a escala física o por medio de ecuaciones, gráficos (Sanmartí, 2002:46). Lo importante es el grado de ajuste entre el modelo y el mundo (Giere, 1999:65). En este sentido, es importante resaltar que las teorías científicas se ajustan a la realidad a través de los modelos.

De acuerdo con lo anterior, Giere (1999c) propone interpretar estos datos no sólo con ayudas visuales sino como parte del proceso de caracterizar los diversos aspectos de los modelos teóricos. Él da el nombre de modelo teórico a una entidad abstracta, no lingüística, que se comporta como lo “mandan” los enunciados o proposiciones –en cualquier sistema simbólico elegido- que definen esa entidad, por lo tanto los modelos – y no el “núcleo” proposicional de la teoría- son lo que se presenta usualmente en los libros de texto universitarios destinados a formar a los nuevos científicos (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymercih, 2009). En una interpretación de las teorías científicas del tipo “basado en modelos”, construir un modelo físico es una manera de caracterizar un modelo teórico abstracto (Giere, 1999c).

De acuerdo a los planteamientos anteriores, en el contexto pedagógico actual la noción de modelo científico según Giere (1999c) no debe ser introducida en abstracto, ya que se necesita de buenos ejemplos para que puedan ser entendidos por los sujetos (al alumno). Es así como se llega a la conclusión de que lo que habita entre las teorías y el mundo son los modelos, sirviendo esto último como el puente para poder lograr un acercamiento, ya que como se recordará en párrafos anteriores las teorías tienen características bien definidas como: carácter explicativo y predictivo.

Al respecto, Giere (1999c) afirma que con este nuevo enfoque lo que se busca con la observación y experimentación en ciencias es ayudar a los científicos a decidir qué modelo encaja mejor respecto a los aspectos del mundo real que se están investigando. La noción de modelo científico ha estado desde siempre ligada a la teoría.

Los *modelos científicos* se construyen mediante la acción conjunta de una comunidad científica, que tiene a disposición de sus miembros herramientas poderosas para representar aspectos de la realidad (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001:233).

Hechas las consideraciones anteriores, es oportuno retomar los planteamientos propuestos por Sanmartí (2002:186) al asegurar que dentro de la metodología constructivista, la modelización hace hincapié a los fenómenos. Este nuevo planteamiento considera la enseñanza como el conjunto de acciones que promueve el profesorado para favorecer el proceso de modelización que realizan los alumnos con la finalidad de “dar sentido” a los hechos del mundo, un sentido que ha de tender a ser coherente con el conocimiento científico actual.

De acuerdo con los planteamientos de López-Mota, et al., (2011) la modelización, es un dispositivo teórico basado en el proceso seguido por los científicos al estudiar un fenómeno del mundo, a partir de éste, construyen un modelo, el cual permite explicar y generar predicciones. Así enseñar ciencia implica favorecer la construcción de modelos científicos escolares por parte de los alumnos, con la intención de que los modelos les proporcionen representaciones y explicaciones del mundo. Es así como los modelos son las entidades principales del conocimiento científico escolar, siempre y cuando se

conecten con fenómenos relevantes para quienes aprenden y les permitan pensar sobre ellos para poder actuar.

En este trabajo se retoma la definición sobre modelo científico propuesto por Schwarz, et al., (2009:633) como una *“representación abstracta y simplificada de un sistema que hace visibles sus rasgos clave y puede usarse para explicar y predecir fenómenos estudiados por la ciencia, que consiste de elementos, relaciones, operaciones y normas que rigen las interacciones”*.

Es este sentido, se procura tener presente en la elaboración de los modelos teóricos, para el diseño de la estrategia didáctica los siguientes componentes que integran al modelo:

- Elementos: son elementos conceptuales utilizados para representar aspectos importantes del fenómeno (Schwarz, et al., 2009).
- Relaciones: son esas conexiones existentes entre los elementos, de acuerdo con Claudio (2014) son las relaciones establecidas entre los elementos o entidades en relación al fenómeno.
- Operaciones y normas que rigen las interacciones
- Condiciones: son aquellas situaciones que se dan o son importantes para la presencia y existencia del fenómeno, dichas condiciones pueden estar ligadas a las relaciones y elementos (Claudio, 2014).

Ante las consideraciones antes expuestas, a continuación se presenta la visión didáctica que sirve como puente para acercar los enfoques disciplinares y epistemológicos dentro del aula escolar.

3.3 Enfoque didáctico

En apartados anteriores se abordaron los enfoques disciplinares y epistemológicos, la jerarquía del orden en el cual se decidió abordar el contenido fue para hacerlo de una manera lógica, ya que teniendo en cuenta toda la temática de la ciencia “dura”, pero para su aprendizaje eficaz se busca que el profesor la comunique de una manera más “sencilla y entendible”, al enseñarla, al utilizar la transposición didáctica, y esto puede ser viable gracias a la ciencia escolar.

En este apartado se presenta la importancia que tiene la existencia de una ciencia escolar y así como la diferencia con la ciencia que realizan los científicos. La diferencia entre ambas radica en que la primera es la que tiene lugar dentro de un salón de clase, mientras que la segunda ocurre por una serie de personas especialistas y quienes utilizan un lenguaje especializado en la rama de la ciencia en la que se desenvuelven. A su vez contribuyen a desarrollar los fundamentos de la didáctica y la revisión de la práctica de enseñar.

3.3.1 Ciencia escolar

La comunicación entre profesorado y alumnado en ciencias naturales encuentra una serie de dificultades, una de las cuales está asociada a la brecha que se produce entre el lenguaje cotidiano (en sus aspectos sintácticos y semánticos) y el lenguaje científico erudito (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001). Esto tiene relación con la problemática existente entre los contenidos didácticos y la manera de enseñarlos y, cómo son aprendidos por parte de los estudiantes.

Antes de hablar de ciencia escolar, consideramos importante retomar uno de los orígenes de la ciencia antes mencionada y lo cual tiene que ver con la importancia de considerar a la transposición didáctica. La propuesta de Chevallard (1997) plantea que los saberes que se producen en una comunidad científica pueden ser llevados en el aula de clase y dichos saberes tienen que ser transformados. En otras palabras, lo anterior tiene que ver con los procesos que transforman el saber científico en algo apto

para ser aprendido en diferentes edades y en diferentes contextos, sin que por ello deje de ser riguroso y abstracto. La transposición didáctica es por mucho más radical para llegar a conseguir que la ciencia que se enseña en la escuela conecte con los intereses del alumno. Por lo tanto, para implicar a los alumnos en sus aprendizajes es necesario ofrecerles objetivos, fenómenos y conceptos apropiados a sus intereses y conocimientos previos, y éstos van a ser los propios de la escuela y la cultura general y muy diferente a los de la comunidad científica (Izquierdo, et al., 1999).

De acuerdo con Izquierdo, et al., (2004:21) la ciencia escolar es entendida como “una actividad cuya finalidad consiste en la construcción significativa de nuevas maneras de pensar, hablar, sentir y actuar que permiten explicar y, transformar el mundo”. Desde este punto de vista, hacer ciencia (y, en la escuela, hacer ciencia escolar) es llevar adelante una actividad en la cual la modelización, la experimentación y la discusión se entrecruzan para una reconstrucción de los fenómenos (Sanmartí, 2002).

Tal como se ha visto, las ciencias han evolucionado hasta alcanzar unos niveles de abstracción muy elevados. Los lenguajes que utilizan son difícilmente comprensibles, puesto que ya no se refieren a las cosas y a los fenómenos, sino que nos remiten a ideas sobre las relaciones que se establecen entre ellos, expresadas con una gran sofisticación (Izquierdo, et al., 1999). En otras palabras, las ciencias que actualmente se imparten en las clases de ciencias de los diferentes niveles educativos, presentan en sus libros de texto un alto grado de complejidad con referencia en los conceptos que poseen y resulta difícil para los estudiantes comprender o relacionar unos con otros.

Con esto se intenta de alguna manera, romper con la idea que solo podían aprender o hacer ciencia aquellos sujetos que estaban destinados a estudiar una carrera científica, y esto de alguna manera consideramos tiene sus orígenes con la visión que se tiene de ciencia de que es difícil, complicada y aburrida (Sanmartí, 2002). Al intentar romper con este paradigma que se tienen de la ciencia se puede lograr hacer una ciencia divertida y significativa para los estudiantes, relacionándola con su entorno cotidiano.

Las principales aportaciones de la ciencia escolar, son en primer lugar reconocer que la ciencia es una actividad humana, para ello debe tener una meta, un método y un

campo de aplicación, los cuales deben estar adecuados al contexto escolar y en sintonía con los valores del alumnado y con el objetivo de la escuela. En este sentido Izquierdo, et al., (1999) definen *ciencia escolar* como la ciencia que se hace en la escuela y se considera, en una primera aproximación, diferente a la ciencia de los científicos. A su vez estos autores, exponen razones que sustentan lo anterior al implicar a los alumnos en sus aprendizajes:

- Se deben ofrecer objetivos.
- Fenómenos y conceptos apropiados a sus intereses.
- Conocimientos previos, y éstos van a ser los propios de la escuela, la cultura general y, muy diferente de los de la comunidad científica.

Con la actividad científica asumida y operada por investigadores, la cual es trasladada a las aulas por los profesores mediante los libros de texto al tener un alto contenido “difícil de comprender”, eso provoca el fracaso escolar referente a los contenidos. Por tal motivo, se reconsidera la reestructura de la enseñanza de las ciencias a través de sus modelos.

Con el surgimiento de la actividad científica, la cual supone una dependencia del sistema de valores en el establecimiento de las normas que regulan esta actividad, la justificación de las relaciones entre los modelos teóricos y los hechos no es tan sencilla como puede parecer, y la contrastación experimental es sólo uno de sus aspectos (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999). Es por lo anterior que dentro de la ciencia escolar se puede hablar que en el salón de clases se puede llevar a cabo una actividad científica escolar.

De acuerdo con Izquierdo, et al. (1999:81) “la actividad científica escolar es definida como aquella que ha de garantizar la aplicabilidad de los conceptos escolares. La aplicabilidad de los conceptos escolares requiere que los alumnos sean capaces de regular sus propias acciones”.

En consideración con lo anterior, se intenta desarrollar en los profesores de ciencias una “alfabetización científica”. La alfabetización científica pasa por el aprendizaje de los

que son las letras, los números, los métodos de clasificación y también el uso de microscopios, entre otros. Si un ser humano no aprende a usar adecuadamente los instrumentos científicos (termómetro, regla, compás) no puede acceder al saber científico (Echeverría, 1995). Se entiende por alfabetización científica como un proceso de investigación orientada a reducir los términos conceptuales, para así permitir a los alumnos una participación en la ciencia escolar científica y poder enfrentar problemas relevantes y construir el conocimiento científico.

Con el surgimiento de la alfabetización científica en los últimos tiempos ha resultado fundamental para los investigadores y para los profesores de ciencia ya que forma parte de su práctica diaria y al planear una clase. Por su parte los diseñadores curriculares lo llevan a cabo al hacer una adecuación a los contenidos curriculares para estos poder ser enseñados en el salón de clases.

De lo anterior se concluye que la alfabetización científica es el conocimiento científico que se tiene y el cómo éste conocimiento es usado y entendido por parte del alumno, el cual debe ser capaz de dar respuestas a fenómenos o sucesos que lo rodean y así poder argumentar de lo que aprende u observan los alumnos en el salón de clases.

Ante los planteamientos anteriores, donde se presentaron los enfoques disciplinares, epistemológicos y didácticos que en conjunto construyeron el marco teórico que sustenta este trabajo de tesis, a continuación se abordará la parte metodológica donde se presentará la forma en la cual se construyeron los modelos teóricos.

Capítulo 4 Construcción de modelos

*“La educación transmite porque quiere conservar;
y quiere conservar porque valora positivamente
ciertos conocimientos, ciertos comportamientos,
ciertas habilidades y ciertos ideales.
Nunca es neutral: elige, verifica, presupone,
convence, elogia y descarta”.*
Fernando Savater (1997:162).

Introducción

Para la construcción y diseño de la metodología que forma parte importante de este trabajo de tesis, consideré importante retomar los planteamientos de capítulos anteriores, como es el caso del planteamiento del problema sobre el fenómeno de conducción de calor (ver capítulo 1), sobre el cual expuse la problemática encontrada en el aprendizaje de los conceptos relacionados con la conducción de calor, como son calor y temperatura. Dichos conceptos –calor y temperatura- representan una dificultad para los estudiantes de nivel secundaria, ya que les resulta difícil entenderlos y comúnmente los asocian como un sinónimo.

Lo anterior está reportado por la literatura especializada y corroborado por mi experiencia como docente, ya que se puede afirmar que su falta de distinción (entre calor y temperatura) y por lo tanto comprensión, suelen confundir a los estudiantes dificultando el aprendizaje de temas relacionados con el calor y transferencia de calor.

Por lo tanto, ante la problemática expuesta sobre la dificultad que presentan los estudiantes en cuanto a su aprendizaje y, la importancia que tiene para las ciencias el entendimiento del fenómeno de conducción de calor como una forma de transferencia de calor, en este capítulo se postula el diseño de un modelo llamado *Modelo Científico Escolar de Arriba* (López-Mota y Rodríguez-Pineda, 2013) que pudiera dar cuenta del aprendizaje de dicho fenómeno.

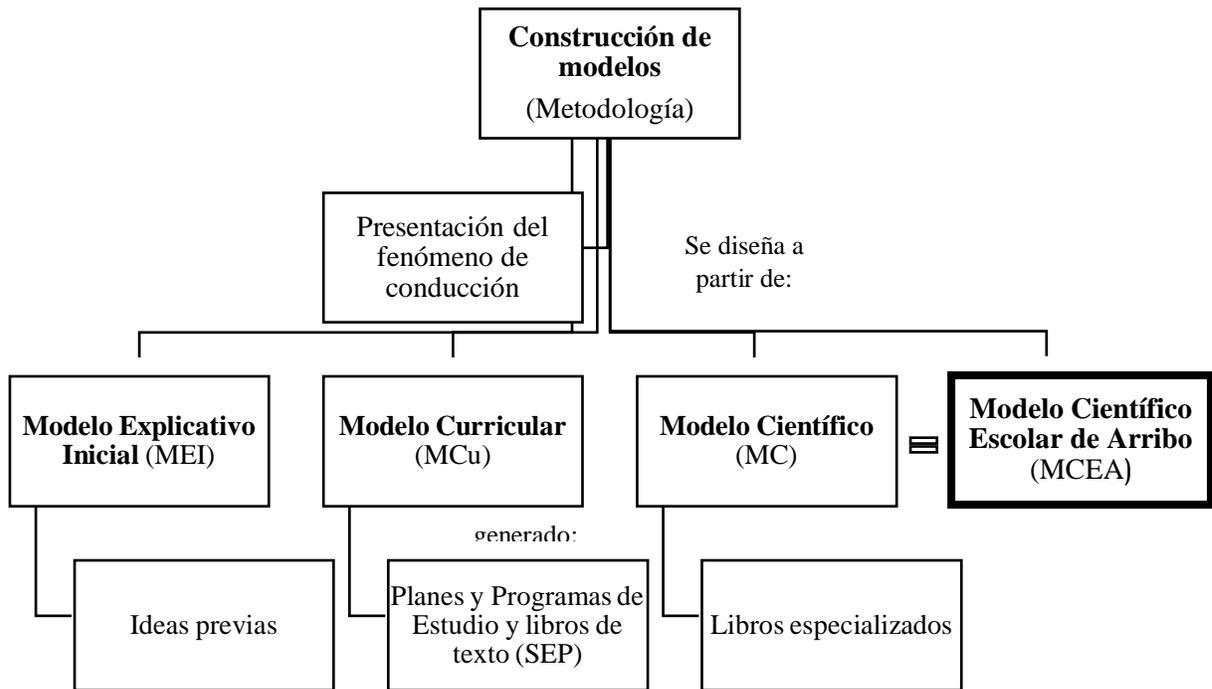
Lo anterior es importante ya que con el aprendizaje de la conducción de calor, el estudiante puede explicarse diversos fenómenos que tienen que ver con otros temas relacionados con calor.

En relación con los planteamientos antes mencionados se decidió diseñar una estrategia didáctica conformada por una secuencia didáctica, la cual diera cuenta de actividades que pudieran servir a los estudiantes para comprender el fenómeno de conducción de calor por medio del *modelo científico escolar de arribo*.

Es importante señalar que para la construcción de este capítulo se retomaron planteamientos antes expuestos, así como el apartado integrado por el Marco Referencial sobre la conducción de calor (ver capítulo 2), y el contenido que fue presentado en el Marco Teórico (ver capítulo 3), como la postura que se decidió tomar en cuanto a la definición de modelo propuesta por Schwarz, et al. (2009), así como la propuesta de López-Mota y Rodríguez-Pineda (2013) referente al *Modelo Científico Escolar de Arribo* (MCEA) como un dispositivo teórico y metodológico que puede ser útil para el diseño de secuencias didácticas y establecer criterios teóricos y metodológicos que sirven como una guía para el diseño de actividades.

Ante la situación planteada, a continuación se presentará la estructura que integra este capítulo que ilustra el trabajo metodológico que se realizará para la construcción de cada uno de los modelos que integran esta sección y los aspectos a considerar para su diseño (Ver figura 4.1).

Figura 4.1 Estructura del capítulo 4, construcción de modelos (Ruta de trabajo).



A continuación se presentará en orden la construcción de cada uno de los modelos teóricos (explicativo inicial, curricular, científico y científico escolar de arribo) que fueron diseñados, iniciando con una explicación del fenómeno a modelizar: “conducción de calor”.

4.1 Presentación del fenómeno a modelizar

Para elaborar los modelos teóricos antes mencionados, primeramente hay que elegir un fenómeno con base en la ciencia erudita y que éste corresponda con la ciencia escolar. Para ello, hay que apoyarse con el contenido de los Planes y Programas de Estudio correspondientes al nivel educativo correspondiente, así como en los libros de texto autorizados por la Secretaría de Educación Pública. Para este trabajo dicha revisión se trabajó a nivel secundaria para la asignatura de ciencias II (énfasis en física).

De acuerdo con los planteamientos de Erickson y Tiberghien (1989:98) muchos estudiantes no parecen dispuestos a aceptar que el calor se transmita por su propia fuerza interna y, por el contrario, invocan algún agente intermedio (por ejemplo, el aire) para transmitir el calor de un objeto a otro o, incluso, de un lugar a otro en el mismo objeto. Los alumnos, en su mayoría, utilizan la noción de calor como sustancia de manera generalizada para dar cuenta de fenómenos relacionados a las formas de transferencia.

La información obtenida del estudio del fenómeno a modelizar, conducción de calor, se presenta a grandes rasgos en la siguiente figura 4.2, donde se muestra la jerarquización en cuanto a la información correspondiente al fenómeno (ver figura 4.2):

Figura 4.2 Jerarquización de la información sobre el fenómeno a modelizar.



En la figura 4.2 se presenta el orden que se consideró para abordar el estudio del fenómeno a modelizar. En primer lugar, se retomó el Gran Modelo que explica la transferencia de calor para los niveles: microscópico (**Modelo cinético de partículas**) y macroscópico (**Termodinámica**), de acuerdo con los libros de texto, tanto científicos como escolares, así como la propuesta curricular.

De acuerdo con Domínguez, et al., (1996) el modelo de partículas de la materia adquiere una importancia fundamental, no sólo para la explicación causal de cualquier hecho o fenómeno que conlleve a un cambio, sino también para diferenciar los conceptos de calor y temperatura, y lograr así, la integración de la descripción macroscópica del sistema (Termodinámica) y de la microscópica (Modelo cinético-Molecular). Lo que permitirá al estudiante, facilitar el acercamiento entre los lenguajes coloquial y científico.

Del anterior planteamiento, se considera que es importante tomar en cuenta estas dos visiones sobre la enseñanza de la transferencia de calor y de sus formas de transferencia, lo cual puede resultar fructífero para la comprensión de fenómenos, como es el caso del fenómeno de conducción a nivel secundaria.

El modelo cinético de partículas explica la forma en la cual están compuestos los cuerpos molecularmente, dependiendo del estado de agregación en el cual se encuentren, ya sean: sólidos, líquidos o gases. Por su parte la termodinámica trata de las explicaciones que pueden ser observables entre los diversos materiales que se encuentran en un sistema y su interacción física como es el caso de la conducción de calor.

En este orden de ideas consideré oportuno retomar el segundo aspecto con respecto a la jerarquización del fenómeno, en este caso corresponde al modelo que da explicación al Gran Modelo, “**transferencia de calor**” lo cual ocurre entre un región y otra del sistema, o bien, entre el sistema y sus alrededores; y que a su vez da cuenta de tres fenómenos: conducción, convección y radiación.

El fenómeno de **conducción** como lo mencionan Ruis y Castro-Acuña (2003:77) “*es la transferencia de calor de una parte de un cuerpo a otra parte del mismo cuerpo, o de*

un cuerpo a otro con el que está en contacto físico, sin que podamos apreciar un desplazamiento de las partículas que forman estos cuerpos”.

De acuerdo con los planteamientos de Erickson y Tiberghien (1989:125) para la enseñanza del fenómeno de conducción de calor se deben tomar en cuenta las siguientes puntualizaciones:

1. Cuando dos puntos están a temperaturas distintas se da transferencia de calor (propagación del mismo) entre ellos; se produce una transferencia (espontánea) desde el lugar que se halla a temperatura superior hacia el que se encuentra a temperatura más baja;
2. La conducción de calor es mejor o peor según los diferentes materiales; hay materiales conductores y materiales aislantes;
3. En el proceso de conducción, la transferencia tiene lugar sin transporte de materia.

Ante la situación planteada, respecto a la explicación del fenómeno de conducción de calor, consideré importante resaltar la importancia que tiene para el profesor explorar sobre las ideas previas que tienen los estudiantes, para luego continuar con la recopilación de información de libros de texto autorizados por la SEP y los textos especializados del fenómeno a modelizar, para así destacar la información que sea la más adecuada para la elaboración de los modelos teóricos a enseñar en el aula.

A continuación se presentan los datos que contribuyeron a la elaboración de cada modelo teórico para construir y ultimar con el modelo científico escolar de arriba.

4.2 Diseño y construcción de modelos

En el capítulo 3 titulado Marco Teórico, se presentaron las bases teóricas que sustentan este trabajo de tesis bajo el enfoque epistemológico llamado constructivismo, por lo tanto, ésta propuesta está basada en el enfoque de modelización, la cual le permite al estudiante *pensar, actuar y comunicar* con base en modelos sobre cierto fenómeno estudiado por las ciencias naturales.

Por tal motivo, se considera relevante resaltar la importancia que tiene para la enseñanza de las ciencias naturales el trabajar bajo el enfoque de modelización al elaborar modelos teóricos. Y que éstos puedan ser útiles para construir un modelo que servirá como hipótesis directriz.

En relación con lo anterior, nos referimos al *Modelo científico escolar de arribo* (López-Mota y Rodríguez-Pineda, 2013) el cual tiene la función de servir como guía para el diseño de secuencias didácticas y se comentará en los siguientes apartados.

Lo anterior nos lleva afirmar que para la construcción de cada uno de los modelos teóricos que a continuación se presentarán, se formularon con la visión y características de los planteamientos propuestos por Schwarz, et al., (2009), retomando para su diseño los: elementos, relaciones y condiciones (ver capítulo 3).

Se considera importante aclarar que cada una de las características de los modelos teóricos que se presentaron con anterioridad fueron inferidas⁷ a partir de la literatura especializada. De esta manera se operacionalizaron las características que componen al modelo: elementos, relaciones y condiciones.

Para este trabajo, y específicamente para la construcción de los modelos, se entiende por inferir *“aquella acción de dar posibles respuestas sobre un contenido específico”* (Santelices, 1989).

A continuación se presenta en orden cada uno de los modelos teóricos antes mencionados.

⁷ Según el Diccionario de la Real Academia Española, inferir es: sacar una consecuencia o deducir algo de otra cosa; llevar consigo, ocasionar, conducir a un resultado.

4.2.1 Modelo Explicativo Inicial (MEI)

Se entiende por **modelo explicativo inicial**, al modelo que reporta las ideas previas que tienen los sujetos con respecto a un fenómeno relacionado con la ciencia erudita. Es decir, este MEI se construye a partir de la información obtenida de las ideas previas que tienen los estudiantes sobre un fenómeno estudiado por las ciencias.

Al respecto Schwarz, et al., (2009) mencionan que este tipo de modelo (modelo cognitivo) es construido de forma inferencial a partir de la revisión de la literatura sobre ideas previas. Para este trabajo se decidió llamarlo modelo explicativo inicial, porque representa el pensamiento (ideas previas) que tienen los estudiantes referente a un fenómeno de estudio.

En ese sentido este modelo se diseñará a partir de las ideas previas reportadas en la literatura especializada (ver capítulo 2) que presentan los estudiantes a nivel secundaria correspondientes a las edades de 12 y 14 años aproximadamente, relacionándolas con el fenómeno de conducción de calor, pero al no encontrar suficientes ideas previas sobre el fenómeno antes mencionado en la página del CCADET, se decidió cambiar la fuente de búsqueda; por lo que ésta debería estar relacionada con las ideas que tienen los alumnos con respecto a los conceptos sobre calor, temperatura y transferencia de calor.

Fue así como se encontró información sobre las ideas previas que tiene los estudiantes de nivel secundaria respecto al fenómeno de conducción de calor.

Para su construcción fueron clasificadas las ideas previas obtenidas de la literatura especializada (ver tabla 2.3 del capítulo 2) y la información obtenida fue analizada para así poder inferir los elementos, relaciones y condiciones que dieron lugar a la construcción y diseño del modelo explicativo inicial.

A continuación se presenta una mirada sobre el conocimiento que tienen los estudiantes con respecto al fenómeno de conducción de calor, resultado del análisis de las ideas previas (calor, temperatura y transferencia de calor), para así inferir los

componentes del modelo: **elementos**, **relaciones** y **condiciones** que fueron de utilidad para construir el modelo explicativo inicial, el cual se detalla en la siguiente tabla 4.5.

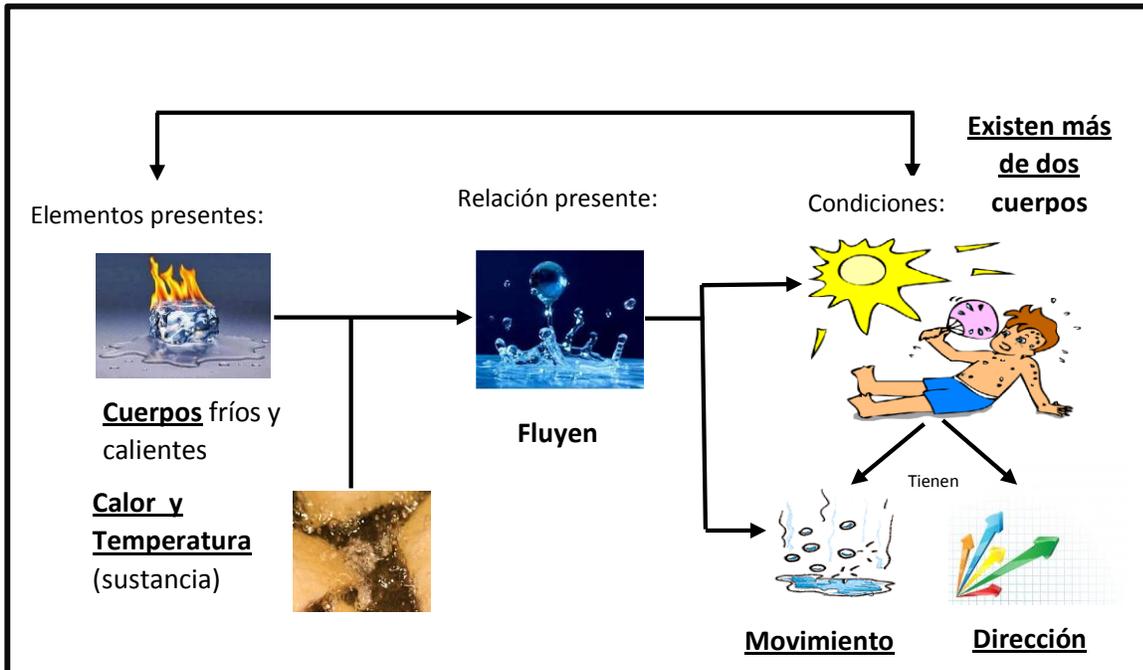
Tabla 4.5 Modelo explicativo inicial de calor, transferencia de calor.

Elementos	Relaciones	Condiciones
Calor (sustancia)	Fluyen (la sustancia por los cuerpos)	Tienen una dirección
Temperatura (sustancia)		Movimiento de los cuerpos
Cuerpos (calientes y fríos)		Existencia de dos o más cuerpos

Con referencia a la tabla 4.5 en la cual se presentan los **elementos** que integran al MEI. Estos **elementos** se relacionan y generan una **condición**. De los planteamientos anteriores, se puede inferir que para los estudiantes “*el calor es algo que fluye, es una sustancia que pasa de un cuerpo a otro*” y que ocurre entre dos o más cuerpos.

Lo anterior se puede apreciar en la siguiente figura 4.6 donde se citan ejemplos comunes presentes en las ideas previas provenientes de los estudiantes, donde destacan ejemplos como el Sol, lo frío (hielo) y cuerpos que pueden ser dos o tres, presentes en sus explicaciones.

Figura 4.6 Modelo explicativo inicial (MEI) de transferencia de calor.



En este mismo orden y dirección, al conocer el MEI de los estudiantes (proveniente de la literatura especializada) se resaltan los siguientes aspectos que deben estar presentes en la visión de los estudiantes:

1. Piensan que el calor y la temperatura son una sustancia, es decir para ellos, es algo que fluye o pasa entre los cuerpos.
2. Como elementos también mencionan cuerpos fríos y calientes, sin considerar el gradiente de temperatura para que ocurra la transferencia, lo cual nos lleva a pensar que para ellos significa lo mismo.
3. La única relación que encontramos fue que entre esos cuerpos algo fluye (puede ser el calor o la temperatura) o fluido y de allí se destaca la importancia de ver al calor como una sustancia según la literatura especializada.
4. En cuanto a las condiciones, para que se dé la transferencia de calor deben existir más de dos cuerpos y deben tener una dirección y movimiento (calor).

A continuación se presenta la construcción y diseño del modelo proveniente de los Planes y Programas de Estudio (SEP, 2011), así como de los libros de texto autorizados por la SEP.

4.2.2 Modelo Curricular

Para este trabajo se define al modelo curricular de acuerdo al planteamiento de Justi (2006:176) como *“el resultado de la simplificación de modelos científicos, es decir de modelos más complejos y que aparentemente resultan difíciles de comprender y por lo tanto de enseñar”*.

Este modelo se generó a partir de la revisión de los Planes y Programas de Estudio (aprendizajes esperados y estándares curriculares) 2006 y 2011 de la Secretaría de Educación Pública, en educación básica correspondiente a la asignatura de Ciencias II (énfasis en física), así como de la revisión de libros de texto autorizados como se mencionó en el capítulo 2 (Marco referencial de conducción de calor).

De lo anterior se obtuvieron los siguientes datos que se consideraron relevantes para la asignación de los componentes del modelo curricular:

1. Conocer la forma en la cual se relacionan el Plan y Programa de Estudio con los libros de texto al momento de abordar el tema de estudio. En este caso el tema a modelizar conducción de calor, así como su ubicación en los libros de texto a nivel secundaria.
2. Se analizaron los conceptos que abordan los tres libros de texto, antes mencionados, de los cuales se detectaron o infirieron los elementos y las relaciones para así determinar cuál era una condición. Los conceptos que ayudaron para inferir lo anterior fueron los siguientes:
 - a) Energía térmica: corresponde a determinar que un cuerpo puede estar frío o caliente.
 - b) Energía interna: es el resultado de la suma de la energía cinética y la energía potencial de las partículas que forman un objeto, es decir, corresponde a la posición de las partículas que contienen los objetos con respecto de otras.
 - c) Calor: es una forma de energía en tránsito. Es un intercambio de energía entre dos cuerpos en contacto térmico que se da durante el tiempo que tarda en igualar su temperatura.

- d) Temperatura: tiene relación con el movimiento de las partículas, este movimiento corresponde a la energía cinética que poseen las partículas.
- e) Transferencia de calor: ocurre cuando se ponen en contacto dos objetos, uno tiene una temperatura elevada o mayor y el otro está a una temperatura menor, la temperatura del primer objeto disminuye, mientras que la del segundo aumenta.
- f) Conducción: es una de las formas de transferencia o propagación del calor y ocurre en los sólidos. Se produce cuando las partículas que forman un objeto colisionan entre ellas y transfieren parte de su energía cinética a otras partículas.

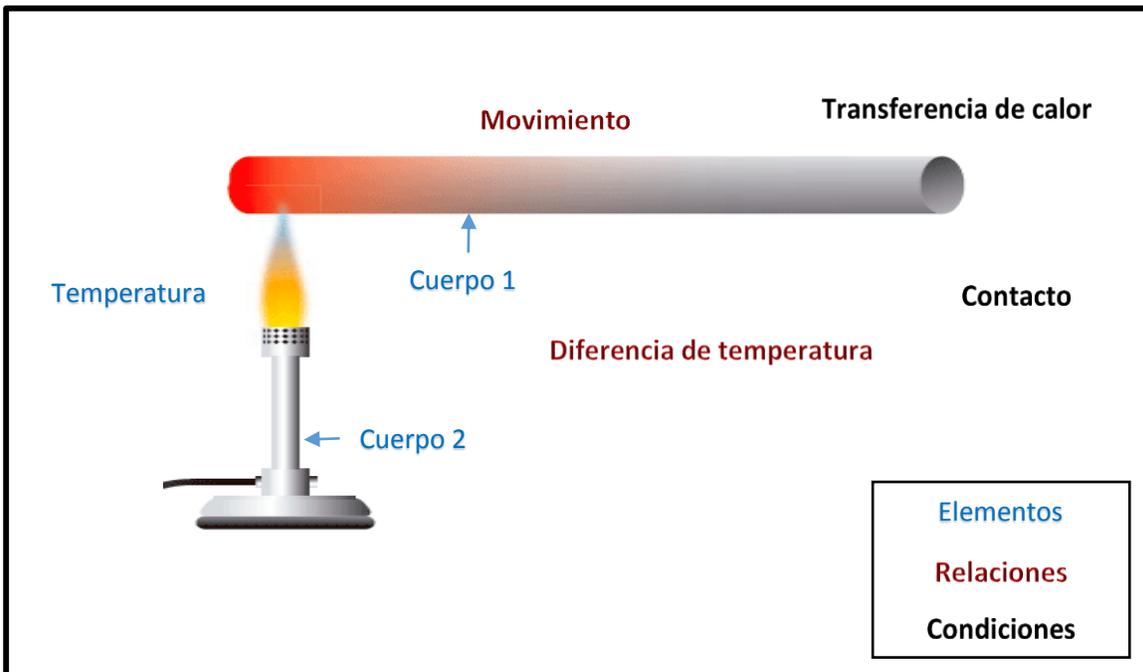
De los planteamientos anteriores se analizaron cada una de las definiciones, a partir de ellas, se infirieron los componentes que dieron cuerpo al modelo curricular. Éste último, se presenta en la siguiente tabla 4.6 donde se muestran los **elementos**, **relaciones** y **condiciones** que integran al modelo curricular.

Tabla 4.6 Modelo curricular de transferencia de calor y conducción de calor.

Elementos	Relaciones	Condiciones
Temperatura	Movimiento (temperatura y cuerpos)	Transferencia de calor
Energía cinética	Diferencia de temperatura (cuerpo 1 y cuerpo 2)	Contacto
Cuerpos 1 y 2		

Tal como se observa en este modelo se puede apreciar que aparecen como **elementos**: temperatura, energía cinética y cuerpos 1 y 2; como **relaciones**: movimiento y diferencia de temperatura. Por último se presentan las siguientes **condiciones** que generan el modelo curricular: transferencia de calor y contacto (Ver figura 4. 7).

Figura 4.7 Modelo curricular (MCu) de conducción de calor.



Tal como se observa en la figura 4.7 se ilustra uno de los ejemplos más representativo en los libros de texto de la asignatura de Ciencias II (énfasis en física) para simbolizar la figura del MCu y de los modelos que se presentarán enseguida.

En esta figura 4.7 decidí representar a los **elementos** de color azul, a las **relaciones** de color rojo y por último a las **condiciones** de color negro. De lo cual se destaca (como se mencionó en párrafos anteriores) que para este MCu, sus **condiciones** son transferencia de calor (entre los cuerpos 1 y 2 y la temperatura) y cuerpos en contacto.

A continuación se presenta el modelo científico inferido de la literatura especializada, así como las características que lo conforman.

4.2.3 Modelo científico a partir de los libros de texto universitarios

Los modelos científicos son representaciones abstractas que surgen del consenso de científicos que discuten en comunidad. Es una construcción provisora, altamente convencional, perfectible y contextualizada históricamente y, éstos se utilizan para explicar los fenómenos que la experimentación de un determinado momento histórico evidencia (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001).

De acuerdo con Justi (2006:176) “*los modelos científicos son a menudo complejos o bien se expresan mediante formas de representación complejas (como, por ejemplo, formulaciones matemáticas)*”. Por tal motivo, lo que se enseña en clases de ciencias son simplificaciones de estos modelos.

En este trabajo se definió al modelo científico como aquel modelo que es construido por especialistas de las ciencias y que representa de una manera abstracta un fenómeno estudiado por la ciencia.

Este modelo se obtuvo de la revisión de tres libros de texto científicos: Incropera y DeWitt (1999), Tippens (2011) y Çengel y Ghajar (2011) especializados en termodinámica y física, referentes al tema de transferencia de calor. De los cuales se extraen los siguientes puntos que se consideran más relevantes respecto al fenómeno de conducción de calor:

- El calor es energía que se puede transferir de un sistema a otro, como resultado de las diferencias de temperatura entre dos cuerpos.
- El calor es un medio por el que la energía se transfiere, es conocida como energía en tránsito.
- La transferencia de energía como calor siempre se produce del medio que tiene la temperatura más elevada hacia el que tiene la temperatura más baja, y la transferencia de calor se detiene cuando los dos medios alcanzan la misma temperatura.

- La transferencia de calor entre una región y otra del sistema o bien entre el sistema y sus alrededores puede llevarse a cabo por tres medios diferentes: convección, conducción y radiación.
- Todos los modos de transferencia de calor y en específico la conducción de calor, requiere de la existencia de una diferencia de temperatura y esto tiene lugar del cuerpo o medio que posee la temperatura más elevada hacia una parte del cuerpo con menor temperatura.
- La conducción de calor es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia hacia las adyacentes menos energéticas, como resultado de interacciones entre esas partículas.
- Conducción es la transferencia de calor de una parte a otra del mismo cuerpo, o de un cuerpo a otro cuerpo con el que esté en contacto físico, sin que podamos apreciar un desplazamiento de las partículas que forman estos cuerpos.

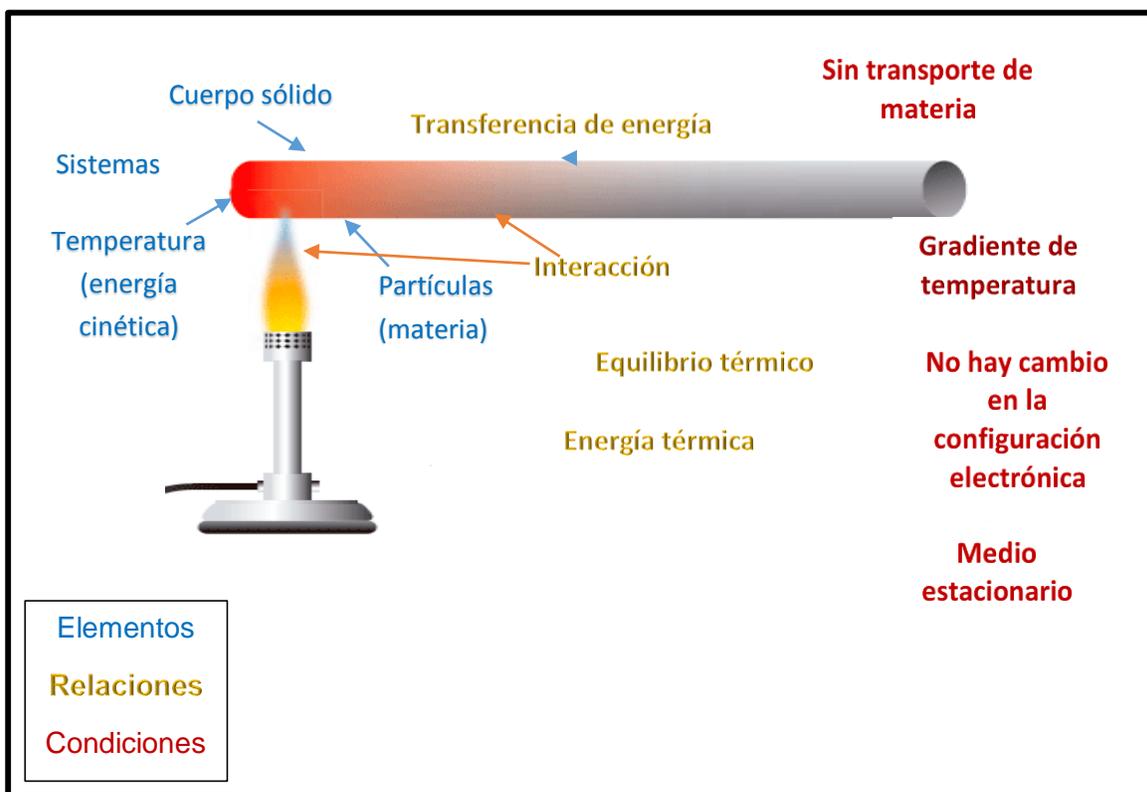
De los planteamientos anteriores, se infirieron los **elementos**, las **relaciones** y las **condiciones** que dan cuerpo al modelo científico de conducción de calor, dicha información se presenta en la siguiente tabla 4.8:

Tabla 4.8 Modelo científico de conducción de calor

Elementos	Relaciones	Condiciones
Sistemas 1 y 2	Calor o transferencia de energía	No hay desplazamiento de partículas. Sin transporte de materia.
Temperatura 1 y 2 (energía cinética)	Equilibrio térmico	No hay cambio en la configuración electrónica (electrones-sólidos)
Cuerpos sólidos	Interacción (vibración de partículas) entre 2 cuerpos o sistemas	Gradiente de temperatura (Temperatura mayor a la temperatura menor)
Materia (partículas)	Energía térmica (temperatura 1 y 2 y materia)	Medio estacionario

Como se puede observar de la tabla 4.8 donde se presenta al modelo científico, éste se encuentra más elaborado en cuanto a la información que contienen los modelos antes presentados, esto se debe al contenido específico y amplio que existe en cuanto a la explicación del fenómeno de conducción. Por tal motivo las condiciones presentes en el fenómeno de conducción retoman aspectos microscópicos (Teoría cinética de partículas) y macroscópicos (Termodinámica) del tema (ver figura 4.9).

Figura 4.9 Modelo científico de conducción de calor.



Como se puede apreciar en la figura 4.9 se presentan los componentes del MC, el cual está integrado por los **elementos** representados en color azul, las **relaciones** de color amarillo y las **condiciones** de color rojo. El MC, a diferencia de los MEI y MCu, se encuentra más elaborado en cuanto a la información derivada de los libros especializados sobre conducción de calor.

A continuación se presentará a detalle la construcción del modelo científico escolar de arriba.

4.3 Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA)

Según se ha visto en capítulos anteriores (Ver capítulo 1) los estudiantes de nivel secundaria de la asignatura de ciencias II (énfasis en física) tienen poco conocimiento con temas referentes a la transferencia de calor y por ende a conducción de calor, pero esto tiene sus orígenes desde las ideas que ellos se crean con respecto al calor y temperatura al identificar a éstos como una sustancia que fluye entre los cuerpos.

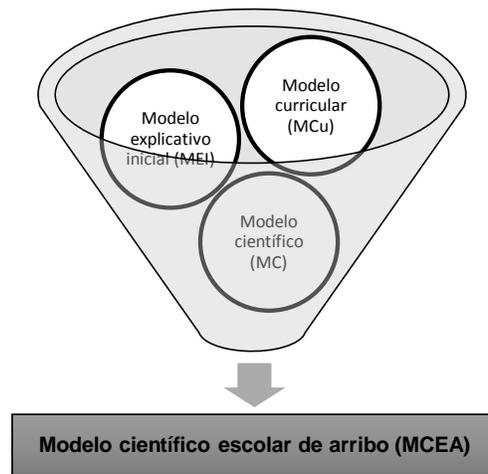
En ese mismo sentido se decidió abordar esta problemática encontrada en el aula, por tal motivo considero que la aplicación de un modelo científico escolar de arribo puede ser de utilidad por lo siguiente:

1. Como hipótesis directriz.
2. Para el diseño de criterios que deberán integrar las actividades didácticas de la secuencia didáctica.

Consideré pertinente adoptar la definición propuesta por López-Mota y Rodríguez-Pineda (2013) de *Modelo Científico Escolar de Arribo* como un dispositivo teórico-conceptual-metodológico en el ámbito de la investigación en didáctica de la ciencia, que permite orientar el diseño, la recolección de evidencias y su sistematización, así como la evaluación de una estrategia didáctica sustentada en los modelos y la modelización.

Para la elaboración de este modelo se consideraron los tres modelos antes descritos (explicativo inicial, curricular y científico) para así poder obtener información que pudiera dar cuerpo al MCEA con respecto a los **elementos**, las **relaciones** y las **condiciones** que integrarán al *modelo científico escolar de arribo*, como se presenta en la siguiente figura 4.10.

Figura 4.10 Estructura del MCEA.



Para la elaboración de este modelo se tensionaron o compararon los tres modelos antes descritos (explicativo inicial, curricular y científico) para así poder obtener información con respecto a los **elementos**, las **relaciones** y las **condiciones** que lo integrarían. Al comparar los modelos en cuanto a sus componentes se infirieron los **elementos**, las **relaciones** y las **condiciones** que constituirán al *Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA)*, dicha información obtenida de los planteamientos antes mencionados se presenta en la siguiente figura 4.11.

Figura 4.11 Cuadro comparativo de los modelos inferidos para obtener el MCEA.

Modelos	MEI	MCu	MC	MCEA
Elementos	-Calor (sustancia) -Temperatura (sustancia) -Cuerpos (calientes y fríos)	-Temperatura -Energía cinética -Cuerpos 1 y 2	-Sistemas 1 y 2 -Temperatura 1 y 2 (energía cinética) -Cuerpos sólidos -Materia (partículas)	-Cuerpos 1 y 2 (sólido) -Partículas (materia) -Energía térmica (caliente y frío) -Temperatura (Alta y baja)
Relaciones	-Fluyen (la sustancia por los cuerpos)	-Movimiento (temperatura y cuerpos) -Diferencia de temperatura (cuerpo 1 y cuerpo 2)	-Calor o transferencia de energía. -Equilibrio térmico -Interacción (vibración de partículas) -Energía térmica	-Interacción- (vibración de las partículas) -Energía cinética (movimiento de partículas y temperatura)
Condiciones	-Tienen una dirección -Movimiento de los cuerpos -Existencia de dos o más cuerpos	-Transferencia de calor -Contacto	-No hay Desplazamiento de partículas -No hay cambio en la configuración electrónica. -Gradiente de temperatura (T1 y T2) -Medio estacionario	-Medio estacionario (no hay desplazamientos de partículas) -Diferencia de temperatura (T mayor y T menor) -Cuerpos en contacto

Como se puede observar de la comparación de los modelos (explicativo inicial, curricular y científico) se generó el modelo científico escolar de arriba (MCEA) con sus respectivos **elementos**, **relaciones** y **condiciones**. A continuación se muestra el MCEA en la tabla 4.12:

Tabla 4.12 Modelo científico escolar de arribo (MCEA) sobre conducción de calor.

Elementos	Relaciones	Condiciones
Cuerpos 1 y 2 (sólido)	Interacción-vibración de las partículas)	Medio estacionario (no hay desplazamientos de partículas) Sin transporte de materia
Partículas (materia)	Energía cinética (movimiento de partículas y temperatura)	Diferencia de temperatura (T mayor y T menor)
Temperatura (Alta y baja)		Cuerpos en contacto
Energía térmica (caliente y frío)		

Tal como se observa en la tabla 4.12 el modelo científico escolar de arribo (MCEA) sobre conducción de calor, está compuesto desde la mirada microscópica y macroscópica correspondiente a los grandes modelos que explican el fenómeno de conducción.

De lo anterior se elaboró una representación que pudiera hacer más visible lo expuesto en la tabla 4.12 donde se presenta la información correspondiente al MCEA de conducción de calor (ver tabla 4.13).

¿Qué pasaría si tocas las cuchara? ¿Por qué esta caliente?

Estas son las preguntas que la figura 4.13 pretende responder al estar dos cuerpos en contacto cuando una fuente externa provoca un gradiente de temperatura.

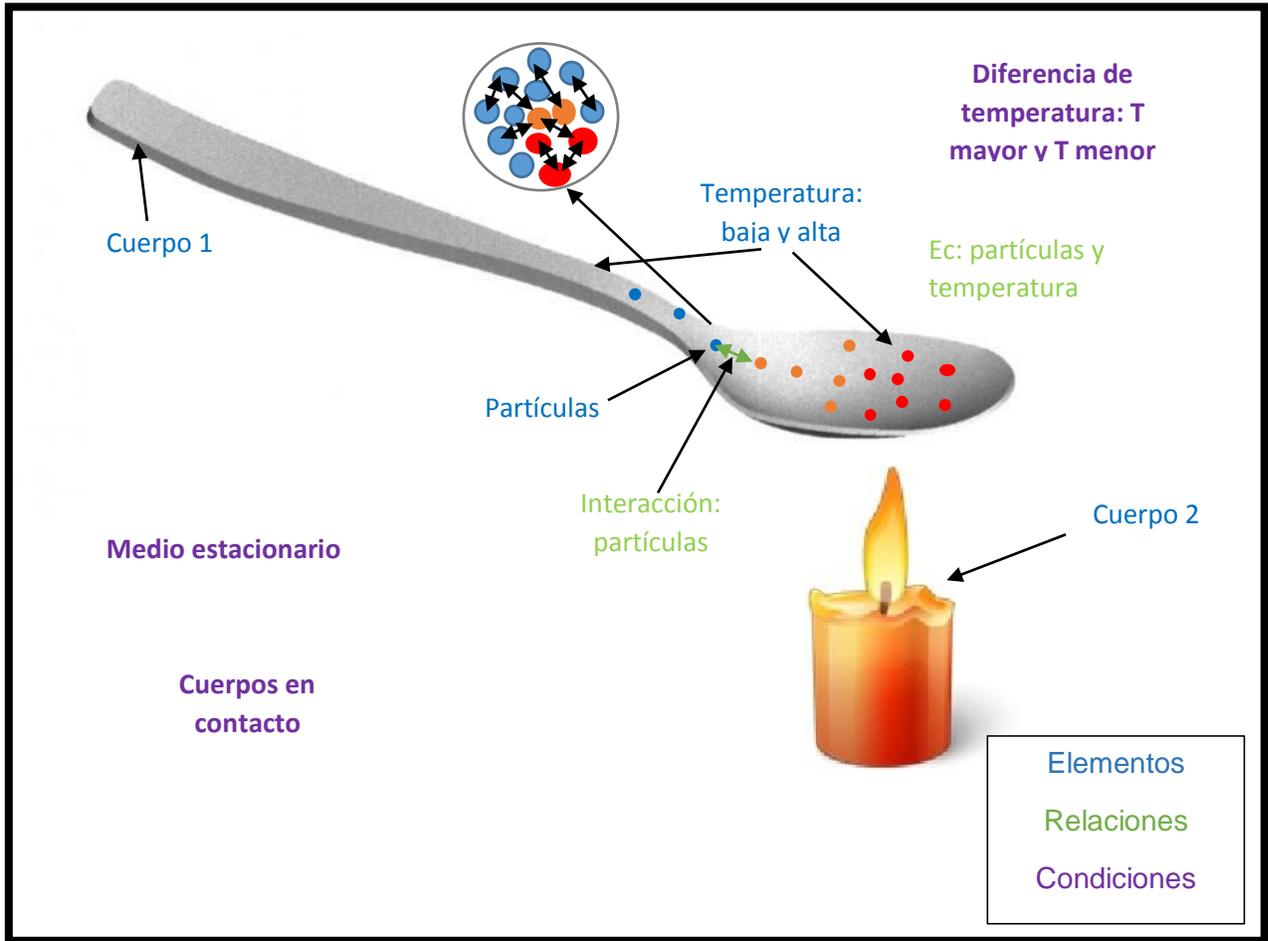


Figura 4.13 MCEA de conducción de calor.

Como se puede apreciar en la figura 4.13, se colocaron de color azul a los **elementos**, de color verde a las **relaciones** y de color morado a las **condiciones** de acuerdo con la información de la tabla 4.12 donde se presenta el MCEA de conducción de calor.

4.4 Comparación de los modelos: MEI y MCEA

En este apartado se presenta la contrastación que se realizó de los modelos: explicativo inicial (MEI) y modelo científico escolar de arribo (MCEA).

Se consideró importante resaltar que los verbos “comparar” y “tensionar” serán utilizados en este trabajo, como sinónimos ya que se entiende que comparar es determinar qué es lo que tiene un modelo y qué le hace falta al otro modelo, especialmente cuando nos referimos a los componentes del modelo: **elementos**, **relaciones** y **condiciones**.

Para ilustrar lo anterior se presenta la siguiente tabla 4.14 donde se comparan los **MEI** y **MCEA**, con la finalidad de dar a conocer sus diferencias en cuanto a lo anteriormente mencionado. Lo cual permitirá elaborar los criterios de diseño derivados del MCEA que a su vez, integrarán las actividades presentes en la secuencia didáctica, de la cual se hablará en detalle en el siguiente capítulo 5.

Tabla 4.14. Comparación de los modelos: MEI y MCEA.

Modelos	Elementos	Relaciones	Condiciones
Modelo explicativo inicial	<ul style="list-style-type: none">- Calor y temperatura (Sustancia)- Cuerpos (calientes y fríos)	Fluyen o flujo (la sustancia por los cuerpos)	<ul style="list-style-type: none">-Tienen una dirección-Movimiento de los cuerpos-Existencia de dos o más cuerpos
Modelo científico escolar de arribo	<ul style="list-style-type: none">- Cuerpos 1 y 2 (sólido)- Partículas (materia)- Energía térmica (caliente y frío)-Temperatura (Alta y baja)	<ul style="list-style-type: none">-Interacción (vibración de las partículas)-Energía cinética (movimiento de partículas y temperatura)	<ul style="list-style-type: none">- Medio estacionario (no hay desplazamientos de partículas)-Diferencia de temperatura (T mayor y T menor)-Cuerpos en contacto

Al analizar la tabla 4.14 se puede observar que el **MEI** (inferido de las ideas previas de calor y transferencia de calor), explica que el calor y la temperatura son vistos por

los estudiantes como sustancias y ellos, también expresan que para que exista el calor o la transferencia de calor, se necesitan de dos o más cuerpos. La única relación que se establece es la de flujo o fluyen, al referirse a la sustancia que “se mueve” por los cuerpos.

En cambio en el MCEA la estructura se encuentra más nutrida en cuanto a su contenido, por tal motivo consideré pertinente integrar los siguientes elementos que deben estar presentes en las actividades didácticas:

- Partículas
- Cuerpos 1 y 2: al menos uno debe ser sólido
- Es importante resaltar la presencia de energía (el calor es una energía): energía térmica.
- Temperatura (alta y baja)

En el caso de las **relaciones**, el MEI no las presenta, o al menos la que muestra (flujo de sustancia por los cuerpos) no se consideró adecuada en referencia con lo expuesto por los libros especializados sobre la conducción de calor, ya que éste es el primer error conceptual por parte de los estudiantes al considerar al calor y a la temperatura como una sustancia, en cambio en el MCEA las relaciones que se deben integrar son las siguientes:

- Interacción-(vibración de las partículas).
- Energía cinética (movimiento de partículas por medio de vibraciones) energía térmica y temperatura.

En el caso de las condiciones del MCEA sólo son 3 y es sustancial resaltar la presencia de éstas para que ocurra el fenómeno de conducción, las cuales deben estar presentes en las actividades:

- Medio estacionario (no hay desplazamiento de las partículas, pero sí hay un leve movimiento entre ellas).
- Diferencia de temperatura o gradiente de temperatura: ocurre entre el cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura.
- Cuerpos en contacto (contacto físico entre ellos).

A lo largo de los planteamientos hechos, consideramos importante resaltar que lo que se busca en la elaboración de la secuencia didáctica (actividades) por medio de la utilidad del diseño del MCEA es la generación de *modelos alcanzados* por parte de los estudiantes, estos modelos deberán ser lo más cercanos al MCEA partiendo del MEI.

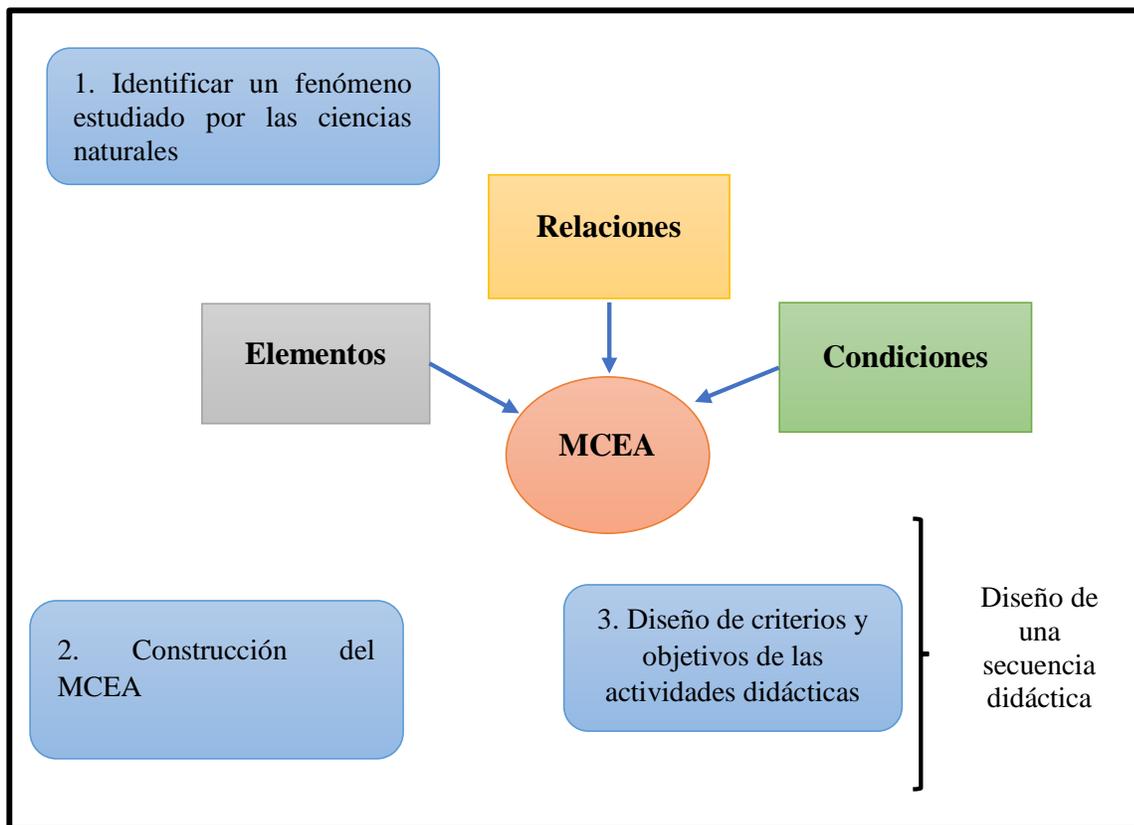
A continuación se presentan los criterios de diseño derivados de la construcción del MCEA.

4.5 Utilidad del MCEA

A lo largo de los planteamientos expuestos en este capítulo, se postuló la construcción de un MCEA, construido a partir de la información inferida de otros modelos teóricos: MEI, MCu y MC.

También se presentó el diseño que dio origen al MCEA como hipótesis directriz, para así poder diseñar criterios donde estén presentes los componentes del modelo que deben ser integrados en la elaboración de la secuencia didáctica. Para ilustrar esto, se diseñó la figura 4.15 que representa la función de trabajar con dicho dispositivo teórico y metodológico.

Figura 4.15 Utilidad del MCEA.



Como se puede apreciar en la figura 4.15, son tres los aspectos que consideramos funcionales al utilizar dicho dispositivo, siendo el punto 2 (construcción del MCEA) el más importante, por su carga metodológica. Al diseñar un modelo de esa magnitud, se

requiere, indiscutiblemente, de un proceso teórico que sustente lo que se está presentando en relación con el fenómeno de estudio. Una vez que se logran los pasos 1 y 2, se pueden diseñar criterios que darán cuenta de los **elementos**, las **relaciones** y las **condiciones** que estarán presentes en las actividades que integran a la secuencia didáctica.

Los criterios de diseño derivados del **MCEA** son los siguientes:

1. Caracterizar el diseño de actividades didácticas desde los niveles microscópico (Teoría cinética de partículas) y macroscópico (Termodinámica) de la materia.
2. Por tal motivo, es pertinente establecer que los cuerpos están formados por partículas y que éstas interactúan entre sí (Energía cinética).
3. Crear la idea que el calor es una forma de energía y que ésta se transfiere.
4. Implementar la presencia de dos cuerpos, de los cuales, al menos uno de ellos debe estar en estado sólido.
5. Construir la existencia de una diferencia de temperatura, es decir un cuerpo debe poseer temperatura menor y otro cuerpo temperatura mayor.
6. Establecer la idea que el movimiento de partículas genera la transferencia de partículas entre dos cuerpos cuando éstos están en contacto físico.

A continuación se presenta la forma en la cual se diseñó y elaboró la estrategia didáctica correspondiente a modelizar el fenómeno de conducción de calor, considerando para su diseño los criterios de diseño antes expuestos.

Capítulo 5. Estrategia Didáctica: diseño y aplicación

*“Para crear debes ser consciente de las tradiciones,
pero para mantener las tradiciones
debes crear algo nuevo”
Carlos Fuentes (2005)*

Introducción

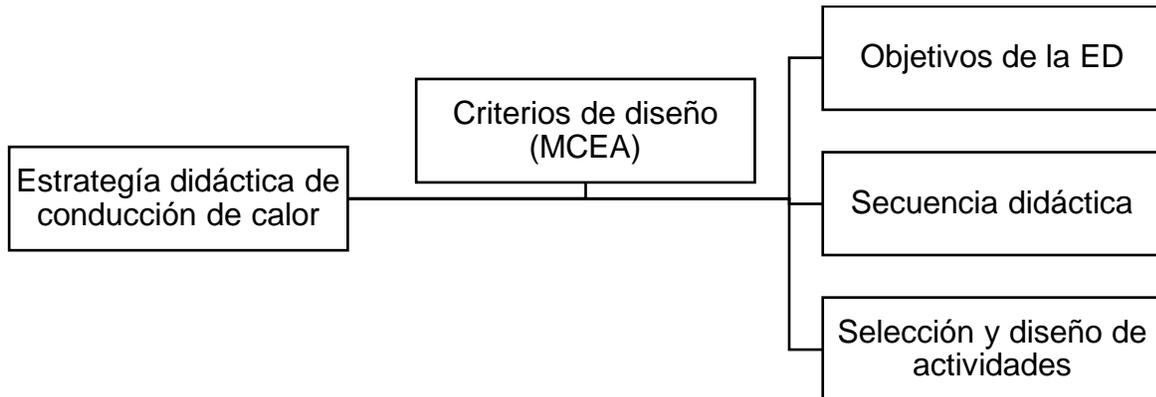
En el capítulo anterior se construyó el *Modelo Científico Escolar de Arribo* (MCEA) a partir de los modelos teóricos (MEI, MCu y MC). Posterior a ese proceso se realizó una comparación entre los modelos: MEI y MCEA, con la finalidad de establecer el punto de partida y dirección de las actividades que conformarían la estrategia didáctica, retomando los **elementos**, las **relaciones** y las **condiciones** que deben integrarse en el diseño de la secuencia didáctica de conducción de calor.

En este capítulo se presenta la estrategia didáctica fundamentada en la modelización, la cual pretende transformar los modelos iniciales de los alumnos sobre el fenómeno de conducción de calor, para así, en la medida de lo posible lograr que los estudiantes desarrollen modelos cercanos al MCEA postulado en el capítulo 4.

Por tal motivo se expone la forma en la cual se diseñaron las actividades didácticas que integran la secuencia didáctica, que tienen como eje directriz los criterios propuestos a partir del diseño del MCEA.

A continuación se presenta la estructura general del capítulo 5 perteneciente al diseño y aplicación de la estrategia didáctica (ED) (Ver figura 5.1).

Figura 5.1 Estructura general del capítulo 5.



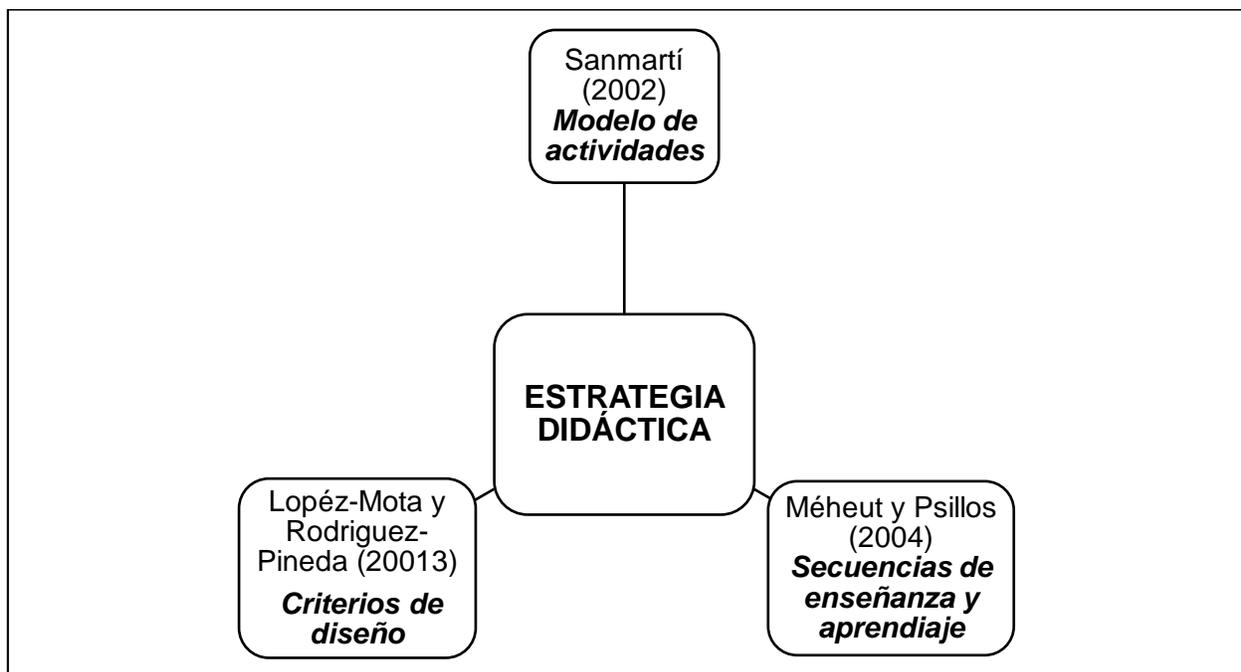
Como se puede ver en la figura 5.1 se presenta la estructura general que describe los puntos importantes a considerar en este capítulo correspondiente al diseño de la estrategia didáctica de conducción de calor.

A continuación se presenta la estructura de la estrategia didáctica, retomando los aspectos de la figura 5.1 antes presentados.

5.1 Estructura de la estrategia didáctica

En este apartado se presentan los criterios de diseño, objetivos, secuencia de contenidos y diseño de actividades que integrarán la estrategia didáctica. Por tal motivo para su elaboración y diseño me apoyé de las propuestas de los siguientes autores (ver figura 5.2).

Figura 5.2 Estructura de la estrategia didáctica (autores)



En relación con la figura 5.2 (estructura de la estrategia didáctica), se presentan las consideraciones y aportaciones de los autores correspondiente a temas particulares sobre las temáticas expuestas. Éstas fueron de utilidad para diseñar la estructura de la propuesta didáctica que se presenta.

A continuación se presentan las aportaciones correspondientes de cada autor iniciando con la definición, que se usará en este trabajo de tesis, sobre estrategia didáctica, para continuar con la postura que se tomará para diseñar y trabajar la secuencia didáctica.

5.1.1 Estrategia didáctica (ED)

De acuerdo con Sanmartí (2002) dentro de la didáctica de las ciencias se desarrollan proyectos de intervención e innovación educativa, como es el caso del desarrollo curricular, el cual comprende el diseño, desarrollo y validación de estrategias didácticas de aprendizaje. Éstas últimas se refieren a la elaboración de actividades, y materiales didácticos que sirven de apoyo para el profesor, con la finalidad de lograr que los estudiantes aprendan adecuada, eficaz y significativamente los contenidos que integran el currículo de estudio correspondiente a los Planes y Programas de Estudio vigentes, en este caso en el área de ciencias a nivel secundaria.

Para la elaboración de una estrategia didáctica en ciencias, es importante tener presente dos conceptos fundamentales: enseñanza y aprendizaje. Al respecto, López y Mota (2006:361) distingue entre enseñanza y aprendizaje: “La enseñanza es el proceso por el cual un profesor propone una estrategia docente y cumple un rol para que, en el contexto del aula, los alumnos aprendan lo que es objeto de enseñanza. El aprendizaje de los contenidos –conceptos, habilidades cognitivas, actitudes es realizado al interior de los individuos- si bien por interacciones con el profesor o por otros alumnos, con ayuda de materiales o dispositivos y en el marco de la estrategia dispuesta por el docente”.

Ante el planteamiento anterior, se consideró importante precisar lo que se entiende por enseñanza y aprendizaje, ya que es fundamental tener claros estos conceptos para el diseño de cualquier estrategia didáctica. Por lo cual, se destaca la importancia que tiene la didáctica de las ciencias en el proceso de enseñanza y aprendizaje, ya que intenta lograr que el profesorado hoy en día se replantee la forma de enseñar ciencias en el salón de clases.

Lo anterior tiene relación con que esta parte del “saber hacer” en el aula, priorizando la comprensión de los temas y la autonomía de los estudiantes frente a los problemas que deben resolver, así como a los contenidos. Lo que permite que el alumno sea un sujeto activo capaz de construir su conocimiento y plantearse preguntas ante lo aprendido en el aula y en su vida cotidiana.

Por su parte Izquierdo (2003:55) llama “sistema didáctico” a la relación que existe entre el alumnado, el profesor y los contenidos a enseñar, y que conducen a un mejor diseño de la intervención docente para el aprendizaje de las ciencias. Lo anterior tiene relación con la triangulación de lo antes expuesto para el diseño de estrategias didácticas las cuales deben ser afectivas y potentes.

Ante el planteamiento anterior en este trabajo de intervención se considera: lo que dicen los estudiantes; el contenido que integra todo lo relacionado con el fenómeno de estudio –conducción de calor- y como modulador e investigador se destaca la función clave del profesor en el diseño de la estrategia didáctica.

Para este trabajo se adoptó la definición propuesta por López-Mota, et. al., (2011:8) quienes definen estrategia didáctica “*a todas aquellas maneras de proceder docentes – etapas o fases seguidas en una secuencia de enseñanza-, fundamentadas, es decir, sustentadas en desarrollos teóricos y validadas puestas en práctica y valoradas desde el punto de vista de los resultados obtenidos para temáticas contenidas en distintas disciplinas de enseñanza, biología, física y química.*”

5.1.2 Criterios de diseño derivados del MCEA

Al plantear el MCEA (ver capítulo 4) extraído de la comparación de los modelos teóricos encontrados en la literatura especializada, se definieron los criterios de diseño que sirvieron como eje directriz para el diseño de la secuencia didáctica y, éstas se encuentran integradas por actividades didácticas, las cuales se presentarán en apartados posteriores.

En lo que se refiere a los criterios de diseño, cabe señalar que estos fueron planteados en función de qué **elementos**, **relaciones** y **condiciones** deben tomarse en cuenta al momento de diseñar las actividades didácticas y que éstos deben estar relacionados con el objetivo que se pretende lograr en cada actividad planteada para la secuencia didáctica.

Los criterios derivados del MCEA son los siguientes:

1. Caracterizar el diseño de actividades didácticas desde los niveles **microscópicos** (Teoría cinética de partículas) y **macroscópicos** (Termodinámica) de la materia. Por tal motivo es pertinente;
2. Establecer que los cuerpos están formados por **partículas** y éstas interactúan entre sí (**energía cinética**).
3. Diferenciar **calor** de **temperatura** (no son lo mismo) y que ésta última quede entendida como una medida del movimiento de las partículas.
4. Establecer la idea que el calor es una forma de energía y ésta se transfiere.
5. Establecer la presencia de **dos cuerpos**, de los cuales, al menos uno de ellos debe presentarse en **estado sólido**.
6. Establecer la existencia de una **diferencia de temperatura**, es decir un cuerpo debe poseer temperatura menor y otro cuerpo temperatura mayor.
7. Establecer la idea que el movimiento de partículas genera la transferencia de calor (**energía térmica**) entre dos cuerpos cuando éstos están en **contacto físico**.

5.1.3 Objetivos de la estrategia didáctica

Los siguientes son objetivos particulares de la estrategia didáctica y se pretenden alcanzar en función del diseño, desarrollo e implementación de la secuencia didáctica.

Se busca:

- Conocer los modelos iniciales de los estudiantes sobre el fenómeno de conducción de calor
- Elaborar de una secuencia didáctica a partir del modelo de Sanmartí (2002) retomando los criterios de diseño en función del MCEA.
- Aplicar la estrategia didáctica, y realizar diferentes cortes para inferir los modelos alcanzados por los estudiantes que permitan dar cuenta de la evolución de sus modelos.
- Realizar diferentes actividades donde el alumno represente sus modelos alcanzados y pueda pensar, predecir y comunicar.
- Diseñar los instrumentos que permitan dar cuenta de los modelos alcanzados por los estudiantes con respecto al fenómeno.
- Y por último, evaluar la estrategia didáctica y presentar evidencia de los *modelos alcanzados* por parte de los estudiantes con referencia al MCEA, para así poder dar cuenta de que tan próximos son respecto al modelo postulado.

5.1.4 Secuencia didáctica

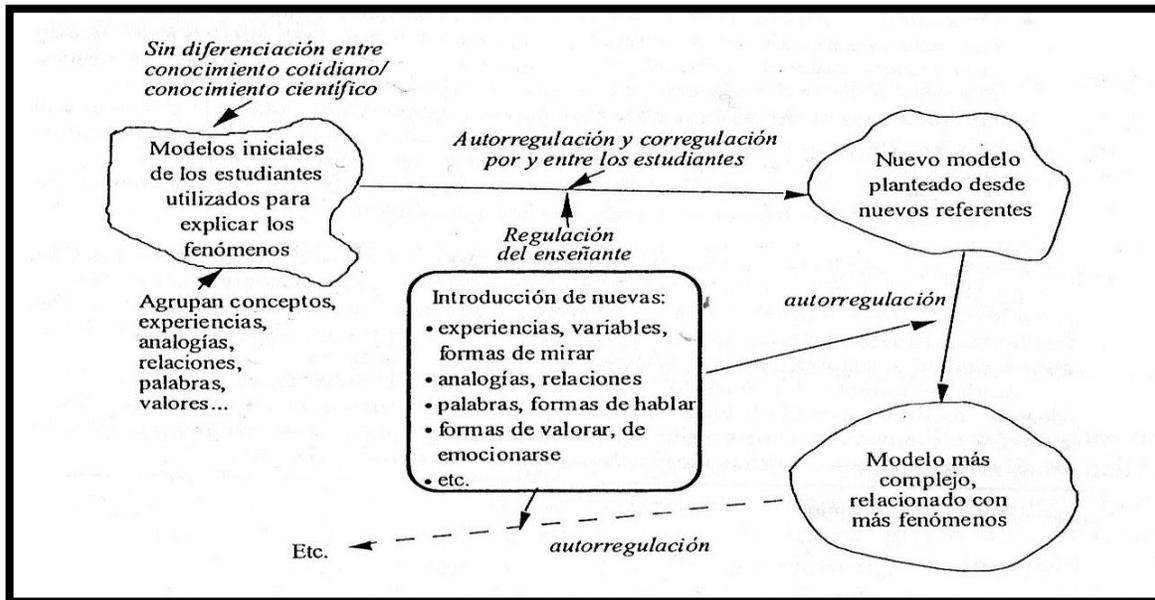
De acuerdo con Méheut y Psillos (2004), una unidad didáctica o de enseñanza-aprendizaje se entiende como el diseño de una serie de actividades orientadas al aprendizaje de un tópico específico. Esta secuencia tiene un carácter dual, pues involucra actividades de investigación y el desarrollo de objetivos relacionados directamente con la enseñanza y el aprendizaje de un tema particular. Este tipo de secuencias están vinculadas con la investigación-acción, se usan herramientas de investigación y de innovación, y se incluyen dentro de la llamada “investigación de desarrollo” (“developmental research”).

Para el diseño de la secuencia didáctica decidí trabajar con el modelo propuesto por Sanmartí (2002), el cual se fundamenta en la construcción de modelos y la modelización.

Se entiende por secuencia didáctica, al conjunto de “lecciones” o sesiones de clase y éstas, a su vez, integradas por un conjunto de actividades, aunque generalmente hay alguna actividad central alrededor de la cual se planifican las demás (Sanmartí, 2002:179). Para lo cual, es importante diseñar la enseñanza como un proceso a través del cual unos modelos iniciales puedan evolucionar hacia otros modelos planteados (*modelos alcanzados*) desde el referente de la ciencia actual.

De acuerdo con Sanmartí (2002) lo anterior, implica promover que los estudiantes se planteen un problema socialmente relevante como puede ser el caso de un fenómeno y que éste pueda ser analizado desde un modelo científico, así como suscitar que los estudiantes identifiquen formas de ver y de conceptualizar el fenómeno desde la ciencia y reconozcan nuevas variables o relaciones, formas de hablar, de pensar y comunicar (ver figura 5.3).

Figura 5.3 Evolución de los aprendizajes científicos (tomado de Sanmartí, 2002:180).



Tal como se observa en la figura 5.3 Sanmartí (2002), la autora representa de manera visual el progreso de los modelos realizados por los estudiantes para explicar fenómenos y, la importancia que tiene en este proceso, la regulación del profesor con la introducción de nuevos puntos de vista, lo anterior con la finalidad de que los estudiantes modifiquen sus modelos iniciales por nuevos modelos, pero planteados desde otros referentes; para así construir un nuevo modelo el cual, según la autora, debe ser más complejo y predecible para poder explicar otros fenómenos.

Es evidente entonces que el papel del profesor como regulador sea fundamental para llevar a cabo el desarrollo de actividades didácticas que le faciliten al estudiante la evolución de su aprendizaje sobre cierto fenómeno.

En este sentido, se considera pertinente retomar la definición de actividad didáctica, la cual forma parte de la secuencia didáctica y es vista como un “conjunto de acciones planificadas por el profesorado que tiene como finalidad promover el aprendizaje de los alumnos en relación con determinados contenidos. A través de ellas se favorece la comunicación entre tres polos: el del saber, el del que enseña y el del que aprende” (Sanmartí, 2002:175).

Desde este punto de vista, hacer ciencia (y, en la escuela, hacer ciencia escolar) es llevar adelante una actividad científica escolar, en la cual, la modelización, la experimentación y la discusión se entrecruzan para una reconstrucción de fenómenos naturales y así lograr que los alumnos puedan expresar sus ideas ante una situación planteada por el profesor, en la cual se promueva la discusión sobre aspectos del modelo planteado. En este sentido, la secuencia de actividades para el aprendizaje de un modelo debe favorecer una actividad científica del alumnado orientada a la construcción de las ideas o debe ser coherente con la actividad científica (Sanmarti, 2002).

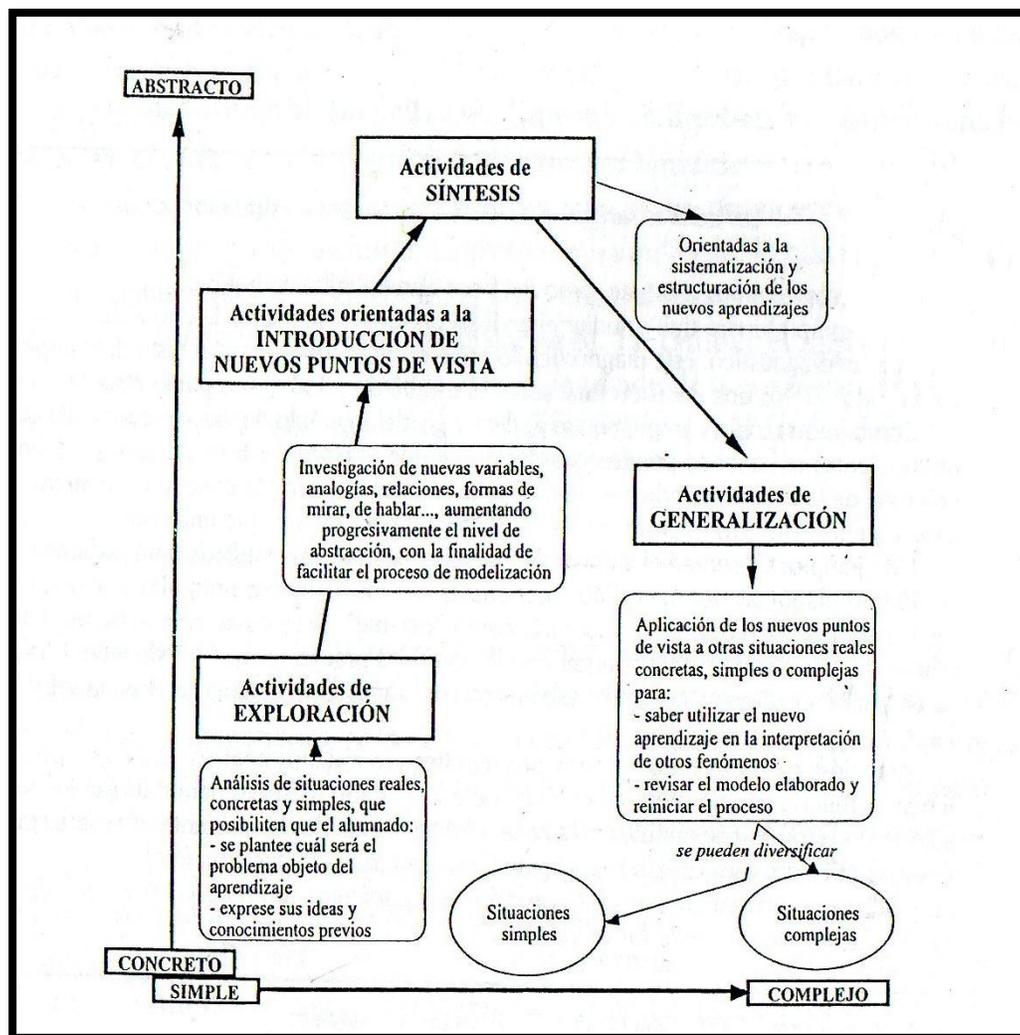
Después de lo anteriormente expuesto, ahora se presentan las actividades y/o etapas que componen el modelo propuesto por Sanmarti (2002: 186-194). Éstas están diseñadas en relación con la construcción y evolución de modelos:

1. **Actividades de exploración iniciales:** son actividades que tienen como objetivo facilitar que los estudiantes se planteen el problema a estudiar, así como que expliciten sus representaciones. Y la finalidad de estas actividades es promover el planteamiento de preguntas o problemas de investigación significativos desde la ciencia.
2. **Actividades de introducción de nuevos puntos de vista para la modelización:** este tipo de actividades está orientado a favorecer que el estudiante pueda construir las ideas, coherente con las aceptadas por la ciencia, que le permitan explicar la situación inicial y otras que se puedan ir planteando a lo largo de la E.D. Su finalidad es que los estudiantes reconozcan formas de mirar, de razonar, de sentir y de hablar acerca de los fenómenos, objeto de estudio distinto de los iniciales.
3. **Actividades de síntesis:** este tipo de actividades tiene como finalidad que el estudiante reflexione sobre lo que se está aprendiendo y sobre las nuevas ideas incorporadas, relacionándolas entre sí. Así como lograr que los alumnos tomen conciencia del modelo construido hasta ese momento y de cómo expresarlo de la forma más abstracta posible.

4. **Actividades de aplicación y generalización:** estas actividades están orientadas a ampliar el campo de situaciones y fenómenos que se pueden explicar con el modelo construido inicialmente para, al mismo tiempo, favorecer su evolución: logrando así seguridad en el uso del modelo construido.

En la siguiente figura 5.4 se explica a grandes rasgos los distintos tipos de actividades antes presentadas en relación con su finalidad didáctica. Lo anterior para favorecer la comprensión global de lo que se pretende diseñar en apartados siguientes.

Figura 5.4 Tipos de actividades según su finalidad didáctica (tomado de Sanmartí, 2002:194).



Como puede observarse en la figura 5.4 se expone el objetivo de cada actividad propuesta y se propone que la construcción de las actividades siga un orden secuencial de complejidad y abstracción, es decir, partir de lo simple y concreto, a lo complejo y abstracto.

5.1.5 Secuencia de contenido

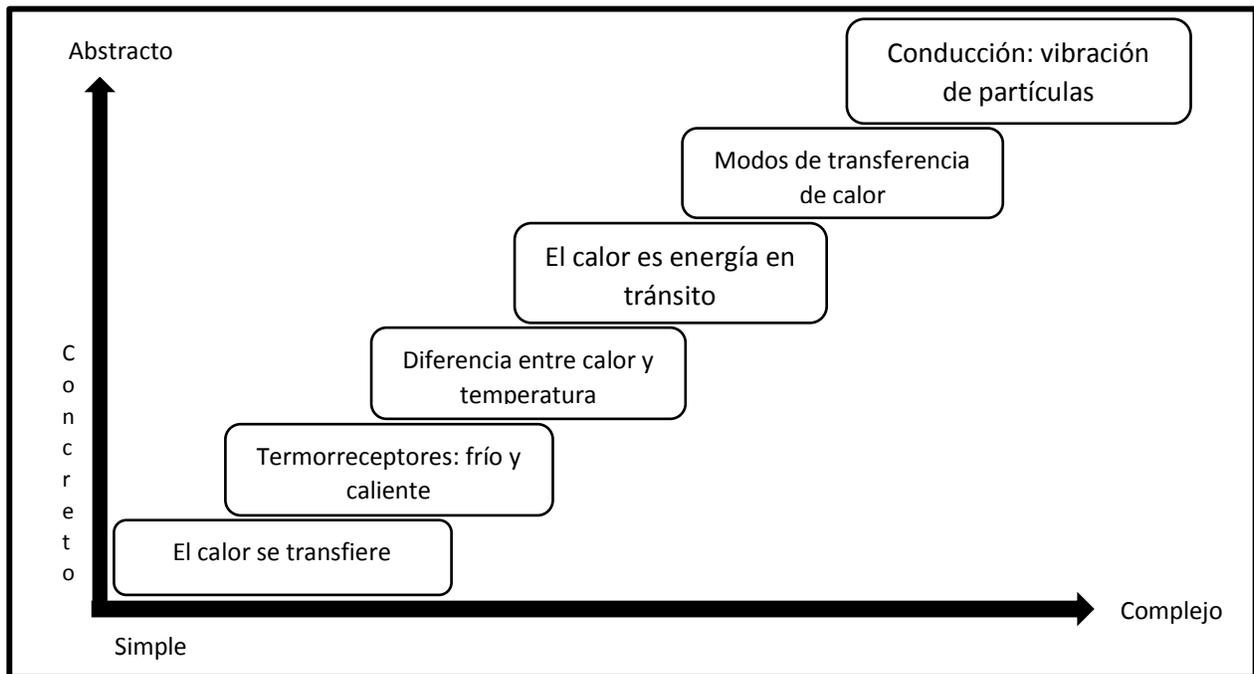
Para la elaboración de la secuencia de contenidos y determinar cuáles eran los contenidos apropiados para enseñar el fenómeno de conducción de calor, partí de la construcción del MCEA, donde se consideraron a los **elementos**, **relaciones** y **condiciones** para dirigir los contenidos a enseñar.

Lo anterior fue de gran utilidad para seleccionar el conocimiento que integraría la secuencia de contenidos y, así poder diferenciar un poco de los contenidos propuestos por el curriculum de ciencias oficial a nivel secundaria.

La selección de contenidos se diseñó en función de lograr la mejor claridad posible en cuanto a los temas que la integran y, que los mismos fuesen atractivos para la población estudiantil con la cual se iba a trabajar. Es importante recordar que las actividades a trabajar en un aula de clases, deben ser pensadas y planeadas con base en los intereses del alumnado.

Con este propósito se intenta lograr que los estudiantes comprendan de la mejor manera el fenómeno de estudio –conducción de calor- desde las miras microscópica -teoría cinética de partículas- y macroscópica –termodinámica- del sistema (ver figura 5.5).

Figura 5.5 Secuencia de contenidos de conducción de calor (adaptado de Sanmartí, 2002).



En relación con la figura 5.5 (secuencia de contenidos sobre el fenómeno de conducción de calor) consideré como aspectos fundamentales para su composición, que los contenidos fueran coherentes y concisos en cuanto a los temas que pudieran permitir al alumno acercarse a la comprensión de fenómeno de conducción de calor, ya que dicha secuenciación de contenidos es diferente y complementaria a lo propuesto por los Planes y Programas de Estudio 2011 en la asignatura de ciencias II, por ello se procuró abarcar los aspectos importantes que el programa señala ya que como se presentó en el capítulo 4 (construcción de modelos) el MCu se derivó de la información propuesta por éstos.

Al respecto Sanmartí (2002:94) comenta que el aprendizaje de los modelos de ciencias no tiene por qué seguir un proceso lineal predeterminado. De hecho, se necesita adecuarse a los caminos que abren los propios alumnos a partir de sus preguntas, concepciones previas y percepciones, así como de los problemas de su entorno que se considere relevante que entiendan.

Lo anterior es posible con una adecuada enseñanza de los contenidos seleccionados, permitiendo así que el estudiante pueda lograr un aprendizaje que le permita la construcción de modelos.

A continuación se presentará la selección y el diseño de las actividades que integran a la secuencia didáctica, fundamentada a partir de la secuencia de contenidos antes presentada.

5.2 Selección y diseño de las actividades didácticas

Para la selección y diseño de actividades se realizó con base en la propuesta por Sanmartí (2002) quien dice que, “para aprender se enseña a través de actividades”. Ya que las actividades son las que posibilitan que el estudiante comprenda los conocimientos que por sí solos sería difícil acceder.

Por lo anterior se decidió diseñar actividades didácticas que ayuden al alumno a construir modelos sobre el fenómeno de conducción de calor, tomando como eje directriz para el diseño de las mismas al MCEA.

Se considera importante precisar que, para el diseño de las actividades didácticas fue un requisito indispensable que los materiales fueran viables para facilitar su acceso y también con la prevención de accidentes (quemaduras, principalmente), ya que se utilizarán objetos a diferentes temperaturas donde, por ejemplo, se pretende ejemplificar la transferencia de calor y diferenciar calor de temperatura para lo cual se requiere de agua a diferente temperatura.

El diseño de la secuencia didáctica se realizó en función del criterio de diseño primordial derivado del MCEA que es la visión microscópica (teoría cinética de partículas) y macroscópica (termodinámica) correspondiente a la secuenciación de contenidos (ver figura 5.5).

A continuación se presentan las actividades de acuerdo a las etapas propuestas por Sanmartí (2002) que conforman la estrategia didáctica para llevar a cabo la modelización del fenómeno de conducción de calor aplicada a estudiantes de educación secundaria.

5.2.1 Actividades de exploración

Integrada por dos actividades centrales que permiten identificar el modelo explicativo inicial sobre el fenómeno de conducción (ver tabla 5.6).

Tabla 5.6 Actividades de exploración.

Número de sesiones	Criterios de diseño	Propósito	Tipo de actividad	Material	Instrumento
1	Con base en la aplicación del instrumento se inferirá el MEI	Recabar las ideas previas que tienen los alumnos con respecto al fenómeno de conducción de calor	1.Pre-cuestionario	Hoja impresa	Cuestionario (Anexo #2)
	Introducir energía térmica (frío y caliente)	Así como también de calor, temperatura y transferencia de calor.	2. Presentación de imágenes (taza con café y cuchara metálica)	Figuras de papel Pizarrón	Hoja (Anexo #3)
		Presentar el fenómeno y conocer su manera de argumentar, pensar y comunicar con respecto a lo que observan.	3. ¿Cómo puedes colocar papel sobre el fuego sin que arda?	Hoja de papel (sólido) Agua Vela Cerillos	Hoja de registro (Anexo #4)
		Recabar información para conocer su modelo inicial explicativo, así como sus ideas con respecto al fenómeno de conducción	4. Registro del trabajo observado en clase		

5.2.2 Actividades de introducción de nuevos puntos de vista

Esta etapa está integrada por dos actividades que darán cuenta de los criterios de diseño correspondientes a la introducción de nuevos puntos de vista, de lo cual se espera que los alumnos expresen su segundo modelo (ver tabla 5.7).

Tabla 5.7 Actividades de introducción de nuevos puntos de vista.

Número de sesiones	Criterios de diseño	Propósito	Tipo de actividad	Material	Instrumento
2	Destacar la diferencia entre calor y temperatura.	Diferenciar los conceptos de calor y temperatura. Así como energía térmica.	1. ¿Es calor o es temperatura?	-Tres vasos de precipitados, agua a diferente temperatura y un termómetro. -Pizarrón	Participación grupal de lo aprendido y elaboración de un cuadro sinóptico en el pizarrón (Anexo #8)
	Introducir la existencia de dos cuerpos en contacto y del gradiente de temperatura o diferencia de temperatura.	Demostrar que el calor es energía en tránsito y sus formas de transmisión como lo es la conducción.	2. Experimento de conducción.	Alambre de cobre y aluminio, mantequilla, vela o mechero.	Hoja de registro POE (Anexo #9)
			3. Recabar información por escrito	Hoja impresa (Anexo #9)	Hoja de registro individual POE (Anexo #9)

5.2.3 Actividades de síntesis y aplicación

Es importante aclarar que estas dos etapas (síntesis y aplicación) a continuación se describen por separado, pero se trabajaron de manera conjunta en dos sesiones.

Etapa de síntesis

En esta etapa se espera que el alumno sea capaz de construir su modelo final correspondiente al fenómeno de conducción de calor, para lo cual se diseñó una sola actividad y se dará énfasis en la utilidad de los conocimientos que hasta el momento fueron introducidos, lo anterior con la finalidad de que los estudiantes sean capaces de construir el nuevo modelo (ver tabla 5.8).

Tabla 5.8 Actividades de síntesis.

Número de sesiones	Criterios de diseño	Tipo de actividad	Propósito	Material	Instrumento
1	Enfatizar la conducción de calor por el movimiento de partículas o energía cinética (vibración) en cuerpos sólidos	1. Elaboración de una historieta	Los alumnos establecerán y aplicarán los contenidos aprendidos sobre la transferencia de calor por conducción y todo lo que esto implica.	Papel bond/ hoja blanca, plumones.	Elaboración de un dibujo y exposición en equipos.
	Cuerpos en contacto	2. Presentación por equipo de la historieta y completar un cuadro sinóptico	Conocer a nivel grupal lo que ellos entendieron para así poder hacer aportaciones en conjunto, para hacer posibles ajustes.		
		3. Reestructuración de la historieta	Presentar la historieta modificada.		

Etapa de aplicación y generalización

Esta etapa final la diseñé para darle utilidad al modelo o modelos construidos por los estudiantes durante las siguientes dos actividades (ver tabla 5.9).

Tabla 5.9 Actividades de aplicación y generalización

Número de sesiones	Criterios de diseño	Tipo de actividad	Propósito	Material	Instrumento
1	Construir el modelo y dar explicación a los diferentes fenómenos sobre la transferencia de calor	1. ¿Por qué los cables de las calles cuelgan? Lectura grupal	Que los alumnos establezcan la relación del modelo de transferencia de calor con el fenómeno de dilatación y otros fenómenos	Lectura (hoja impresa)	
		2. Presentación de un experimento	Conocer qué tanto los alumnos comprendieron y relacionaron el modelo (el propio) con la explicación de otros fenómenos		Hoja del experimento y explicación en grupo
		3. Recabar información final		Hoja de registro (cuestionario)	Post-cuestionario (Anexo #12)

5.3 Pilotaje de la estrategia didáctica

La aplicación del pilotaje (previo a la aplicación definitiva) se diseñó en seis sesiones y se aplicó en la Escuela Secundaria Diurna “Tlamachihuapan” perteneciente a la delegación Tlalpan del Distrito Federal durante la primavera del año 2014. De la cual se obtuvieron las siguientes recomendaciones de dicha aplicación:

- El tiempo destinado para la aplicación de la secuencia didáctica puede ser de 4 a 5 sesiones para trabajar las tres formas de transferencia de calor –conducción, convección y radiación- ya que es el tiempo máximo que sugiere el Plan y Programa de Estudios. Al platicarlo con la profesora titular del grupo, donde se aplicó el pilotaje, ella comentó que impartía ese tema en dos sesiones; una en el salón de clases y otra en el laboratorio.
- La justificación para seleccionar el número de sesiones en la aplicación definitiva es que 4 sesiones son suficientes para incorporar y explicar los conceptos de calor, temperatura, cuerpos sólidos (tomando en cuenta al modelo cinético corpuscular) energía térmica y los modos de transferencia de calor.
- También se tiene que ajustar el número de sesiones a la disposición del profesor(a) titular del grupo, ya que esto de alguna manera irrumpe con lo planeado por ellos, es importante considerarlo ya que ellos tienen una planeación bimestral y se realizan evaluaciones constantes para el contenido que se aborda correspondiente al currículo.
- Durante la aplicación se trabajó la secuencia de contenidos conforme indica el Plan de Estudios, desde la visión microscópica (modelo cinético corpuscular) lo cual resultó complicado, ya que si los alumnos no entienden correctamente el funcionamiento de dicho modelo, no pueden comprender su utilidad para explicar con él, los diferentes fenómenos relacionados con el calor y la temperatura.
- Se concluyó que el concepto de calor puede ser enseñado como un tipo de energía en tránsito. Para que los alumnos lleguen a comprender esa relación, es necesario insistir que el calor es una forma de energía y no debe de entenderse como como una sustancia.

- El calor no se puede ver pero sí se puede sentir, al menos que se “observe” o perciba ese tránsito (energía) y, esto puede ser con un experimento, el cual involucrará la visión macro y microscópica de lo ocurrido.

Considero que para hablar de transferencia de calor es importante que los alumnos tengan una noción del modelo cinético de partículas y curricularmente, es un tema previo a calor y temperatura. En la transferencia de calor, se retoma el tema de la estructura interna de la materia, para poder explicar microscópicamente lo que ocurre en los modos de transferencia de calor cuando se habla de sólidos y líquido (fluidos) específicamente.

A continuación se presenta la tabla 5.10 que se generó después de hacer el pilotaje y que se mantuvo presente durante la aplicación definitiva para dicha explicación.

Tabla 5.10 Movimiento de los estados de la materia desde la visión de transferencia de calor.

Estado de la materia	Movimiento de partículas	Transferencia de calor
Sólidos	Vibración/interacción	Conducción (sin intercambio de materia pero sí de energía)
Líquido	Difusión	Convección (intercambio de materia)
Gases	Difusión	Convección (intercambio de materia)

Después del pilotaje, se llevaron a cabo los ajustes necesarios y pertinentes para el “rediseño” de la secuencia didáctica. Resultado que se expone en el siguiente apartado.

5.4 Aplicación definitiva de la ED

La aplicación definitiva de la estrategia didáctica para modelizar el fenómeno de conducción de calor a nivel secundaria con estudiantes de la asignatura de ciencias II (énfasis en física) se realizó en la Escuela Secundaria Diurna “Tlamachihuapan” perteneciente a la delegación Tlalpan del Distrito Federal. Se implementó en un grupo de 33 alumnos, entre las edades de 12 y 13 años. El tiempo de implementación fue en una semana en el mes de mayo de 2014.

5.5 Tipo de investigación/intervención

La metodología de esta tesis será de corte cualitativo, ya que los datos procedentes de la construcción de los modelos teóricos, servirán para analizar la información proveniente del diseño e implementación de los que aquí se construyeron.

De acuerdo con los planteamientos de Álvarez (2003) La investigación cualitativa busca la subjetividad, y explicar y comprender las interacciones y los significados subjetivos individuales o grupales. En este tipo de investigación, el problema y la pregunta de la investigación representa la guía para la selección del paradigma que responderá mejor a la interrogante planteada. Al final lo que se espera es una descripción tersa, una comprensión experiencial y múltiples realidades.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la aplicación definitiva de la estrategia didáctica de conducción de calor.

Capítulo 6. Análisis de los datos y resultados

“Imagina un cuadro negro de la nada absoluta, con los pensamientos que tratan de saltar de un lado al otro. Al principio saltarán algunos. Persíguelos, y hazlos saltar otra vez por el cuadro negro”.

Lobsang Rampa (1958:154)

Introducción

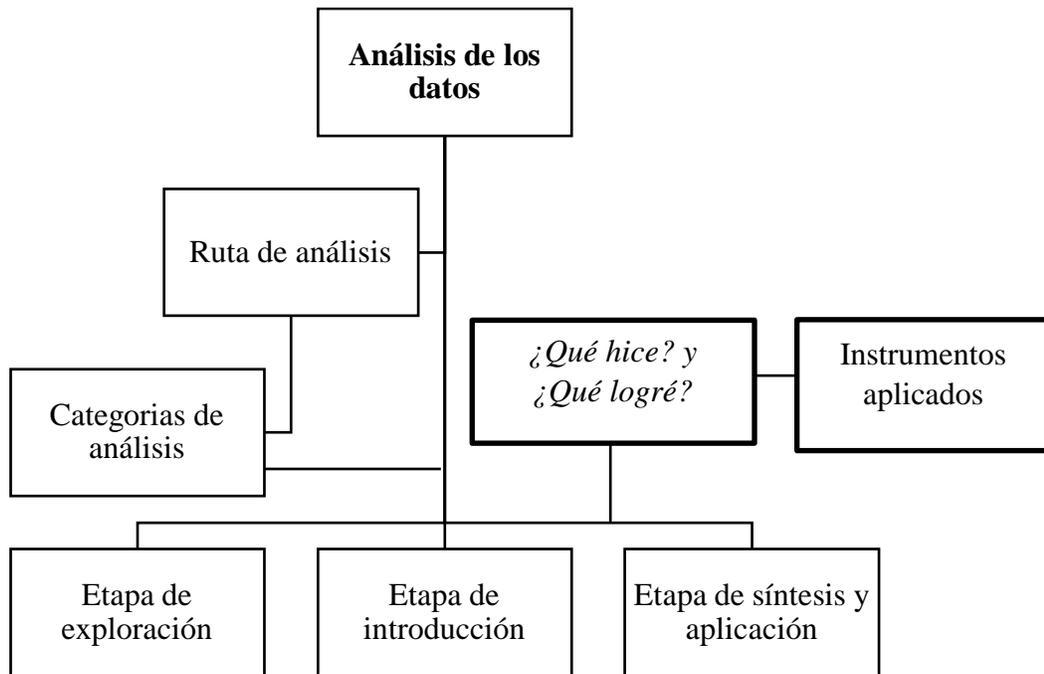
En capítulos anteriores se presentó el diseño del MCEA que sirvió como eje directriz para el diseño de la secuencia didáctica, así como para las actividades didácticas que forman parte de la estrategia didáctica para llevar a cabo la modelización del fenómeno de conducción de calor, visto como una forma de transferencia de calor. La secuencia didáctica se diseñó con referencia al modelo propuesto por Sanmartí (2002) que en el capítulo 5 se presentó con detalle.

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de la implementación de la estrategia didáctica basada en la modelización, lo anterior con la finalidad de conocer los *modelos logrados* en las diferentes etapas de la secuencia didáctica, para conocer qué tanto fue alcanzado el *modelo científico escolar de arribo*.

Para el análisis de la estrategia didáctica decidí hacer tres cortes a la secuencia de actividades, para así poder inferir por medio de los instrumentos diseñados, la evolución de los modelos construidos por los estudiantes en cada una de las etapas diseñadas para conocer los *modelos logrados*.

La organización del capítulo 6 se encuentra estructurada de la siguiente manera (ver figura 6.1).

Figura 6.1 Organización del análisis de los datos y resultados.



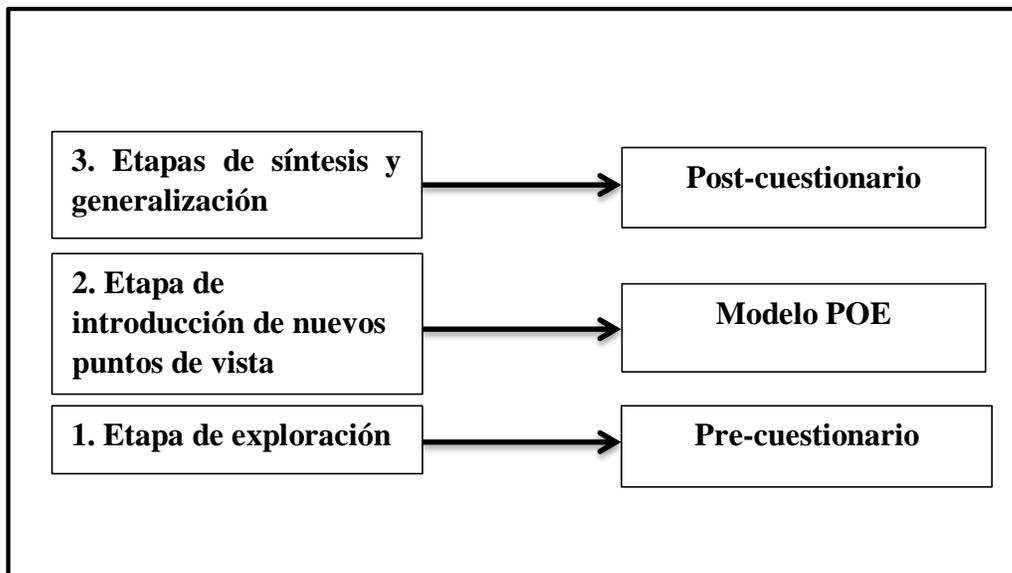
Como puede apreciarse en la figura 6.1 se presenta la organización de la información correspondiente al capítulo 6. La cual tiene que ver con la forma en la cual se realizó la interpretación y el análisis de los resultados obtenidos de las diferentes etapas que formaron parte de la estrategia didáctica. Lo anterior con la intención de informar en relación a los alcances obtenidos con respecto al modelo postulado llamado MCEA, para llevar a cabo la modelización del fenómeno de conducción de calor en estudiantes a nivel secundaria en la asignatura de ciencias II (énfasis en física).

A continuación se presenta la ruta de análisis, los instrumentos utilizados para conocer los modelos alcanzados de los estudiantes, así como las categorías de análisis y la interpretación de los datos con el fin de conocer la evolución de los modelos de los estudiantes.

6.1 Ruta de análisis

Para analizar los resultados, antes se interpretó la información obtenida de los diferentes instrumentos aplicados a los estudiantes en los distintos momentos que a continuación se presentan en la figura 6.2. En esta figura, se expone de manera general la visión que se tomó para inferir cada *modelo construido* por los estudiantes a partir de los cortes que se le hicieron a la secuencia de actividades que integraron la estrategia didáctica.

Figura 6.2 Cortes en la secuencia didáctica.



Como se puede apreciar en la figura 6.2 se presenta un esquema general de la forma en la cual se aplicaron los diferentes instrumentos que ayudaron a modelizar el fenómeno de conducción. En la parte izquierda se presentan las etapas que integraron la secuencia de actividades propuestas por Sanmartí (2002) y en la parte derecha se muestran los instrumentos aplicados a partir de los cuales se conocerán los *modelos logrados* por los estudiantes, los cuales darán cuenta de que tan próximos están estos modelos al *modelo científico escolar de arribo*.

Cada aplicación de instrumentos correspondientes a las etapas antes mencionadas fueron realizados de manera individual y, la última etapa corresponde a la etapa final se trabajó por equipos de 5 a 6 alumnos y la aplicación individual del post-cuestionario,

por lo que dichos modelos, son una construcción escolar de trabajos realizados en el salón de clases.

A continuación presento los diferentes instrumentos utilizados en los distintos momentos de la estrategia didáctica, los cuales fueron de gran utilidad para conocer los modelos de los estudiantes.

6.1.1 Instrumentos utilizados

El aprendizaje requiere de instrumentos y recursos mediadores entre el modelo que se quiere que los estudiantes construyan y la realidad. El lenguaje verbal es el principal medio utilizado, que se complementa con otros lenguajes de todo tipo: gestual, gráfico, matemático. Otros medios para aprender son la experimentación con objetos de la naturaleza, las maquetas y los modelos (Sanmartí, 2002:277).

De acuerdo con Chamizo (1997) la aplicación de instrumentos para la evaluación, tienen como finalidad reconocer de una manera más integral lo que los estudiantes han aprendido, así como el esfuerzo que han realizado para hacerlo.

A continuación se presenta una descripción de los instrumentos utilizados para llevar a cabo la modelización del fenómeno de conducción de calor.

1. Cuestionario

Un cuestionario, es un sistema de preguntas racionales, ordenadas de forma coherente, tanto desde el punto de vista lógico como psicológico, expresadas en un lenguaje sencillo y comprensible, que generalmente responde por escrito la persona interrogada, sin que sea necesaria la intervención de un encuestador. El cuestionario permite la recolección de datos provenientes de fuentes primarias, es decir, de personas que poseen la información que resulta de interés (García, 2004:29).

En este trabajo de tesis se aplicaron dos cuestionarios, el primero al cual se le llamó pre-cuestionario fue aplicado al inicio de la secuencia didáctica, y el post-cuestionario fue aplicado al finalizar todas las actividades didácticas.

2. Predicción-Observación-Explicación (POE)

De acuerdo con Chamizo (1997:141) este instrumento es empleado principalmente en la evaluación de la enseñanza de las ciencias, reconoce lo que el alumno sabe sobre un determinado tema, pidiendo que realice tres actividades:

- 1) Que haga una predicción sobre un evento específico, justificando esta predicción.
- 2) Que describa qué es lo que sucede al llevarse a cabo el evento.

3) Que reconcilie su predicción con la observación.

Este instrumento en general como cita Chamizo (1997) permite reconocer de una manera más integral lo que los estudiantes han aprendido, así como el esfuerzo que han realizado para hacerlo. La forma de evaluar el POE se propone de la siguiente manera según Chamizo (1997):

1. La predicción que es el primer punto, no corresponde a la observación, lo que obliga al estudiante a construir la reconciliación. Un punto importante a considerar en la predicción es que es de gran utilidad ya que sirve para saber “cómo” piensan los estudiantes.
2. No se considera en la calificación el segundo punto en el POE el correspondiente a la observación. Lo anterior porque los estudiantes rápidamente aprenden a ver lo que el profesor considera correcto, o lo que parece correcto, lo cual no genera aprendizaje sino sólo repetición.
3. Por lo tanto, la calificación debe dirigirse a la calidad y cantidad de conocimiento empleado en la predicción y en la justificación, así como en la calidad de razonamiento empleado en el tercer punto, el de la reconciliación.
4. Una reconciliación (explicación) bien razonada demuestra entendimiento. Porque de lo que los alumnos escriben aquí se manifiesta lo que realmente entienden del evento.

Se considera importante resaltar la utilidad que tienen los instrumentos para recolectar datos, pues son de gran importancia para conocer los modelos alcanzados por parte de los estudiantes, ya que en las etapas de la estrategia didáctica compuestas por las actividades didácticas con los cortes realizados, sirven para conocer la evolución de sus modelos con respecto al fenómeno de conducción de calor.

A continuación se presentan las categorías de análisis las cuales fueron utilizadas para interpretar y analizar la información obtenida a partir de los instrumentos aplicados.

6.2 Categorías de análisis

En el capítulo 3 se presentó el marco teórico que sustenta el trabajo realizado y específicamente se hizo mención de la construcción de los modelos teóricos, así como del enfoque epistemológico constructivista basado en la modelización, el cual permite que los alumnos, por medio de la construcción de modelos escolares, puedan pensar, actuar y comunicar, y a su vez les permita explicar uno o varios fenómenos.

La postura que se adoptó para este trabajo con respecto a la definición de modelo corresponde a Schwarz, et al. (2009:633): *“modelo científico es una representación abstracta y simplificada de un sistema que hace visible sus rasgos clave y puede usarse para explicar y predecir fenómenos estudiados por la ciencia, que consiste de elementos, relaciones, operaciones y normas que rigen las interacciones”*.

Considerando lo anterior decidí utilizar las categorías propuestas por Schwarz, et al. (2009) y Claudio (2014):

- Elementos: son los elementos conceptuales utilizados para representar aspectos importantes de los fenómenos.
- Relaciones: son aquellas relaciones establecidas entre los elementos o entidades detectadas por los alumnos, en relación al fenómeno.
- Condiciones: son aquellas situaciones que se dan o son importantes para la presencia y existencia del fenómeno, dichas condiciones pueden estar ligadas a las relaciones y elementos citados por los alumnos.

En función a las categorías de análisis propuestas por los autores antes mencionados, se interpretó y analizó la información recuperada con los instrumentos antes presentados, a continuación se presenta la forma en la cual se decidió llevar a cabo el análisis de los datos.

6.2.1 Análisis de datos

En este apartado se presentan las fuentes de referencia que se tomaron en cuenta para interpretar y analizar los datos recogidos de los diferentes instrumentos aplicados en la secuencia didáctica.

De acuerdo con los planteamientos de Sanmartí (2002:307) la recolección de datos se hace con el objetivo de diagnosticar la situación de partida del estudiante, lo cual exige encontrar un buen equilibrio entre la intuición y la instrumentación. No se puede evaluar todo sistemáticamente y, en general, la experiencia es una buena fuente acerca de algunas de las dificultades que los estudiantes tienen en relación con la asimilación de unos determinados contenidos.

Para la interpretación y análisis de datos, para este trabajo de tesis decidí llevarlo a cabo bajo el enfoque de análisis de datos cualitativos, para lo cual se siguió lo propuesto por Miles y Huberman (1994) y Rodríguez, Lorenzo y Herrera (2005) quienes trabajan con el enfoque de recolección y análisis de datos cualitativos.

Al respecto Rodríguez, et al. (2005) argumentan que el análisis de datos cualitativos se caracteriza por su forma cíclica y circular, frente a la posición lineal que adopta el análisis de datos cuantitativos.

Precisando de una vez, se entiende por análisis de datos cualitativos de acuerdo con Sampieri, Fernández y Baptista (1991:364) a la manera de comprender y profundizar los fenómenos, explorándolos desde la perspectiva de los participantes en un ambiente natural y en relación con el contexto. Dicho enfoque busca comprender la perspectiva de los participantes (individuos o grupos pequeños de personas a los que se investigará) acerca de los fenómenos que los rodean, profundizar en sus experiencias, perspectivas, opiniones y significados, es decir, la forma en que los participantes perciben subjetivamente su realidad.

Según Miles y Huberman (1984) para la interpretación y análisis de datos tiene que realizarse lo siguiente:

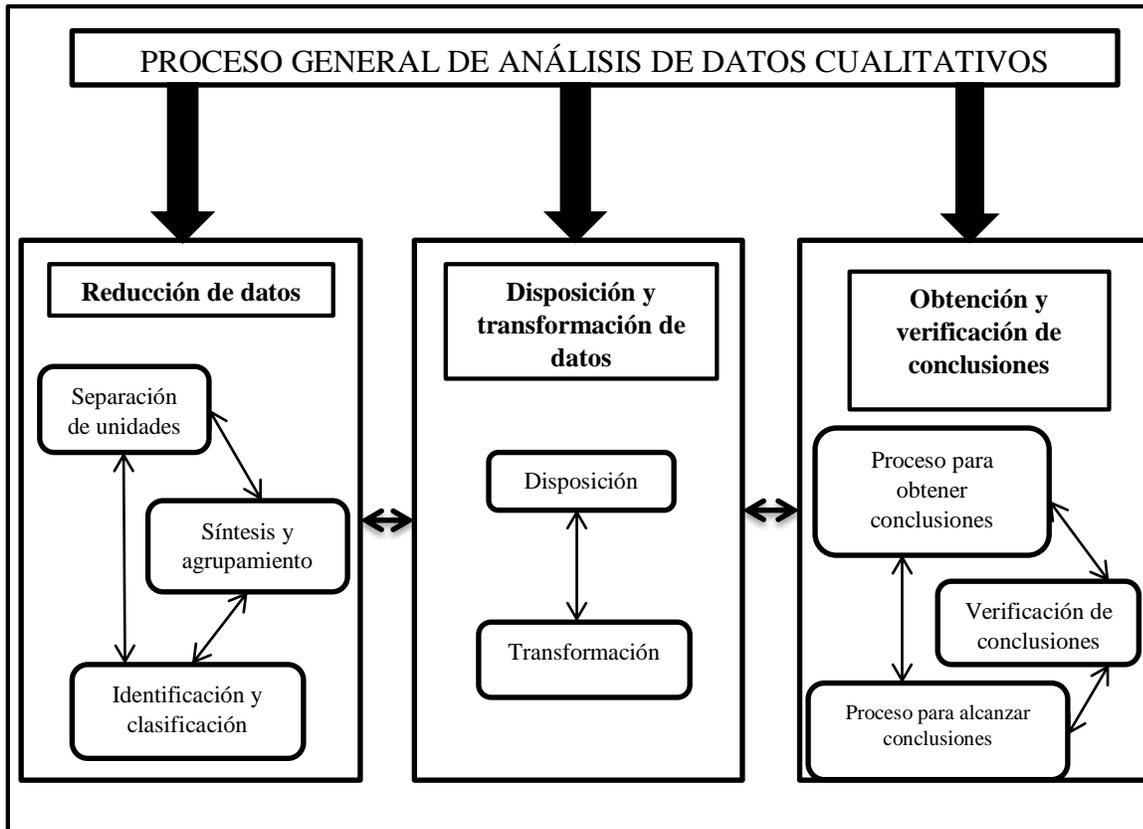
1. Categorizar y codificar los datos.
2. Crear una matriz y elaborar representaciones gráficas.
3. Elaboración de conclusiones.

En este sentido y de acuerdo con los planteamientos de Rodríguez, et al. (2005) el análisis de datos está configurado en torno a tres grandes tareas:

1. Reducción de datos.
2. Disposición y transformación de los datos.
3. Obtención de resultados y verificación de conclusiones.

Para ilustrar lo anterior se presenta la siguiente figura 6.3, la cual muestra el proceso de análisis de datos cualitativos.

Figura 6.3 Proceso general de análisis de datos cualitativos (Adaptado de Rodríguez, et al. 2005:139)



Ante el planteamiento anterior, decidí seguir lo propuesto por los autores antes expuestos para llevar a cabo el análisis de los datos, así como la interpretación de la información. Por tal motivo consideré las siguientes rutas para recolectar e interpretar los datos:

1. Clasificación y categorización de datos (obtenidos de los instrumentos aplicados).
2. Construcción de una matriz de datos y cálculo de frecuencias de los datos.
3. Elaboración de representaciones de los datos obtenidos.
4. Conclusiones a partir de los datos.

Es importante aclarar que para las representaciones de los datos obtenidos se utilizaron redes sistémicas como primer paso de clasificación con relación a las categorías de análisis propuestas en los apartados anteriormente expuestos.

Para el análisis de respuestas o cuestiones abiertas, es útil el uso de *redes sistémicas*. Éstas se basan en un análisis de los textos que pretenden recoger el significado de conjuntos de palabras (o dibujos, o expresiones matemáticas) y codificarlos. En una red sistémica se pueden recoger las diferentes ideas expuestas por el alumnado (Sanmartí, 2002:309).

Con respecto a las frecuencias, se consideró oportuno que, de las respuestas arrojadas por los diferentes instrumentos aplicados, éstas pudieran ser organizadas. Al respecto Spiegel (1995:37) comenta que *“una fila de datos consiste en datos recogidos que no han sido organizados numéricamente”* y la ordenación de estos datos *“es un conjunto de datos numéricos en orden creciente o decreciente. La diferencia entre el mayor y el menor se llama rango de ese conjunto de datos”*.

Ante lo anterior expuesto, a continuación se presentan los resultados obtenidos de las diferentes etapas de la estrategia didáctica aplicada a estudiantes de nivel secundaria en la asignatura de ciencias II (énfasis en física), cuya finalidad fue acercarlos por medio de diferentes actividades didácticas al MCEA (capítulo 4).

6.3 Interpretación de los resultados por etapas

En este apartado se presentan las fases que integraron la secuencia didáctica, así como su finalidad. Su aplicación se realizó en tres etapas, lo anterior para conocer los modelos generados por los estudiantes, dicha información obtenida fue considerada para interpretar y analizar los resultados obtenidos de la aplicación de la estrategia didáctica.

Las actividades didácticas que integraron la estrategia didáctica se diseñaron con los siguientes objetivos:

- **Etapas de exploración:** las actividades didácticas que integran esta etapa sirvieron para inferir y conocer el *modelo inicial* de los estudiantes sobre el fenómeno de conducción de calor.
- **Etapas de introducción de nuevos puntos de vista:** se diseñaron actividades didácticas en función de ir integrando elementos y relaciones necesarios para la *generación del modelo*.
- **Etapas de síntesis y aplicación:** en estas etapas se reafirmó el modelo construido en la etapa anterior, con la integración de los nuevos puntos de vista y se buscó integrar condiciones del MCEA con base en el fenómeno, con la aplicación de un experimento, para así conocer su *modelo final construido o logrado*, para a su vez, poder predecir y explicar otros fenómenos relacionados con el calor y transferencia de calor.

A continuación se presenta la interpretación de los datos de cada una de las etapas propuesta por Sanmartí (2002) que componen la secuencia didáctica para conocer los *modelos logrados* por los estudiantes sobre el fenómeno de conducción de calor y, así poder analizar y comparar el alcance logrado por el modelo postulado.

6.3.1 Etapa de exploración

En esta etapa primero se desarrollará una descripción de las actividades aplicadas, así como de la información obtenida a partir de los instrumentos aplicados, para finalmente inferir el *modelo inicial* en función al fenómeno de conducción de calor.

Las actividades que integraron a la etapa de iniciación y exploración se centraron en tres actividades fundamentales, pero sólo una en específico fue dirigida para recuperar información sobre el fenómeno de conducción de calor.

1. Aplicación del instrumento pre-cuestionario diseñado para conocer sus ideas previas y su modelo inicial (ver anexo 2).
2. Presentación de imágenes relacionadas a la conducción de calor (ver anexo 3).
3. Exposición de un experimento relacionado con la transferencia de calor dirigido a la conducción de calor (ver anexo 4).

A continuación se desarrollará y explicará, *lo que se hizo en clase, qué se obtuvo y/o qué se logró* en cada actividad didáctica (etapa), así como de los instrumentos diseñados para conocer los modelos de los estudiantes.

a) Primera actividad didáctica

¿Qué se hizo?

Como primera actividad didáctica se aplicó a los estudiantes un instrumento (pre-cuestionario), diseñado para inferir su *modelo inicial*. Las preguntas que integraron dicho instrumento son las siguientes:

1. ¿Conoces alguna o algunas formas en la que se transmite el calor? Sí es así explica cuáles y en qué consisten. Elabora un dibujo donde expliques lo que sucede.
2. ¿Qué sucede cuando colocas un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura? Y ¿qué ocurre cuando ponemos en contacto un objeto caliente con uno frío?

3. ¿Por qué crees que sucede lo que escribiste? Y trata de explicarlo mediante un dibujo.

Estas preguntas fueron pensadas en función de modelos, es decir, cada pregunta debería tener una finalidad o fin específico. A continuación presento la categorización que se realizó en función de lo antes descrito.

La pregunta número 1 corresponde a conocer los **elementos** que los alumnos tienen presentes con respecto a la transferencia de calor (conducción de calor) y de allí poder identificar los tipos de cuerpos u objetos que ellos menciona en relación al estado de la materia (sólidos o fluidos). Recordemos que los elementos presentes en el MCEA son los siguientes:

- Partículas (materia)
- Cuerpos 1 y 2 (sólido)
- Energía o energía térmica (caliente o frío)
- Temperatura (alta y baja)

La pregunta número 2 se ideó en función de conocer las **relaciones** que se establecen cuando ponemos en contacto dos cuerpos a diferentes temperaturas, estas relaciones fueron pensadas en consideración al MCEA el cual está integrado por las siguientes relaciones:

- Interacción (partículas y energía).
- Energía cinética (movimiento) esta relación se da entre objetos y la energía térmica de cada cuerpo u objeto.

Esta pregunta permitió conocer cómo relacionan los estudiantes a los elementos propuestos como son dos cuerpos a diferentes temperaturas. Los resultados obtenidos de la aplicación se presentan más adelante.

La pregunta 3 corresponde a la manifestación previa de las **relaciones** que se pudieran presentar en la pregunta 1 y esta pregunta también permite conocer las **condiciones** que tienen presente los alumnos. Además se les pidió a los estudiantes que realizarán un dibujo, ya que es común que ellos se expresen mejor de forma gráfica

que de manera escrita. Esta pregunta está relacionada con el MCEA el cual presenta las siguientes condiciones necesarias para que se presente el fenómeno:

- **Medio estacionario:** sin desplazamiento de partículas y por lo tanto sin intercambio de materia.
- **Diferencia de temperatura:** es una condición muy importante ya que la conducción ocurre del cuerpo que tiene la temperatura mayor al cuerpo de temperatura menor.
- **Contacto directo:** entre los cuerpos (al menos dos).

Una vez presentada la información con respecto a lo que se hizo para recabar información sobre el diseño del pre-cuestionario y para conocer el modelo o modelos iniciales de los estudiantes (referentes al fenómeno de conducción de calor), a continuación se presenta la información obtenida del instrumento (pre-cuestionario).

¿Qué se obtuvo?

En este apartado se presentan los resultados obtenidos de las preguntas 1, 2 y 3 (ver anexo 2) el cual fue aplicado previo a la enseñanza sobre conducción de calor.

Antes de presentar los resultados obtenidos, se muestra la forma en la cual se interpretaron y analizaron los datos de las respuestas arrojadas por el instrumento (pre-cuestionario). Para lo cual realicé una clasificación de respuestas correctas, casi correctas o incompletas, respuestas incorrectas y respuestas en blanco. Recordemos las preguntas:

Pregunta 1:

¿Conoces alguna o algunas formas en la que se transmite el calor? Si es así explica cuáles y en qué consisten. Elabora un dibujo donde expliques lo que sucede.

El objetivo de esta pregunta como se mencionó anteriormente, fue conocer los **elementos** de su modelo inicial referente a la transferencia de calor y así poder determinar si éstos tienen relación con la conducción de calor. A partir de esta pregunta se obtuvieron los siguientes resultados presentes en la tabla 6.4.

Tabla 6.4 Respuestas de los estudiantes correspondiente a la pregunta 1 (pre-cuestionario).

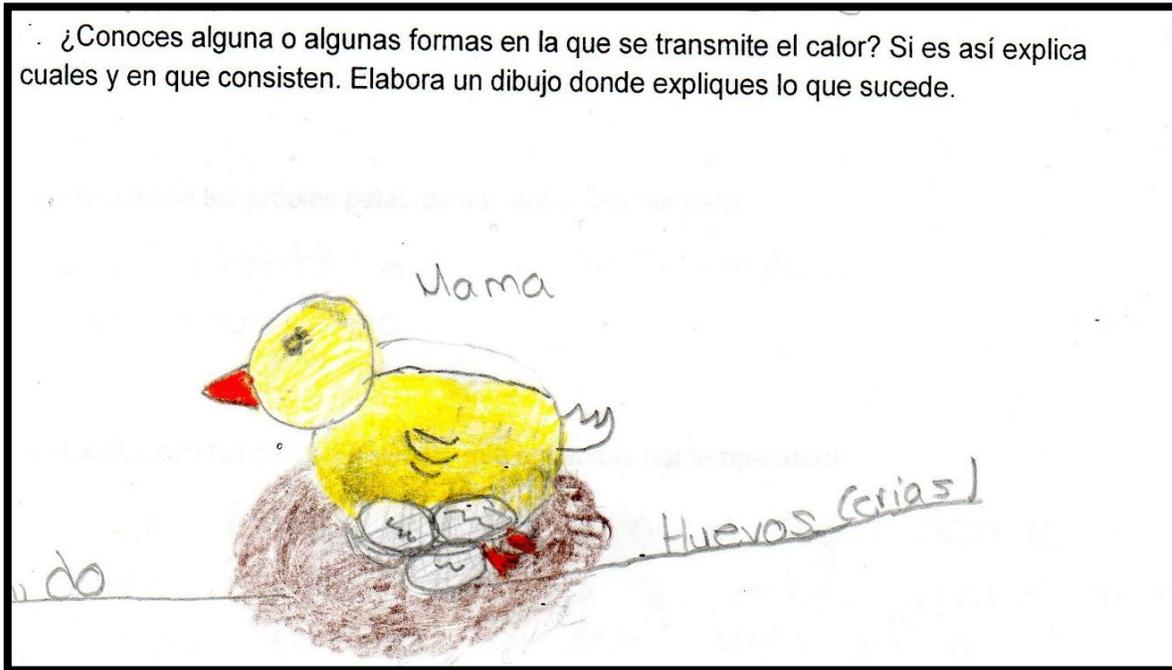
Tipo de respuesta	Frecuencia (N=36)
a. Correctas	0/36
b. Casi correctas o incompletas	24/36
c. Incorrectas	12/36
d. En blanco	0/36

Como se puede apreciar en la tabla 6.4 en la clasificación de respuestas correctas, la respuesta sería la siguiente: *“Las formas en las cuales se transmite el calor son tres: conducción, convección y radiación”*. Por ejemplo: *“la conducción de calor se transfiere en cuerpos (dos) sólidos debido a la vibración de partículas cuando están en contacto directo, siempre que exista una diferencia de temperatura”*. Este tipo de respuesta sería la correcta, pero para poder dar una explicación como ésta se necesita de la enseñanza de contenidos específicos para integrar **elementos, relaciones y condiciones** que se postulan en el MCEA.

Tal como se observa en las respuestas casi correctas o incompletas, en la cual se presentan algunos ejemplo de los estudiantes, decidí no clasificarlas como respuestas incorrectas porque a pesar de no presentar una respuesta semejante a la señalada en el párrafo anterior, para la mayoría de los estudiantes, el calor se transfiere por medio del sol o de alguna otra fuente de calor (fogata, vela, encendedor); lo anterior representa *la forma* en la perspectiva de los estudiantes con respecto a la transferencia de calor por radiación.

Otra respuesta común es la presencia de dos o más de dos cuerpos en contacto ya sea entre dos humanos o con un objeto (cobija) o manos, también aparece la relación entre un fluido (olla con agua hirviendo) y un objeto sólido. En relación con lo anterior, a continuación se presenta un ejemplo de respuesta incompleta de un estudiante a la pregunta 1 (pre-cuestionario):

Figura 6.5 Relación del calor con seres vivos (ejemplo tomado del pre-cuestionario).



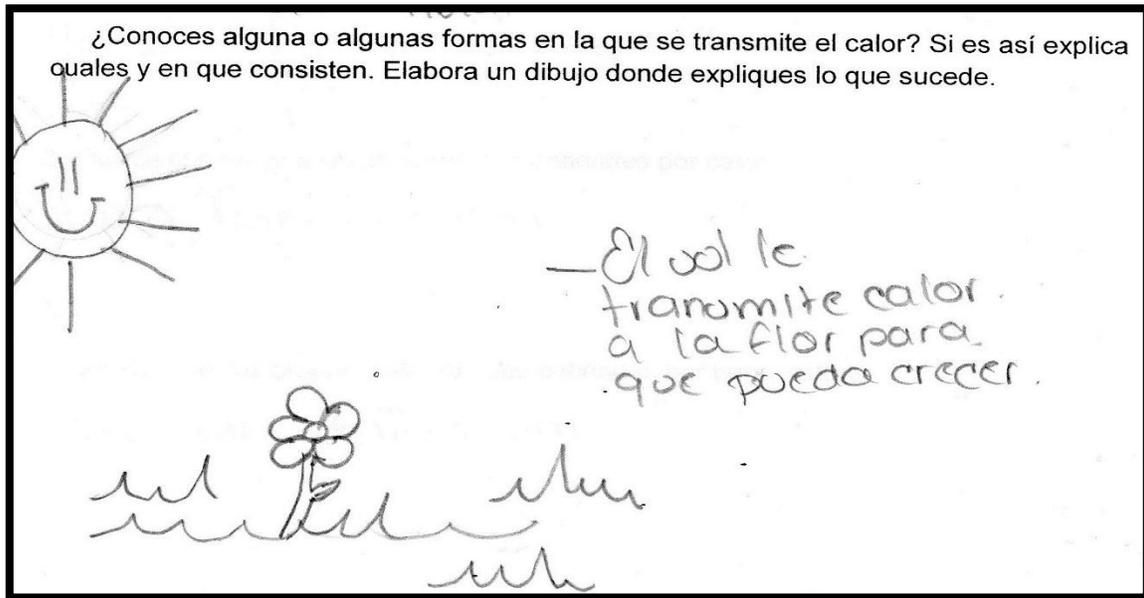
El ejemplo anterior descrito (figura 6.5) del estudiante número 1, representa la relación entre el objeto (huevos o crías) con la fuente que produce calor (mamá gallina), sin embargo no sabe lo que ocurre entre ellos (fuente y objeto).

Este tipo de respuesta se presentó frecuentemente durante la aplicación del pre-cuestionario, al respecto y de acuerdo con Erickson (1989:96) estos ejemplos expresados, *“son los primeros principios de la noción de transferencia de calor y del reconocimiento de la cualidad de calor como propiedad de los objetos que pueden ser alterados”*.

Otros resultados encontrados fue la relación del calor con la fuente generadora, para los estudiantes el calor procede de una fogata o flama, así como del Sol o de sus rayos.

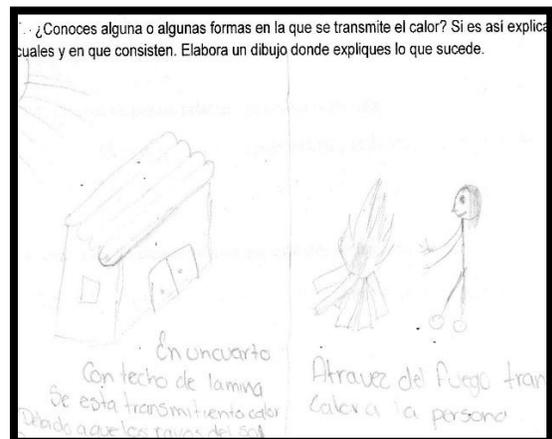
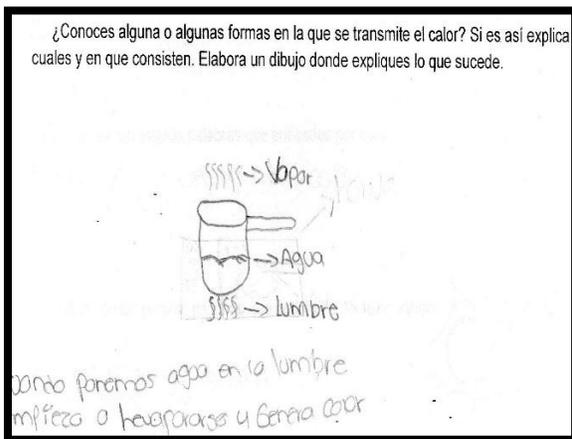
Un ejemplo que se encontró en el primer instrumento (pre-cuestionario) que representa lo anterior es el siguiente, el alumno número 14 respondió: *“El sol le transmite calor a la flor para que pueda crecer”* (ver figura 6.6).

Figura 6.6 Ejemplo de relación fuente-objeto (tomado del pre-cuestionario).



En algunas de las respuestas a esta pregunta se encontraron expresiones en las que se suele identificar al calor como una sustancia como: “vapor”, “rayos” u “onda” (ver tabla 6.7).

Tabla 6.7. Ejemplos de expresiones de calor (tomado del pre-cuestionario)



Erickson (1989:97) argumenta que esto es posible por las observaciones directas de algunos fenómenos relacionados con la transferencia de calor (por ejemplo, la aparición

de “ondas de calor”, o de “vapores” que se elevan de un tostador eléctrico o del pavimento en un día caluroso) o de las expresiones lingüísticas comunes.

Con respecto a la pregunta número 2 del instrumento (pre-cuestionario), encontré lo siguiente:

Pregunta 2:

¿Qué sucede cuando colocas un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura? Y ¿qué ocurre cuando ponemos en contacto un objeto caliente con uno frío?

De esta pregunta se obtuvieron las siguientes respuestas que se presentan en la tabla 6.8:

Tabla 6.8 Respuestas de los estudiantes correspondiente a la pregunta 2 (pre-cuestionario).

Tipo de respuesta	Frecuencia (N=36)
a. Correctas	0/36
b. Casi correctas o incompletas	0/36
c. Incorrectas	36/36
d. En blanco	0/36

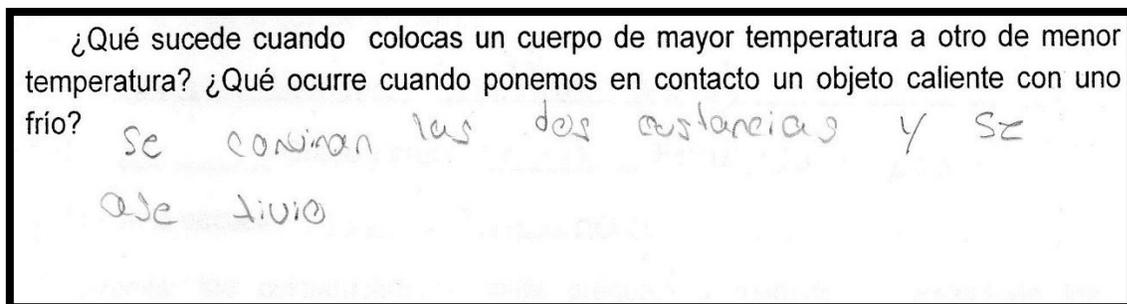
Se consideró como respuesta correcta lo siguiente: “*se transfiere energía del cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura, debido a la interacción entre las partículas (energía cinética)*”. Se consideraron respuestas incompletas o casi completas, a aquellas que mencionaran la existencia de alguna transferencia de energía o movimiento en las partículas que contienen los cuerpos.

Al revisar cada una de las respuestas de los estudiantes no se logró distinguir alguna respuesta que fuera correcta o casi correcta, por lo se identificaron como incorrectas ya que las respuestas de los alumnos hacían referencia a lo “*tibio*” o “*se mezclan*”, “*se derriten*” o “*quedan a temperatura normal*” o “*temperatura media*”.

Para el análisis de las respuestas a esta pregunta partí de lo propuesto por Erickson (1989:99) al asegurar lo siguiente: *“prácticamente todos los alumnos son conscientes de que un objeto caliente es capaz de “calentar” otro más frío cuando entran en contacto directo”*. Al analizar las respuestas de los estudiantes lo pude comprobar, pero lo que no aparece en sus respuestas es la causa que provoca ese contacto entre dos objetos a diferentes temperaturas. Lo cual indica que para la mayoría de los estudiantes que contestaron la pregunta hacen referencia a que “algo pasa” hay un *“movimiento del calor”* desde un objeto a otro. Lo anterior sin saber la(s) causa(s) que lo provoca(n). También se pudo comprobar que de acuerdo con la literatura especializada (Erickson 1989) “los estudiantes utilizan la noción de calor como sustancia de manera generalizada para dar cuenta de este fenómeno de transferencia de calor (conducción)”. Esto se puede comprobar con el ejemplo del estudiante número 21.

A continuación se presentan ejemplos de algunas respuestas de los estudiantes correspondientes a la pregunta 2:

Ejemplo de estudiante número 21:



Como puede observarse en el ejemplo anterior, la respuesta del estudiante #21 hace referencia a identificar el calor como una sustancia, ya que al referirse a “se convinan las dos sustancias” o “se derrite”. Considero que lo anterior tiene que ver con la idea que tienen los estudiantes con relación a la teoría del calórico. Al respecto Domínguez, et al., (1996) mencionan que lo anterior tienen su origen en antiguas teorías del calor, llevando al estudiante a creer que el calor es algo que se puede almacenar, transferir de un cuerpo a otro, o que pasa de una parte a otra de un mismo objeto como un ente material o fluído misterioso. En ese mismo sentido Machado y Martínez (1994:375)

argumentan que en relación a la teoría del calórico (calor como fluido) se considera como un paradigma superado, pero las confusiones persisten en las ideas previas que tienen los estudiantes, ya que se continúa utilizando algunos de los términos que son característicos de esta teoría. Lo anterior lo pude comprobar al preguntar al estudiante lo que sucede cuando dos objetos se ponen en contacto a diferentes temperatura o variación de la temperatura.

Otros ejemplos demuestran lo anterior, como es el caso de los estudiantes #20, 22 y 24:

¿Qué sucede cuando colocas un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura? ¿Qué ocurre cuando ponemos en contacto un objeto caliente con uno frío?

1º pues el de mayor temperatura calienta al de menor temperatura.
2º el objeto frío con el calor se derrite o lo vuelve tibio luego caliente.

Ejemplo de estudiante #22:

¿Qué sucede cuando colocas un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura? ¿Qué ocurre cuando ponemos en contacto un objeto caliente con uno frío?

Porque un objeto caliente tiene un calor invisible que el frío y el objeto caliente absorbe o desconfía el objeto con menor temperatura

Ejemplo de estudiante #24:

¿Qué sucede cuando colocas un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura? ¿Qué ocurre cuando ponemos en contacto un objeto caliente con uno frío?

se entivia, no esta caliente pero tampoco esta frio

En los ejemplos anteriormente descritos se puede notar que los estudiantes no tienen claro lo que ocurre cuando dos cuerpos a diferentes temperaturas entran en contacto, y para ellos sólo existe la visión macroscópica de la transferencia de calor, al mencionar que “se entibia, se nivela la temperatura”. Al respecto Bañas, Mellado y Ruiz (2004:306) mencionan que los estudiantes no tienen claro cuáles pueden ser los efectos de una transferencia de energía por medio del calor, ni en general acerca de la propagación del calor.

En ese mismo sentido lo que se buscaba con esa pregunta, como mencione anteriormente, era detectar las **relaciones** presentes en los estudiantes referentes a lo que pasa internamente cuando están en contacto dos cuerpos a diferentes temperaturas. Al respecto Bañas, et al., (2004:307) comentan que los estudiantes con relación a la temperatura, tienden a confundirla e identificarla con calor, ya que según ellos, la transferencia de energía por medio del calor no depende de la composición material de los cuerpos que intervienen y, la temperatura que alcanzan es la misma. Los estudiantes presentan ideas alternativas en relación a las variables que condicionan el aumento o disminución de temperatura.

A continuación presento la última pregunta del instrumento (pre-cuestionario) siguiendo con el mismo proceso de análisis de las preguntas anteriores.

Pregunta 3:

¿Por qué crees que sucede lo que escribiste? Y trata de explicarlo mediante un dibujo.

De esta pregunta se obtuvieron las siguientes frecuencias (ver tabla 6.9).

Tabla 6.9 Ejemplos de respuestas de los estudiantes correspondiente a la pregunta 3 (pre-cuestionario).

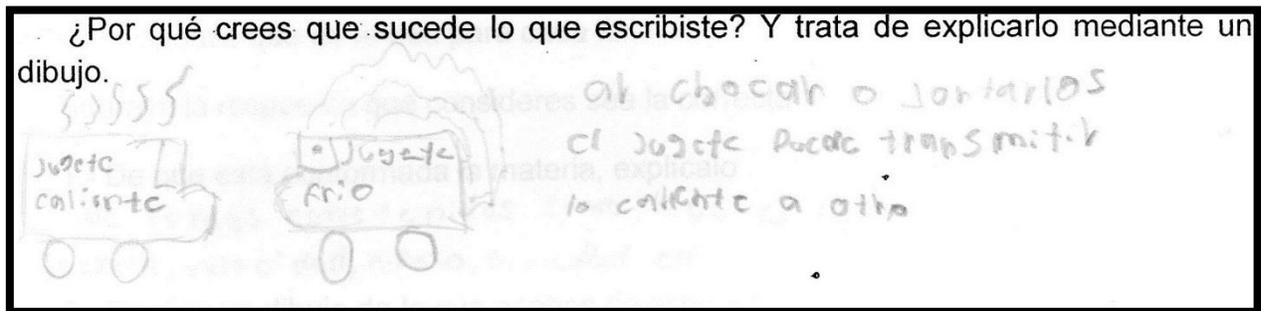
Tipo de respuestas	Frecuencias (N=36)
a. Correctas	0/36
b. Casi correctas o incompletas	0/36
c. Incorrectas	14/36
d. En blanco	22/36

De la tabla anterior (6.9), se llevó a cabo una clasificación de las respuestas de los estudiantes en respuestas correctas, casi correctas o incompletas, incorrectas y en blanco. A partir de los resultados, se puede observar que 22 de 36 repuestas no fueron contestadas. Se consideró como respuesta correcta a aquella que pudiera dar indicios de **relaciones** y **condiciones** acerca del fenómeno a modelizar.

Consideré como una respuesta correcta a la manifestación *de por lo menos una **condición** postulada en el MCEA, dentro de las cuales debería aparecer: diferencia de temperatura o cuerpos en contacto (del de mayor temperatura al de menor temperatura)*. Como respuesta incompleta se consideró alguna manifestación de la respuesta antes planteada, pero al no encontrar alguna respuesta que diera lugar a la categoría de incompleta o casi correcta, se clasificaron dentro de la categoría de incorrectas.

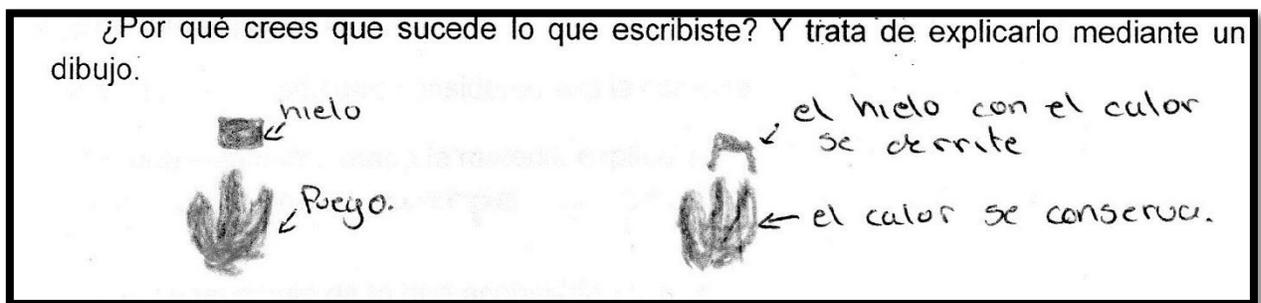
A continuación presento algunos ejemplos representativos de la pregunta número 3 aplicada a estudiantes, siguiendo los planteamientos de las preguntas 1 y 2 del instrumento (ver anexo 2):

Estudiante #22:



En este ejemplo se puede apreciar que el estudiante #22 describe su dibujo y hace referencia a que al “chocar o juntar” los juguetes se transmite lo “caliente” al otro juguete. Él considera que los dos juguetes tienen temperaturas diferentes (caliente y frío).

Estudiante #20:



El ejemplo anterior descrito por el alumno #20 hace referencia a dos objetos, un cubo de hielo y el fuego, ejemplo presente en la mayoría de las respuestas de los estudiantes para esta pregunta. La explicación que se da al respecto, es que el cubo de hielo con el calor se derrite, pero no explica nada más, es decir, *¿qué lo provoca?* y se refiere al fuego como fuente de calor (la cual se conserva). Lo anterior coincide con el origen de la antigua teoría que se tiene sobre la conservación del calor propuesta por Black (Machado y Martínez, 1994).

Por otro lado, los siguientes ejemplos fueron seleccionados porque presentan una **condición** importante que postula el MCEA, ejemplo parecido a la respuesta del estudiante #22, quien menciona “cuerpos en contacto, del frío al caliente”, pero no

explica lo que ocasiona ese contacto. Lo anterior se puede observar en los siguientes ejemplos:

Estudiante #4:

¿Por qué crees que sucede lo que escribiste? Y trata de explicarlo mediante un dibujo.

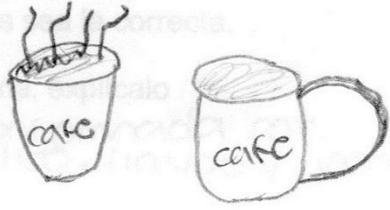


el hPelo se derriete al tener contacto con el calor

Estudiante #7:

¿Por qué crees que sucede lo que escribiste? Y trata de explicarlo mediante un dibujo.

porque siendo uno el mas frio y el otro caliente solo cambian por el contacto.



Estos ejemplos hacen mención a que *algo pasa en la temperatura*, pero siguen sin explicar qué se necesita o cómo ocurre esa interacción entre los cuerpos u objetos que dibujan o mencionan los estudiantes siguientes:

Estudiante #18:

¿Por qué crees que sucede lo que escribiste? Y trata de explicarlo mediante un dibujo.

Hielo

Aumenta la temperatura y pasa de ser un solido a un liquido

Fuego

Reduce momentaneamente la temperatura, hay desequilibrio

Estudiante #13:

¿Por qué crees que sucede lo que escribiste? Y trata de explicarlo mediante un dibujo.

Sarten caliente

agua fria

Al momento que el agua llega en contacto con el Sarten éste hace que salga vapor por el estado gaseoso

agua caliente

Se obtiene un agua tibia ya que se invierten uno disminuye su temperatura y la otra aumenta

Estudiante #14:

¿Por qué crees que sucede lo que escribiste? Y trata de explicarlo mediante un dibujo.

agua caliente + agua tibia = agua caliente

agua caliente + agua fria = agua tibia

→ Ocorre por que uno esta mas caliente que la otra.

→ Ocorre por que los 2 estan a una temperatura diferente.

Como se puede observar en los ejemplos anteriores, los estudiantes tratan de dar una explicación a lo que ocurre cuando dos cuerpos a diferentes temperaturas (de la

temperatura mayor a la temperatura menor) están en contacto, en las respuestas aparecen: “aumento de temperatura, desequilibrio, reduce la temperatura, temperatura diferente” y el estudiante #23 menciona “al momento que hagan contacto”, pero sin mencionar qué lo provoca.

A continuación se presentan las frecuencias obtenidas de los resultados del cuestionario, se consideraron las categorías para hacer la clasificación de los datos encontrados, para lo cual realicé una matriz de respuestas para cada pregunta (ver anexos 5 y 6).

De los resultados se obtuvieron las siguientes frecuencias (ver tabla 6.10).

Tabla 6.10 Frecuencias de datos del pre-cuestionario.

Elementos	Frecuencia	Relaciones	Frecuencia	Condiciones	Frecuencia
-Cuerpos (1 o más de 2) Ejemplos: personas, algo y dos o más	22/36	Temperatura	8/36	-Contacto (el frío al caliente o el caliente al frío)	4/36
-Objetos o materiales Ejemplos: cobija, sartén, hielo, casa, vasos, etc.	26/36	-Tibio	7/36	-Aumento de temperatura	1/36
-Temperatura	2/36	-Descongela y derrite	10/36	-Temperatura diferente	2/36
-Calor Ejemplos: calor transmitido o calor corporal	12/36	-Choque de temperaturas	2/36	-Cambio de estado (sólido a líquido)	1/36
-Fuente de calor: todos mencionan por lo menos una fuente que lo genera. Ejemplos: Sol o rayos del sol, microondas, ondas, fricción, fuego, flama, vapor	15/36	-Se transmite o transforma	5/36	-Desequilibrio	1/36
		-Contacto	5/36	-El sol o lo caliente	2/36
		-Se combinan	2/36	-Debe haber calor	2/36
		-Otros Calor inverso, frotamiento, calor, consume, evapora, rapidez	6/36		

Como se puede apreciar en la tabla 6.4 (frecuencias obtenidas) se analizó y codificó la información obtenida de cada respuesta del cuestionario aplicado y, una vez que se clasificó la información se destacan los siguientes aspectos:

- En las respuestas se pudo detectar que, 13 estudiantes sí presentaron **condiciones**.
- Con respecto a la fuente de calor o energía, 15 de 36 estudiantes mencionan una fuente como **elemento**, ya que ésta se relaciona con un cuerpo u objeto.
- En general, los estudiantes hacen mención en sus respuestas a dos o más cuerpos, éstos pueden ser un cuerpo u objeto y una fuente de energía.
- Lo anterior, tiene que ver con la **relación** que establecen los estudiantes un material (fogata) el cual está en contacto con algún(os) cuerpo(s).
- Otro aspecto que considero importante resaltar de los resultados, es la presencia del Sol o sus rayos, identificado(s) como **elemento y condición**.
- Por último, en los resultados 23 estudiantes no presentan **condiciones** en su modelo.

De la información anterior se pudieron inferir dos modelos iniciales que a continuación se presentan (ver tablas 6.11 y 6.12):

Tabla 6.11 Modelo inicial inferido 1 (Mi1).

Elementos	Relaciones	Condiciones
-Cuerpos (personas 1 o más de dos) -Materiales u objetos (interacciones) -Temperatura -Calor o calor corporal Fuentes de energía (Sol o Rayos de Sol y fogata)	-Temperatura y calor (sustancia) (objetos –cuerpos) -Se derrite o descongela (temperatura-calor)	-Debe haber un contacto (entre el frío- caliente y caliente-frío) -Desequilibrio, cambio (temperaturas) -Cambio de estado

Lo anterior se puede apreciar en la siguiente figura que ejemplifica el modelo inicial inferido 1 (Mi1), modelo presente en 13 estudiantes (ver figura 6.12).

Figura 6.12 Modelo inicial inferido 1 de transferencia de calor.



Este primer modelo (Mi1) hace alusión a la idea que tienen los alumnos con respecto a la transferencia de calor, pero se puede ver que no es específico para la conducción de calor. Para ellos los **elementos** presentes en su modelo son cuerpos o personas que “se pasan calor o temperatura” (o se transfieren), también existe una interacción entre las personas y algunos materiales que los rodea como una fogata, un sartén, un cubo de hielo). En cuanto a las **relaciones**, ellos identifican a la temperatura y al calor como sustancias ya que para ellos “pasa o se derrite” como se mencionó anteriormente. Y para las **condiciones** aparece que debe haber algún contacto entre los cuerpos o el cuerpo y un material, ya sean fríos o calientes. Lo cual coincide con el modelo propuesto de la revisión de la literatura especializada (ver modelo explicativo inicial).

Al respecto, Erickson (1989:95-97) comenta que la mayor parte de los estudiantes equiparan la idea de calor a la cualidad de caliente de un cuerpo o sustancia y lo describen como procediendo de una fuente de calor. Entonces llegan a hacerse conscientes del movimiento que se produce desde la fuente al objeto. Así como del

proceso de calentamiento y de enfriado y tienden a hablar del “calor” en relación con la representación del “estado de calor” de un cuerpo dentro de un continuo que va del frío al calor, por tal motivo muchos alumnos inventan la entidad de “frío” como contrapartida de “calor”.

El siguiente modelo inferido 2 (Mi2) es diferente al anterior en cuanto a las **relaciones** y **condiciones**, y considero está enfocado a un modelo inicial que tiene que ver con la transferencia de calor por radiación, aunque los **elementos** no tienen relación con ello, pero las **condiciones** que presenta hacen alusión a la presencia del Sol o altas temperaturas. Este modelo lo presentaron 23 estudiantes (ver tabla 6.13).

Tabla 6.13 Modelo inicial inferido 2.

Elementos	Relaciones	Condiciones
-Materiales u objetos (sólidos, líquidos y gases)	-Calor invertido -Choque de temperatura -Contacto (no directo) (material y fuente)	-Debe haber calor -Rayos de Sol o Sol -Alta temperatura

Lo anterior se puede observar en la siguiente figura 6.14, donde se representa visualmente el modelo inicial inferido 2 (Mi2) referente a la transferencia de calor por radiación.

Figura 6.14 Modelo inicial inferido 2. Radiación de calor.



Este modelo inicial inferido 2 (figura 6.14) hace referencia más al clima o condiciones que tienen que ver con materiales, sin contacto directo con otros materiales y fuentes de energía, es decir para los estudiantes, la transferencia de calor también proviene del Sol o de una fuente con alta temperatura. Este modelo hace alusión a la transferencia de calor por radiación ya que en los dibujos realizados por los alumnos la mayoría dibujaba como fuente de calor al Sol y éste interactuaba con otros materiales (ver figura 6.6).

Con estos resultados se comprueba lo que comenta Erickson (1989:95): *“los alumnos tienden a relacionar el calor con los seres vivos, con las fuentes de calor, con el grado de calor de un objeto y con los efectos de calor sobre los objetos, como los cambios de fase y la expansión”*.

A continuación se revisará lo que *se hizo y se logró* en las siguientes actividades didácticas.

b) Segunda actividad didáctica

La segunda actividad didáctica fue enfocada para abordar el tema de termorreceptores, y la energía térmica. Se colocaron en el pizarrón dos imágenes grandes relacionadas con la conducción de calor (ver anexo 3). En esta actividad hubo participación por parte de los estudiantes al discutir lo que veían en las imágenes y de allí, hablar de los temas antes mencionados que se presentan en la secuencia de contenidos (ver capítulo 5).

c) Tercera actividad didáctica

Como tercera actividad didáctica, se realizó una actividad experimental titulada ¿cómo puedes colocar papel sobre el fuego sin que arda? (ver anexo 4). Ésta logró interesar a los estudiantes con el tema de transferencia de calor y capacidad calorífica. La mayoría de los estudiantes presentes en el aula, participaron activamente compartiendo sus ideas respecto a la actividad experimental.

El procedimiento de esta actividad fue interesante, ya que a pesar de no estar directamente ligada al fenómeno de conducción de calor, se logró rescatar datos importantes presentes en los modelos iniciales inferidos 1 y 2 (ver tablas 6.11 y 6.13).

Para la realización de la actividad experimental se solicitó a un alumno que mojara la hoja (cartulina) y la pusiera al fuego, y observara lo que le sucedía a la hoja. Lamentablemente para el registro de la actividad el tiempo no fue el suficiente, ya que no se alcanzó a terminar la hoja de registro. Aunque se logró aplicar una hoja de registro POE donde lo que se destaca son las explicaciones que dieron los estudiantes ante el experimento antes mencionado (ver tabla 6.15)

Tabla 6.15 Frecuencia de datos de POE (explicación).

Elementos	Frecuencia	Relaciones	Frecuencia	Condiciones	Frecuencia
-Cuerpo 1 (sólido)	26/36	-Se pasa el calor	7/36	No presentan	
-Material (fuego y agua)	24/36	-Fluye	2/36		
-Frío y caliente	2/36	-Transmite calor	10/36		
-Moléculas (juntas)	1/36	-Cedió calor	2/36		
		-Quita el calor	2/36		

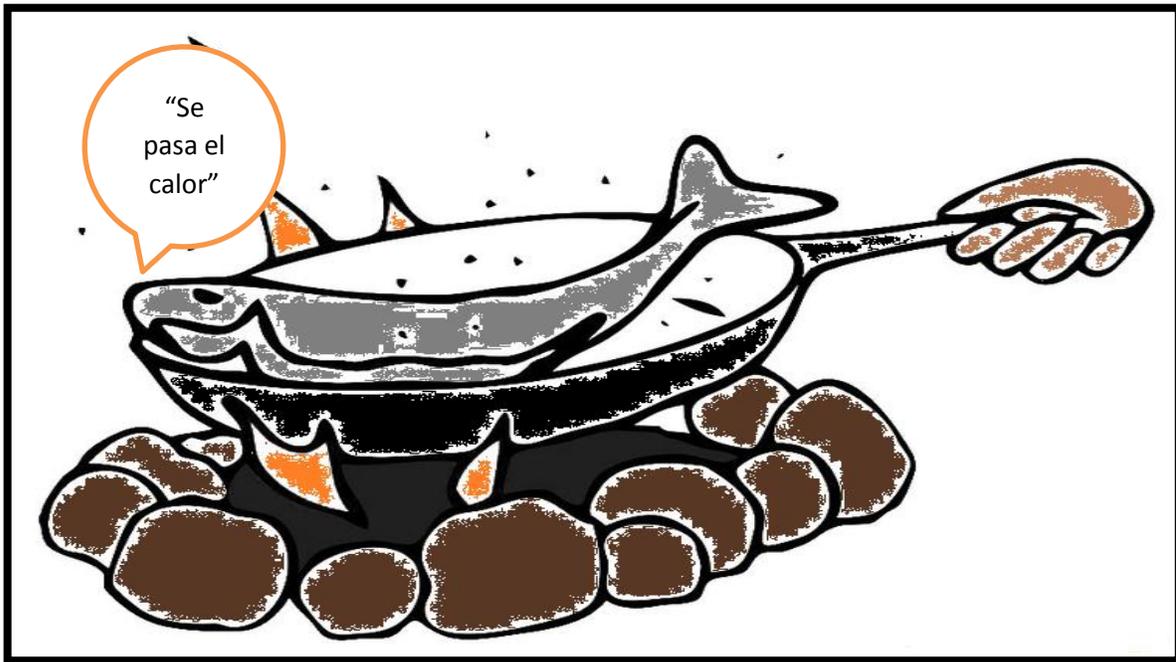
Como se puede observar en la tabla 6.15 se presentaron las frecuencias de los resultados obtenidos de la matriz de datos (ver anexo 7), en la cual no aparecen **condiciones**. Para apreciar con detalle lo planteado por los resultados, a continuación se presenta una tabla sobre el modelo generado (modelo inicial inferido 3 –Mi3-) con esta actividad (ver tabla 6.16).

Tabla 6.16 Modelo inicial inferido 3 (Mi3).

Elementos	Relaciones	Condiciones
Cuerpo 1 Material (fuente de energía) Moléculas Frío y caliente	Transmite el calor o se pasa el calor Fluye Cedió calor Quita el calor	No presenta

Lo anterior se puede apreciar en el siguiente dibujo donde se representan de manera general, los **elementos** y **relaciones** encontradas en la tabla 6.15 referente al modelo inicial inferido 3 (Mi3). Recordemos que este modelo no presenta **condiciones** (ver figura 6.17).

Figura 6.17 Modelo inicial inferido 3 sobre transferencia de calor.



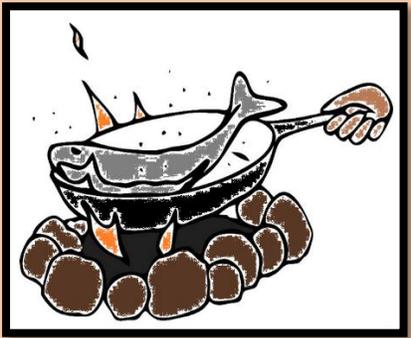
Del análisis de la figura 6.17 se comprueba que aún persisten las ideas de identificar al calor como sustancia, al mencionar la relación de que “fluye” pese a que fue una actividad diferente. La idea de identificar al calor como una sustancia que fluye, tiene su origen en la teoría del calórico, como lo señala la literatura especializada de la historia de la Física (Holton, 1989).

Un aspecto importante que considero importante mencionar es la idea que tienen algunos estudiantes con respecto al concepto de “frío”, ya que algunos piensan o lo relacionan con la ausencia de calor, por lo tanto, para los estudiantes es una consecuencia del calor, y no de un fenómeno independiente relacionado con la temperatura. En este sentido, es pertinente mencionar que de acuerdo con la literatura especializada frío “es aquel cuerpo que tiene un temperatura baja” (Tiberghien, 1988).

Otra categoría importante que se fue presentando en el transcurso de la construcción de los modelos inferidos, particularmente de esta etapa, fue la visión de los estudiantes en cuanto a sus explicaciones, en función de las explicaciones micro y macroscópicas. De lo cual se puede decir que, para esta primera etapa de construcción de *modelos iniciales*, se identifica que efectivamente la visión de los estudiantes es macroscópica en general, ya que ellos no relacionan las formas de transferencia de calor como es el caso de la conducción de calor, pero sí presentan ideas con respecto a calor, temperatura y transferencia de calor; aunque en este trabajo no se abordó específicamente algún modelo relacionado directamente con temperatura, pero sí con la conducción de calor.

Una de las prioridades de esta etapa fue la aplicación de un instrumento que permitiera dar a conocer el modelo o los modelos que tienen los estudiantes sobre el fenómeno a modelizar. A continuación se presentan los modelos iniciales inferidos en esta etapa de exploración (ver tabla 6.18).

Tabla 6.18 Comparación de los modelos construidos en la etapa de exploración.

Modelos (etapa de exploración)	Representación gráfica	Elementos	Relaciones	Condiciones
Modelo inicial inferido 1 (Mi1)		<ul style="list-style-type: none"> -Cuerpos (personas 1 o más de dos) -Materiales u objetos (interacciones) -Temperatura -Calor o calor corporal Fuentes de energía (Sol o rayos de Sol y fogata) 	<ul style="list-style-type: none"> -Temperatura y calor (sustancia – objetos – cuerpos) -Se derrite o descongela (temperatura-calor) 	<ul style="list-style-type: none"> -Debe haber un contacto (entre el frío-caliente y caliente-frío) -Desequilibrio, cambio (temperaturas) -Cambio de estado
Modelo inicial inferido 2 (Mi2)		<ul style="list-style-type: none"> -Materiales u objetos (sólidos, líquidos gases) 	<ul style="list-style-type: none"> -Calor invertido -Choque de temperatura -Contacto (no directo) (material y fuente) 	<ul style="list-style-type: none"> -Debe haber calor -Rayos de Sol o Sol -Alta temperatura
Modelo inicial inferido 3 (Mi3)		<ul style="list-style-type: none"> -Cuerpo 1 -Material (fuente energía) de -Moléculas -Frío y caliente 	<ul style="list-style-type: none"> -Transmite el calor o se pasa el calor -Fluye -Cedió calor -Quita el calor 	<ul style="list-style-type: none"> No presenta

De lo anterior (tabla 6.15) se puede concluir lo siguiente, los estudiantes en esta primera etapa no relacionan el movimiento (interacción) o lo que ocurre cuando dos o más de dos cuerpos están en contacto, tampoco se piensa a nivel de partículas o

moléculas y respecto a la temperatura cuando se relaciona con un gradiente de temperatura, es decir: *¿Qué le ocurre al cuerpo? ¿Por qué se calienta?*

Ante los planteamientos anteriores, a continuación se presentan las actividades correspondientes a la etapa introducción de nuevos puntos de vista, con la cual se pretende que con estas nuevas actividades didácticas y secuencia de contenidos, se proporcionen argumentos suficientes para que los estudiantes respondan a las cuestiones antes comentadas, las cuales deberán estar presentes en sus modelos alcanzados.

6.3.2 Etapa de introducción de nuevos puntos de vista

En esta etapa se realizaron actividades en dos sesiones, la primera actividad se trabajó en el laboratorio escolar y la segunda en el salón de clases.

a) Primera actividad didáctica

La actividad realizada se titula *¿es calor o es temperatura?*, en la cual se pretendía introducir nuevos puntos de vista referentes a la comprensión del fenómeno de conducción de calor.

¿Qué hice?

Para esta actividad se utilizaron tres vasos de precipitados y un termómetro en escala Celsius, así como agua a diferente temperatura (ver anexo 8). Se trabajó en el laboratorio escolar. Para esta actividad experimental, no se contó con suficiente material de laboratorio para cada mesa por lo que se decidió trabajarla como un experimento ilustrativo (Caamaño, 2003). Por lo tanto, se les pidió a los alumnos que se acercaran a la mesa del profesor para así hacer más práctica e interactiva la clase.

¿Qué se logró?

Con esta actividad se logró diferenciar los conceptos calor y temperatura resultando ésta última como una medida, para lo cual se abordó, al inicio de la clase, la teoría

cinética molecular, donde se puntualizó en los cuerpos sólidos, y la forma en la que están acomodadas las partículas; para así hacer más entendible el concepto de temperatura. Con respecto al calor, se estableció que era una forma de energía la cual se podía transferir de un cuerpo a otro, y se mencionó que existen tres formas por medio de las cuales se puede transferir el calor: conducción, convección y radiación. Posteriormente, se realizó un cuadro sinóptico en el pizarrón donde un alumno anotaba el acuerdo de la clase. También se habló de equilibrio térmico, concepto que fue mencionado por los estudiantes al preguntar qué era lo que pasaba cuando se igualaban las temperaturas de los vasos de precipitados.

a) Segunda actividad didáctica

¿Qué se hizo?

Para la siguiente actividad se utilizaron diferentes materiales donde se les solicitó a los estudiantes que trabajaran en equipo para realizar la actividad experimental. El instrumento aplicado para conocer su modelo intermedio, fue por medio de POE y se contestó de manera individual (ver anexo 9).

Para este instrumento POE la recolección de datos se llevó a cabo en dos partes, es decir, de la predicción se obtuvo un modelo intermedio al cual se le llamó modelo intermedio 1 (Mi1P) y modelo intermedio 2 (Mi2P) que se obtuvieron de la explicación de la actividad. Lo anterior fue realizado por medio de un experimento relacionado con la conducción de calor.

¿Qué se logró?

A continuación se presenta la interpretación de los datos obtenidos de la primera etapa de la aplicación del POE que corresponde a la predicción, de la cual se obtuvieron las siguientes frecuencias clasificadas en las categorías de análisis de la información (ver tabla 6.19).

Tabla 6.19 Frecuencias de datos del modelo intermedio POE (predicción).

Elementos	Frecuencia	Relaciones	Frecuencia	Condiciones	Frecuencia
-Mantequilla (sólido)	31/36	-Derretir	34/36	-Transmisión o propagación de calor	4/36
-Alambre (calentado o guarda el calor)	23/36	-Calor recibido, transmite calor	6/36	-Calor	7/36
-Alambre (conductor de calor)	5/36	-Tocar, atrae	3/36	-Recibe calor	3/36
-Fuentes de energía: Lumbre Vela Veladora Fuego	12/36	-Caer	1/36	-Pase de energía	1/36
-Moléculas	1/36	-Desase	1/36	-Choque	1/36
-Calor	1/36	-Energía	1/36		
-Temperatura baja	1/36	-Fuerza dada	1/36		

Como se puede apreciar en la tabla 6.19 se presentan los resultados correspondientes a la predicción del POE de lo cual se puede inferir la existencia de dos modelos intermedios para esta etapa. Para efectos del análisis de los resultados, se tuvo la precaución de transcribir las respuestas con sus faltas ortográficas originales (ver anexo 10).

La información obtenida como se menciona anteriormente se clasifica en dos momentos, ya que de los resultados se puede observar la existencia de dos modelos intermedios. El primero sí presenta **condiciones**, y el segundo no.

A continuación se presentan los dos modelos intermedios obtenidos de los datos (ver tablas 6.20 y 6.21) correspondientes al POE (parte de predicción).

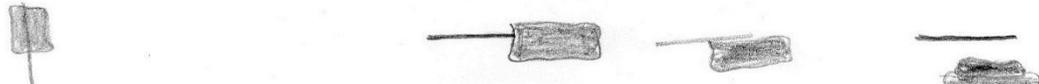
Tabla 6.20 Modelo intermedio inferido 1 (predicción).

Elementos	Relaciones	Condiciones
-Cuerpo 1 y 2 -Fuente de energía (fuego, vela)	-Se derrite -Atrae, toca -Transmite calor o energía -Fuerza dada	

Como se puede observar, en este modelo intermedio 1 (Mi1P), no se presentan **condiciones**, 19 de 36 alumnos no manifiestan alguna **condición** necesaria para la transferencia de calor por conducción (ver anexo #10). De lo anterior se puede decir que, para los alumnos en la etapa de la predicción (sobre la actividad experimental en el aula) solo tienen como **elementos** a cuerpos 1, 2 y algunos hacen referencia a 3 cuerpos, lo cual supone que algunos de ellos lo confunden con la fuente de calor; aunque ésta última (para algunos estudiantes) también suele ser separada de los cuerpos y la asocian como otro **elemento**. Lo anterior se puede ilustrar cuando hablan del fuego, vela o veladora y lumbre en los siguientes ejemplos del instrumento aplicado.

Estudiante # 2:

1.- Predicción
a) Escribe y dibuja lo que crees puede ocurrir.



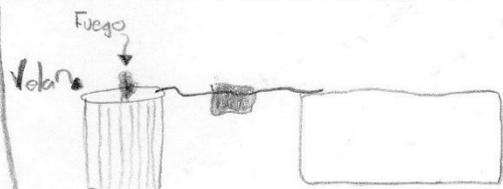
Manteguilla atornillada. El alambre se calienta y la manteguilla empieza a estarse (derretirse) y se coe

b) Escribe las razones sobre por qué crees que las cosas pasan de esa forma.

Como el alambre es conductor de calor, hora el momento de chocar con la manteguilla esta se derretira y la oí caer.

2.- Observación
Dibuja y describe lo que viste.

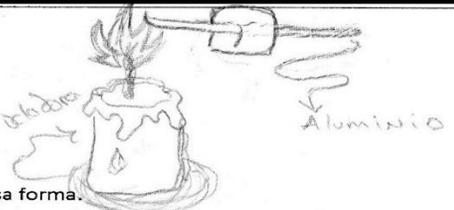
El alambre es un conductor de energía por lo tanto transporta el calor que hace que se caliente la manteguilla.



Estudiante # 3:

1.- Predicción
a) Escribe y dibuja lo que crees puede ocurrir.

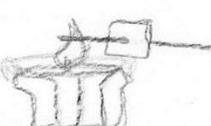
Se va a derretir la manteguilla



b) Escribe las razones sobre por qué crees que las cosas pasan de esa forma.

Porque calor y el aluminio es conductor del calor y se hace manteguilla líquida recibe el calor

2.- Observación
Dibuja y describe lo que viste.



las partículas de la manteguilla se expandieron

En cuanto a las relaciones aparece “derretir, algo se atrae, se transmite calor o energía” y un alumno hace referencia a la “fuerza dada”. A continuación se presentan otros ejemplos de los estudiantes.

Estudiante # 25:

1.- Predicción

a) Escribe y dibuja lo que crees puede ocurrir.



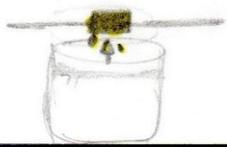
Se derrite Se va a derretir porque el aluminio atrae más el calor.

b) Escribe las razones sobre por qué crees que las cosas pasan de esa forma.

Porque el aluminio atrae más el calor

2.- Observación

Dibuja y describe lo que viste.



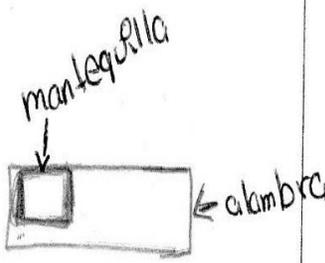
Se empieza a derretir Poco a poco

Estudiante # 27:

1.- Predicción

a) Escribe y dibuja lo que crees puede ocurrir.

Poco la mantecquilla se va a derretir



b) Escribe las razones sobre por qué crees que las cosas pasan de esa forma.

hay una abertura dada en el a la mantecquilla.

2.- Observación

En cuanto a las relaciones que aparecieron en los ejemplos anteriores, se encontró “*fuerza dada*”, al respecto Erickson, (1989:98) argumenta “*muchos estudiantes dan propiedades que tienden a estar asociadas con el calor o relativos a la transferencia de calor. Una propiedad muy común empleada de forma generalizada para hacer*

predicciones y explicar observaciones es la relativa fuerza/debilidad del “calor” en una situación dada”.

A continuación se analizará el segundo modelo intermedio inferido (Mi2P) de la etapa de predicción (ver tabla 6.21), el cual sí presenta **condiciones**.

Tabla 6.21 Modelo intermedio inferido 2 (Mi2P).

Elementos	Relaciones	Condiciones
-Moléculas -Cuerpos 1 y 2 -Temperatura baja -Fuente de energía	-Se derrite o atrae	- Calor o transmisión de calor

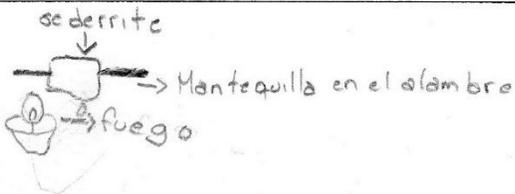
En este modelo intermedio 2, como se puede apreciar la única **condición** que está presente en algunos resultados de los estudiantes corresponde a “*calor transmitido o transmisión de calor*”. En cuanto a las **relaciones** los estudiantes hacen referencia a la entidad de “*se derrite o atrae*”. Y como **elementos** mencionan a las moléculas (sólo un estudiante lo menciona), 1 ó 2 cuerpos, temperatura baja y una fuente de energía (vela). Lo anterior se puede apreciar en el siguiente ejemplo.

Estudiante # 22:

1.- Predicción

a) Escribe y dibuja lo que crees puede ocurrir.

Al calentarse la mantequilla se empieza a derretir

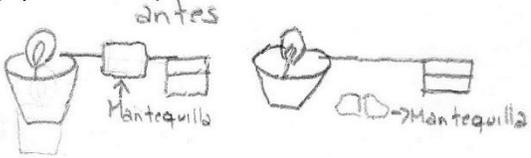


b) Escribe las razones sobre por qué crees que las cosas pasan de esa forma.

Por que recibe el calor y la mantequilla se empieza a derretir

2.- Observación

Dibuja y describe lo que viste.



La mantequilla se derrite del centro y se rompe debido al calor que le transmite el alambre por que es conductor de calor

Este ejemplo representa las condiciones manifestadas por los estudiantes al mencionar “la mantequilla se derrite del centro y se rompe debido al calor” y también se observa que el mismo estudiante comenta “recibe el calor”. Lo cual indica que, para el estudiante #22 el calor es fundamental, es decir, se necesita del calor para que algo le suceda a la mantequilla y por lo tanto al alambre. También menciona en su respuesta que el alambre es un conductor de calor debido al calor que fue transmitido.

Para esta etapa de predicción del POE se puede concluir que algunas ideas de los estudiantes todavía continúan arraigadas en sus explicaciones, y por lo tanto los dos modelos intermedios manifestados en esta etapa siguen siendo explicaciones de tipo macroscópicas.

De las tablas 6.20 y 6.21 sobre los modelos intermedios inferido en la etapa de predicción del POE, se retomaron los **elementos** y **relaciones** para diseñar una ilustración que pudiera representar visualmente los resultados del modelo intermedio 1 y 2 (ver figura 6.21).

Figura 6.21 Modelo intermedio inferido 1 y 2 (MiP).



Como puede observarse en la figura 6.21 el modelo intermedio inferido para la etapa de predicción del POE, algunos estudiantes ya asocian temperatura y calor de una forma separada, aparece en un estudiante el **elemento** molécula, temperatura (baja) y, también mencionan en su modelo: cuerpo 1 y cuerpo 2. Lo anterior es importante porque en la etapa de exploración mencionaban más de 2 cuerpos u objetos. Lo cual considero un modesto avance para la construcción del modelo intermedio en la etapa de explicación.

Ante los planteamientos presentados anteriormente referente a la figura 6.21, decidí representar el *Mi1P* y *Mi2P* en una sola figura, ya que el modelo de los estudiantes en esta etapa de predicción no contaba con elementos suficientes para poner por separado un modelo microscópico de los estudiantes (al sólo ser un estudiantes el que lo mencionó), por lo tanto su modelo hasta esta etapa sigue siendo macroscópico.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la etapa final del POE (ver anexo 11), la cual corresponde a la etapa de explicación que es posterior a la actividad experimental.

Resultados de la etapa de explicación POE

A partir de los resultados de esta fase se obtuvieron las siguientes frecuencias de datos (ver tabla 6.22). Estas, fueron analizadas a profundidad a partir de las explicaciones de los 36 estudiantes, considerando las categorías de análisis: **elementos, relaciones y condiciones.**

Tabla 6.22 Frecuencia de datos de 36 alumnos POE (Explicación).

Elementos	Frecuencia	Relaciones	Frecuencia	Condiciones	Frecuencia
-Partículas o moléculas	19/36	-Se dispersan, esparce o se separan	9/36	-Calor (transportado)	3/36
-Cuerpos 1,2 (sólidos)	28/36	-Tiempo	2/36	-Cambio de temperatura	9/36
-Cuerpo 3 (fuente de energía) Ejemplos: Vela, flama o fuego	7/36	-Interacción	12/36	-Contacto	1/36
-Caliente o frío (energía térmica)	13/36	-Movimiento	5/36		
-Temperatura	2/36	-Calor transmitido	6/36		

De la tabla 6.22 donde se presentaron las frecuencias de los datos de acuerdo a su clasificación, donde se puede apreciar que (de acuerdo a la información analizada de los resultados obtenidos en esta etapa de explicación del POE), se infirieron dos modelos intermedios, los cuales se presentan a continuación.

Modelo intermedios etapa de explicación del POE (MiE)

Se generaron dos modelos intermedios (explicación) de los cuales 9 presentan condiciones y 23 no presentan condiciones y como respuestas en blanco se obtuvieron 4 que no fueron considerados para los resultados codificables. Específicamente se codificaron las respuestas para la construcción de los modelos intermedios (POE explicación) con un total de 32 respuestas presentes en los resultados.

En esta etapa de explicación ya deberían aparecer **elementos**, **relaciones** y **condiciones**, los cuales postulados en el *Modelo Científico Escolar de Arribo* sobre conducción de calor. A continuación se presentan los modelos construidos de los resultados de los estudiantes. Dichos modelos intermedios inferidos del POE, se construyeron posterior a la enseñanza del tema, los cuales se presentan enseguida:

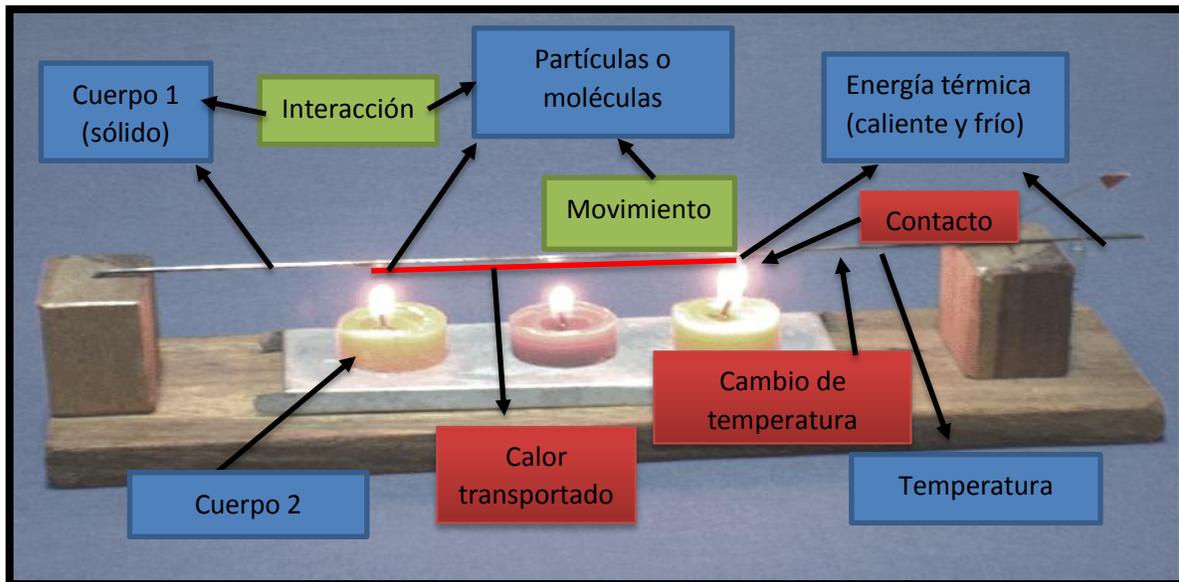
Tabla 6.23 Modelo intermedio inferido 1 (Mi1E).

Elementos	Relaciones	Condiciones
-Partículas o moléculas	-Interacción (partículas-cuerpos)	-Calor o calor transportado
-Cuerpos 1 y 2 (sólido)		-Cambio de temperatura
-Caliente y frío (Energía térmica)	-Movimiento (partículas)	-Contacto
-Temperatura	-Tiempo	

Tal como se observa en la tabla 6.23 del modelo intermedio correspondiente a la explicación del fenómeno de conducción presente los resultados del instrumento

aplicado (POE) es diferente a los modelos intermedios en la etapa de predicción, porque ya aparecen otros **elementos**, **relaciones** y **condiciones**. Lo anterior se puede observar en la siguiente figura 6.24.

Figura 6.24 Modelo intermedio inferido 1 (Mi1E).



Como se observa en la figura 6.24 donde se presenta visualmente el modelo intermedio 1 (Mi1E), construido de las respuestas de los estudiantes de la etapa de explicación del POE, donde se presentan de color azul a los **elementos**, verde a las **relaciones** y rojo a las **condiciones**.

De lo anterior, se resaltan los **elementos** presentes en sus explicaciones como: cuerpos 1 y 2, energía térmica (caliente y frío), partículas y temperatura. En cuanto a las **relaciones**: interacción y movimiento que en la explicación de la actividad experimental hablamos de energía cinética y la definimos como la energía del movimiento, pudiera ser ésta la forma en la cual se manifiesta en sus explicaciones. Como **condiciones** en su modelo aparecen: calor o calor transportado ya que para algunos estudiantes, sigue siendo una condición para que se dé el fenómeno de conducción de calor, también aparece cambio de temperatura y cuerpos en contacto. Lo anterior se puede ejemplificar en algunos de los resultados obtenidos del instrumento POE etapa explicación.

Estudiante # 2:

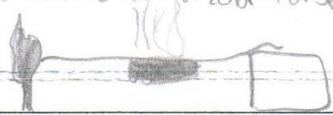
3.- Explicación

a) Compara tus observaciones con tus predicciones. ¿Fue acertada tu predicción? ¿Cambio en algo tu predicción con lo que observaste? Escribe y explica tus argumentaciones.

Mis predicciones fueron las mismas que las observaciones.

b) Con la información adicional proporcionada con la explicación del fenómeno. Describe, dibuja y explica lo que realmente sucede con lo observado.

El calor hace que los partículas se expandan y hace o provoca un cambio de temperatura (el aluminio se calienta y conserva su forma original, la mantquilla se derrite y cambia su forma) y por lo tanto la mantquilla se derrite con el calor transportado por el aluminio



Estudiante # 9:

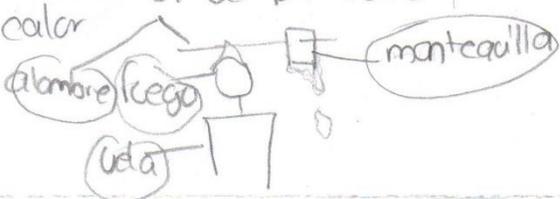
3.- Explicación

a) Compara tus observaciones con tus predicciones. ¿Fue acertada tu predicción? ¿Cambio en algo tu predicción con lo que observaste? Escribe y explica tus argumentaciones.

No cambio absolutamente nada

b) Con la información adicional proporcionada con la explicación del fenómeno. Describe, dibuja y explica lo que realmente sucede con lo observado.

esto sucede por la interacción vibración de partículas provocada x el cambio de temperatura y calor



Estudiante # 22:

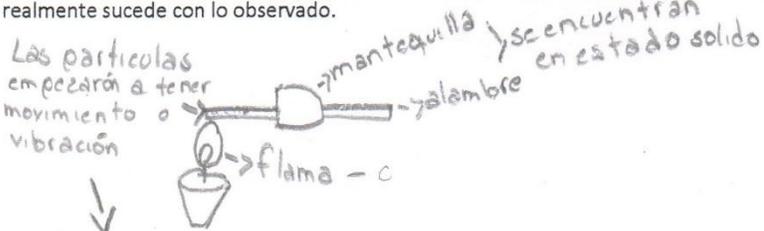
3.- Explicación

a) Compara tus observaciones con tus predicciones. ¿Fue acertada tu predicción? ¿Cambio en algo tu predicción con lo que observaste? Escribe y explica tus argumentaciones.

La predicción no coincide del todo pero se acerca un poco, debido a que la mantequilla en cierta forma se derritió por el fuego.

b) Con la información adicional proporcionada con la explicación del fenómeno. Describe, dibuja y explica lo que realmente sucede con lo observado.

Las partículas empezaron a tener movimiento o vibración



lo que provocó que hubiera un cambio de temperatura en el alambre y la mantequilla recibió el cambio de temperatura

Tal como se observa en los ejemplos anteriores, aparecen **elementos** como: cuerpos 1 y 2 (sólido) y partículas o moléculas. En cuanto a las **relaciones** aparecen: interacción, movimiento de partículas. Y como **condiciones** se detectaron: cambio de temperatura, calor transportado y contacto. A continuación se presenta el modelo intermedio 2 (explicación).

La siguiente tabla 6.25 representa el modelo intermedio construido de los resultados de 23 estudiantes en la etapa de explicación del instrumento POE. La elaboración de este modelo intermedio (Mi2E) fue resultado de la clasificación de 23 estudiantes que no presentaron condición en su modelo a diferencia de los 9 estudiantes que sí presentaron condiciones.

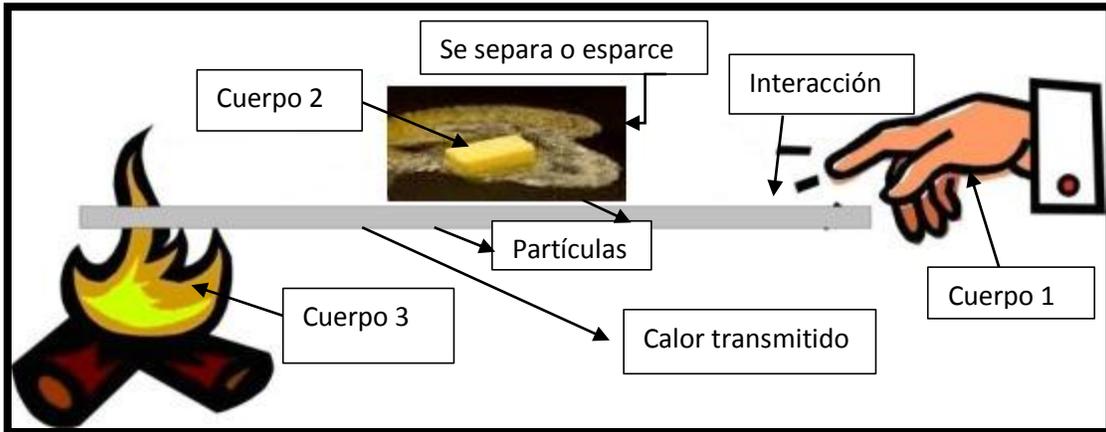
Tabla 6.25 Modelo intermedio inferido 2 (Mi2E).

Elementos	Relaciones	Condiciones
-Cuerpos 1 y 2 -Partículas -Cuerpo 3 (fuente de energía)	-Se dispersan, esparcen o separan - Interacción -Calor transmitido	No presentan

En este modelo (Tabla 6.25) presente en 23 estudiantes, los cuales no manifestaron **condiciones** en sus explicaciones referentes a la conducción de calor, pero sí **elementos** como: cuerpos 1 y 2, partículas y cuerpos 3 como fuente de energía. En cuanto a las **relaciones** se puede observar que siguen apareciendo “se dispersan, se esparce o separan” al referirse a las partículas contenidas en los cuerpos, pero se puede apreciar que varios estudiantes también establecen como relación a la interacción de las partículas. Otra relación presente también es “calor transmitido”. Lo anterior comprueba nuevamente la idea que tienen los alumnos a identificar al calor como una sustancia propia de los cuerpos u objetos que pasa de una parte a otra.

Para representar gráficamente lo anterior (tabla 6.25) a continuación se presenta la siguiente figura 6.26 donde se puede observar el Mi2E sobre conducción de calor, el cual sigue ausente de condiciones.

Figura 6.26 Representación del Mi2E.



Como se puede observar en la figura anterior se representa el Mi2E, el cual como lo mencione anteriormente no presenta condiciones, en este algunos estudiantes ya presentan algunos **elementos** y sólo una **relación** del MCEA, aunque no presentan **condiciones**, es evidente el progreso aunque sea mínimo de estudiantes que presentaron este modelo.

Para ilustrar lo antes comentado a continuación se presentan algunos ejemplos encontrados en los resultados.

Estudiante # 13:

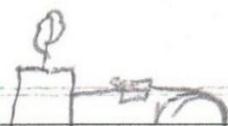
3.- Explicación

a) Compara tus observaciones con tus predicciones. ¿Fue acertada tu predicción? ¿Cambio en algo tu predicción con lo que observaste? Escribe y explica tus argumentaciones.

no se podía decir que no cambio mucho porque el alambre produce calor y la mantequilla está fría

b) Con la información adicional proporcionada con la explicación del fenómeno. Describe, dibuja y explica lo que realmente sucede con lo observado.

pues que el fuego transmite calor y el alambre recibe el calor y como la mantequilla es fría parece



Estudiante # 35:

3.- Explicación

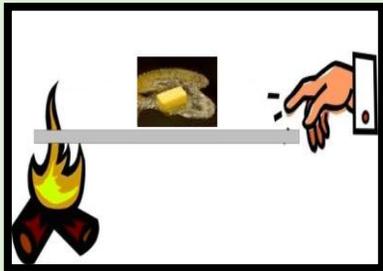
a) Compara tus observaciones con tus predicciones. ¿Fue acertada tu predicción? ¿Cambio en algo tu predicción con lo que observaste? Escribe y explica tus argumentaciones. Si fue acertada y no cambio en nada.

b) Con la información adicional proporcionada con la explicación del fenómeno. Describe, dibuja y explica lo que realmente sucede con lo observado.

The diagram illustrates a process of heat transfer. On the left, a lit candle is shown. An arrow points from the candle towards a rectangular solid block. Above this arrow, the text 'transmición de calor' (heat transfer) is written. The block is labeled '(Sólido)' (Solid) on its top and right sides. Below the block, the text 'Interacción de partículas (vibración)' (Particle interaction (vibration)) is written, with an arrow pointing to the block. The entire diagram is enclosed in a dashed-line border.

Tal como se observa en los ejemplos anteriores, los **elementos** y las **relaciones** están presentes, sin embargo las condiciones no aparecen en los modelos de estos dos estudiantes. Cabe aclarar que este tipo de respuestas fue común encontrar en los estudiantes. A continuación se presenta una tabla comparativa de los modelos construidos en esta etapa de introducción de nuevos puntos de vista (Ver tabla 6.27).

Tabla 6.27 Comparación de los modelos en la etapa de introducción de nuevos puntos de vista.

REPRESENTACIÓN				
MODELOS	GRÁFICA	ELEMENTOS	RELACIONES	CONDICIONES
Modelo intermedio 1 Predicción (Mi1P)		-Cuerpo 1 y 2 -Fuente de energía (fuego, vela)	-Se derrite -Atrae, toca -Transmite calor o energía -Fuerza dada	No presenta
Modelo intermedio 2 Predicción (Mi2P)		-Moléculas -Cuerpos 1 y 2 -Temperatura baja -Fuente de energía	-Se derrite o atrae	-Calor o transmisión de calor
Modelo intermedio 1 Explicación (Mi1E)		-Partículas o moléculas -Cuerpos 1 y 2 (sólido) -Caliente y frío (Energía térmica) -Temperatura	-Interacción (partículas-cuerpos) -Movimiento (partículas) -Tiempo	-Calor o calor transportado -Cambio de temperatura -Contacto
Modelo intermedio 2 Explicación (Mi2E)		-Cuerpos 1 y 2 -Partículas -Cuerpo 3 de (fuente de energía)	-Se dispersan, esparcen o separan - Interacción -Calor transmitido	No presenta

Con referencia a la tabla anterior se puede concluir que para esta etapa de introducción de nuevos puntos de vista los estudiantes presentaron las siguientes características en sus modelos intermedios:

1. En la etapa de predicción (POE), los estudiantes presentan modelos intermedios macroscópicos, ya que, a pesar que en el segundo modelo intermedio se mencionan moléculas, como lo aclare en apartados anteriores sólo un estudiante mencionó en su respuesta ese **elemento**.
2. Siguen ausentes las **condiciones**, aunque en el segundo modelo aparece como condición: calor o transmisión de calor.
3. Por lo tanto estos dos modelos siguen siendo parecidos a los modelos iniciales correspondientes a la etapa de exploración.
4. Con respecto a la segunda etapa del instrumento POE, donde se explicó lo que sucedía con el alambre y ellos observaron lo que le ocurrió a la mantequilla (consecuencia), los estudiantes presentaron dos modelos intermedios distintos.
5. En estos dos modelos intermedios (correspondientes a la etapa de explicación) ya se logra observar **elementos** presentes en el MCEA, por ejemplo: partículas y temperatura.
6. De lo anterior, se puede afirmar que los estudiantes en esta etapa del POE (explicación) ya presentan modelos microscópicos intermedios.
7. En cuanto a las **relaciones**, algunos estudiantes ya son capaces de explicar lo que le sucede al alambre en relación a las partículas, al mencionar la relación de interacción.
8. Dentro de las condiciones que se presentan en el modelo intermedio 1 algunos estudiantes manifiestan: cambio de temperatura y contacto.
9. De los planteamientos anteriores, se deduce que pese a que todavía sigue presente la idea en algunos estudiantes de ver al calor como “*sustancia*” (fluye) que se transmite de un cuerpo a otro consecuencia de la teoría del calórico (Holton, 1989). Al respecto Psillos (1994:163) define el calórico, como “*una entidad teórica que hace alusión a una sustancia material, fluido indestructible de partículas finas, que hace que se eleve la temperatura de un cuerpo al ser absorbido por ella*”.
10. A diferencia de los *modelos iniciales*, en los *modelos intermedios*, se puede ver un progreso en las explicaciones de los estudiantes en relación al fenómeno de conducción de calor.

A continuación se presenta el análisis de resultados correspondiente a la etapa de síntesis y aplicación.

6.3.3 Etapa de síntesis y aplicación

En esta última etapa se realizaron diferentes actividades didácticas con la finalidad de profundizar acerca del fenómeno de conducción y verificar qué tanto comprendieron los estudiantes respecto al fenómeno de conducción de calor visto como una forma de transferencia de calor. Es importante aclarar, que a pesar de que se realizaron diferentes actividades didácticas, sólo una de ellas fue diseñada para conocer su *modelo logrado*.

Es esta etapa se fusionaron las actividades didácticas de síntesis y aplicación, y a continuación se presenta lo *qué se hizo* y *qué se logró* en esta última etapa de la secuencia didáctica.

¿Qué se hizo?

Las actividades didácticas correspondientes a la etapa de síntesis y aplicación fueron las siguientes:

1. Se les pidió a los estudiantes que elaborarán una historieta, en la cual deberían incluir los conocimientos aprendidos. Para lo cual los estudiantes se agruparon en equipos de 6 integrantes.
2. Después expusieron su historieta con el grupo (ver anexo #14).
3. Se retroalimentó la historieta elaborada por los equipos con comentarios de todos los participantes de la clase.
4. Por último se reestructuró la historieta, en la cual se agregaron los comentarios y observaciones por parte de los estudiantes y del profesor.
5. Se realizó una lectura grupal titulada: *¿Por qué los cables de la calle cuelgan?* (ver anexo #15).

6. Se presentaron experimentos propuestos y elaborados por los estudiantes relacionados con *su(s) modelo(s) logrado(s)* para así poder explicar otros fenómenos.
7. Se aplicó un post-cuestionario (ver anexo #12).

Como mencioné en apartados anteriores en esta etapa solo una actividad didáctica fue encaminada para conocer el modelo final logrado por parte de los estudiantes, para lo cual se aplicó un post-cuestionario, el cual es parecido al pre-cuestionario, pero los objetivos específicos de las preguntas son diferentes ya que consideré ajustar los objetivos del primer cuestionario; lo anterior debido a la implementación de la secuencia de contenidos y, por lo tanto, de la enseñanza del fenómeno de conducción de calor.

A continuación presento las preguntas que integraron al post-cuestionario y su finalidad.

Pregunta número 1:

¿Conoces alguna o algunas formas en las que transfiere el calor? Si es así explica cuáles y en qué consisten. Elabora un dibujo donde expliques lo que sucede colocando nombre a cada cosa que dibujes.

La finalidad de esta pregunta fue conocer los **elementos**, **relaciones** y **condiciones**, presentes en sus respuestas, ya que como se recordará la aplicación de este instrumento fue posterior a la enseñanza del fenómeno de conducción de calor y del tema transferencia de calor.

Pregunta número 2:

¿Qué sucede cuando colocas un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura? y/o ¿qué ocurre cuando ponemos en contacto un objeto caliente con uno frío?

La finalidad de esta pregunta fue conocer sus **relaciones** y **condiciones** presentes en sus explicaciones a lo que ocurre cuando entran en contacto dos objetos a diferentes temperaturas.

Pregunta número 3:

¿Por qué crees que sucede lo que escribiste? Y trata de explicarlo mediante un dibujo. Coloca nombre a cada cosa que dibujes.

La finalidad de esta pregunta era conocer **elementos** que no aparecieran en la pregunta número 1 y que en ésta se pudieran manifestar. Por otro lado, esta pregunta, también está encaminada a conocer sus **relaciones** y **condiciones**. Lo anterior, como lo mencioné anteriormente fue para conocer aquello que pudiera faltar en las explicaciones de las preguntas número 1 y 2.

A continuación presento *lo que se logró* de aquellos aspectos que consideré más representativos para la construcción del *modelo final logrado*.

¿Qué se logró?

En este apartado se presentan los logros obtenidos de los resultados del instrumento aplicado (post-cuestionario) que fue útil para conocer el(los) *modelo(s) logrado(s)* y así poder compararlos con el *modelo científico escolar de arribo* (MCEA).

Como introducción considero importante comentar que en esta etapa final de la estrategia didáctica, se logró interesar a los estudiantes con fenómenos relacionados a la transferencia de calor, donde aparecieron explicaciones por parte de los estudiantes a fenómenos relacionados con:

- Convección
- Radiación
- Cambios de estado
- Dilatación
- Equilibrio térmico

En relación con lo anterior, los estudiantes recordaron lo que ocurrió con la actividad experimental POE (mantequilla y alambre), al explicar que además de calentarse el alambre, sucedió algo con la mantequilla (cambió de estado: sólido a líquido). También se comentó lo que sucede cuando hay un cambio en la temperatura o se igualan las temperaturas, dando lugar a explicaciones que tiene que ver con equilibrio térmico,

transferencia de calor y por qué un cuerpo aumenta su tamaño (dilatación) al recordar la lectura que se trabajó en esa etapa.

De lo anterior, se puede citar el siguiente ejemplo de un equipo que presentó en su historieta formas de transferencia de calor, y lo relacionaron a su vida cotidiana:

“...en su casa, su techo es de lámina y en cierta hora del día se calienta mucho, y que al tocar con la mano esta “ardía”, para lo cual explico que siendo un cuerpo conductor sólido por el material del cual está hecho, aumentaba su temperatura por causa de los rayos del Sol y que ésta al calentarse por radiación y al entrar en contacto con la lámina lo hacía por conducción, ya que las paredes también se sentían calientes, después agrego que su mamá ponía la ropa a secar adentro de la casa ya que era más rápido de secarse que afuera” (Equipo #3).

También agregaron (equipo #3) lo que observa al abrir la puerta de su casa y ver como *“dentro de ella se veía humo o gas por todo el piso, como si este flotara, creo que esto tiene que ver con la convección de calor”* (ver su dibujo anexo #16).

El ejemplo anterior fue uno de los más representativos en donde se pueden apreciar las explicaciones que tuvieron los estudiantes (equipo #3) acerca de los fenómenos referentes a la transferencia de calor.

Como última actividad se aplicó a los estudiantes un pos-cuestionario.

A continuación presento los resultados obtenidos del post-cuestionario, en donde se exponen algunas respuestas representativas de los estudiantes. Seguidamente, presento la codificación de las respuestas (frecuencias) para finalmente, identificar los *modelos logrados* de conducción de calor.

Resultados obtenidos del post-cuestionario

De los resultados del post-cuestionario, se obtuvieron las siguientes respuestas, las cuales están clasificadas como se muestra en su respectiva tabla 6.28. Es importante aclarar que la muestra final de estudiantes fue de 33, ya que ese día no asistieron a la escuela 3 estudiantes. Por lo tanto la muestra final analizada es de 33 estudiantes.

Tabla 6.28 Tipo de respuestas (post-cuestionario).

Tipo de respuestas	Frecuencia (N=33)
a) Completas	0/33
b) Casi completas o incompletas	29/33
c) Incorrectas	0/33
d) Incodificables	4/33
e) En blanco	0/33

Como se puede apreciar en la tabla 6.28 las respuestas se clasificaron en completas, casi completas o incompletas, incorrectas, incodificables y respuestas en blanco. A continuación se presentan algunos ejemplos y los resultados obtenidos de la aplicación del post-cuestionario.

Pregunta número 1, ejemplos de respuestas casi completas o incompletas:

Estudiante #13:

¿Conoces alguna o algunas formas en la que se transmite el calor? Si es así explica cuales y en que consisten. Elabora un dibujo donde expliques lo que sucede colocando nombre a cada cosa que dibujes.

Conduccion, conveccion y radiacion

alambre mantquilla
fuego

sol
ondas viajando

humos
olla
Estufa

El alambre se calienta
el fuego transmite su
calor y lo pasa a la
partículas de la
mantquilla

Estudiante #1:

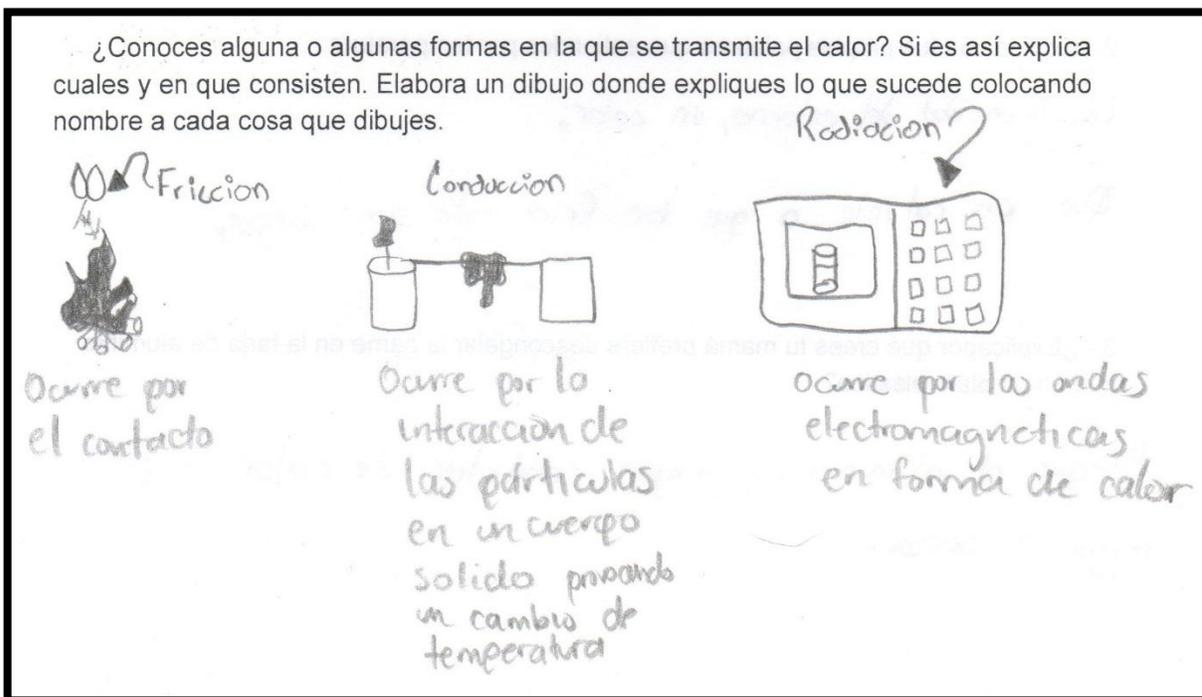
¿Conoces alguna o algunas formas en la que se transmite el calor? Si es así explica cuales y en que consisten. Elabora un dibujo donde expliques lo que sucede colocando nombre a cada cosa que dibujes.

Si, conduccion, conveccion y radiacion

taza con cafe caliente
mano

es una transferencia
de calor que ocurre
en cuerpos que esta
en contacto y estos son solidos.

Estudiante #2:



Como se puede apreciar en los ejemplos de las respuestas anteriores son clasificadas dentro de la categoría de respuestas casi completas o incompletas, pues para considerarse como una respuesta de tipo completa le faltarían algunos de los siguientes aspectos:

- Los tres modos en los cuales se transfiere el calor: conducción, convección y radiación. Y recordemos que en los ejemplos antes presentados el estudiante #2 solamente menciona dos modos de transferencia del calor (conducción y radiación).
- Los estudiantes #1 y #13, mencionan los modos de transferencia, pero sus respuestas están incompletas porque pese a que las mencionan, no explican a detalle lo que sucede o dan una explicación incompleta en cada forma de transferencia.
- Por lo tanto para esta respuesta los estudiantes deberán ser capaces de integrar: **elementos, relaciones y condiciones** postulados en el MCEA.

En las repuestas de los estudiantes se pudieron encontrar **elementos** como: cuerpos 1 y 2, partículas, cuerpos calientes, y cuerpos fríos (energía térmica) y temperatura. En las **relaciones**: interacción (partículas) y, como **condiciones** aparecieron: cambio en la temperatura y contacto.

Pregunta número 2

Ejemplos de respuestas a la pregunta 2 casi completas o incompletas:

Estudiante #25:

¿Qué sucede cuando colocas un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura? ¿Qué ocurre cuando ponemos en contacto un objeto caliente con uno frío?

que el objeto caliente puede dar mas rapidez a las partículas y se mueven interaccionan ya que el objeto frio resiva el mismo estado de movimiento

Como puede observarse en el siguiente ejemplo el estudiante #25 ya integra una **relación** presente en el MCEA: *interacción*.

Estudiante #10:

¿Qué sucede cuando colocas un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura? ¿Qué ocurre cuando ponemos en contacto un objeto caliente con uno frío?

Pues quedaria en una temperatura equilibrada termicamente por que estan en contacto directo

Estudiante #1:

¿Qué sucede cuando colocas un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura? ¿Qué ocurre cuando ponemos en contacto un objeto caliente con uno frío?

los objetos se neutralizan porque se equilibran térmicamente por la transferencia de calor.

Estudiante #2:

¿Qué sucede cuando colocas un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura? ¿Qué ocurre cuando ponemos en contacto un objeto caliente con uno frío?

Se nivelan sus temperaturas (transferencia de calor) (equilibrio térmico)

Estudiante # 35:

¿Qué sucede cuando colocas un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura? ¿Qué ocurre cuando ponemos en contacto un objeto caliente con uno frío?

se conduce el calor (conducción) debido a la diferencia de temperatura al estar en contacto directo,

Las respuestas anteriores, muestran ejemplos de **relaciones** y **condiciones** que se encuentran en el MCEA. Como **condiciones** aparecen: contacto y diferencia de temperatura, y en cuanto a **relaciones** aparece: *interacción*.

Pregunta número 3.

Ejemplos de la pregunta número 3 de respuestas casi completas o incompletas presentes en los resultados de los estudiantes:

Estudiante #22:

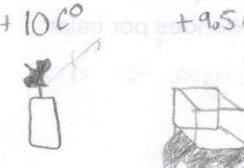
¿Por qué crees que sucede lo que escribiste? Y trata de explicarlo mediante un dibujo. Coloca nombre a cada cosa que dibujes.



al hechar agua caliente al agua fría los dos cambian su temperatura hasta llegar a un punto medio donde no está ni frío ni caliente

Estudiante #2:

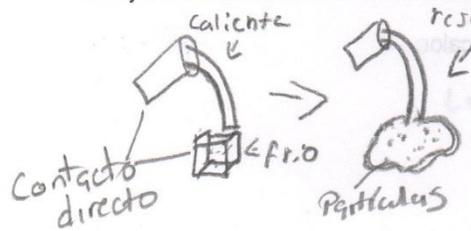
¿Por qué crees que sucede lo que escribiste? Y trata de explicarlo mediante un dibujo. Coloca nombre a cada cosa que dibujes.



El de mayor temperatura domina, opaca, al de menor temperatura cuando están en contacto directo

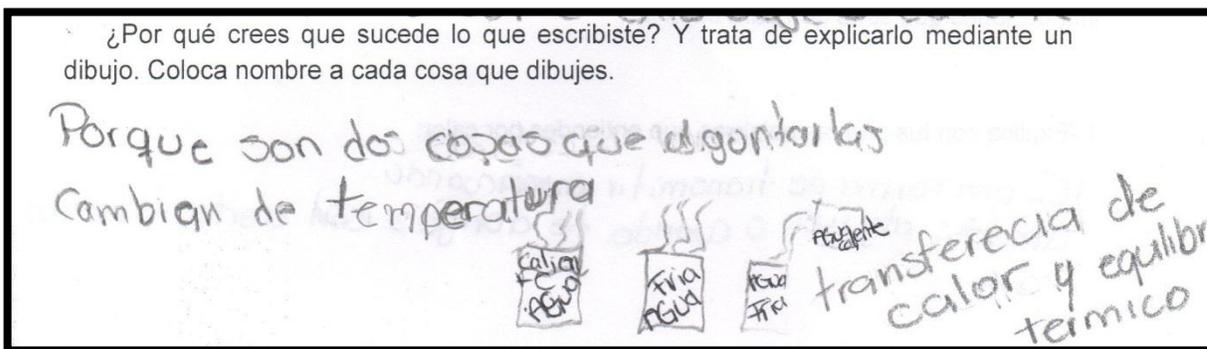
Estudiante #6:

¿Por qué crees que sucede lo que escribiste? Y trata de explicarlo mediante un dibujo. Coloca nombre a cada cosa que dibujes.



contacto directo → resultado → Equilibrio térmico
Temperatura igual
Temperatura mayor a la menor temperatura

Estudiante #21:



De los ejemplos anteriores correspondientes a la pregunta 3 del post-cuestionario, se puede concluir que para la mayoría de los estudiantes la transferencia de calor sigue apareciendo como una **relación** y **condición** para la conducción de calor, esto podría ser resultado de no identificar a la transferencia como un proceso, en el cual, para que se presente, es indispensable un gradiente de temperaturas (de la temperatura más alta a la temperatura baja). De lo cual 21 estudiantes manifestaron en su modelo como condición de la diferencia de temperatura o “cambio de temperatura”.

Para ejemplificar los resultados de los 33 estudiantes a los cuales se le aplicó el post-cuestionario, a continuación se presenta una tabla de frecuencias de las respuestas encontradas para cada una de las preguntas (ver tabla 6.29).

Tabla 6.29 Frecuencia de datos (Post-cuestionario).

Elementos	Frecuencia	Relaciones	Frecuencia	Condiciones	Frecuencia
-2 cuerpos u objetos (Sólidos)	29/33	-Neutralizan (temperaturas) Se nivelan o se igualan Equilibrio en las temperaturas (equilibrio térmico) Choque de temperaturas	15/33	-Diferencia o cambio de temperatura (alta a la baja)	21/33
-1 cuerpo	1/33	-Interacción (partículas)	15/33	-Contacto directo	18/33
-Temperatura mayor y menor	12/33	-Energía en movimiento o movimiento (energía cinética).	10/33	-Transferencia de calor	7/33
-Partículas	20/33	-Transfiere o transmite calor	12/33	-Equilibrio térmico	4/33
-Energía térmica (caliente y frío)	15/33	-Tiempo	1/33		
-Calor	3/33	-Rapidez	1/33		
-Material conductor	1/33				

De la frecuencia de datos presentada en la tabla 6.29 se identificaron dos *modelos logrados* por los estudiantes con referencia al fenómeno de conducción de calor. A continuación se presentan los *modelos logrados* en la última etapa de la secuencia didáctica.

6.3.4 Modelos Logrados (ML)

En este apartado se presentan los modelos generados de la etapa final de la secuencia didáctica (post-cuestionario), donde se construyeron dos *modelos logrados* a los cuales se les asignó las siguientes abreviaturas: *ML1* (Modelo logrado 1) y *ML2* (Modelo logrado 2), de esta manera se mencionarán en los siguientes planteamientos.

Es importante recordar que dichos modelos son resultado de la base de datos (frecuencias) codificadas (ver tabla 6.28) de las etapas de síntesis y aplicación.

Este apartado es de gran importancia ya que aquí se dará a conocer qué tanto lograron los estudiantes acercarse al MCEA a partir de la implementación de la estrategia didáctica.

Cabe agregar que, para la construcción de los siguientes modelos se tomó en cuenta la integración de las explicaciones microscópicas (Teoría cinética) y macroscópicas (Termodinámica) que hicieron los estudiantes. Esta decisión se tomó con base en lo planteado en el capítulo 3 (Marco teórico) ya que para la enseñanza de la conducción de calor se requiere de esas dos visiones.

Por tal motivo en esta última etapa se espera que en los *modelos logrados* estén integradas las dos visiones: micro y macroscópica.

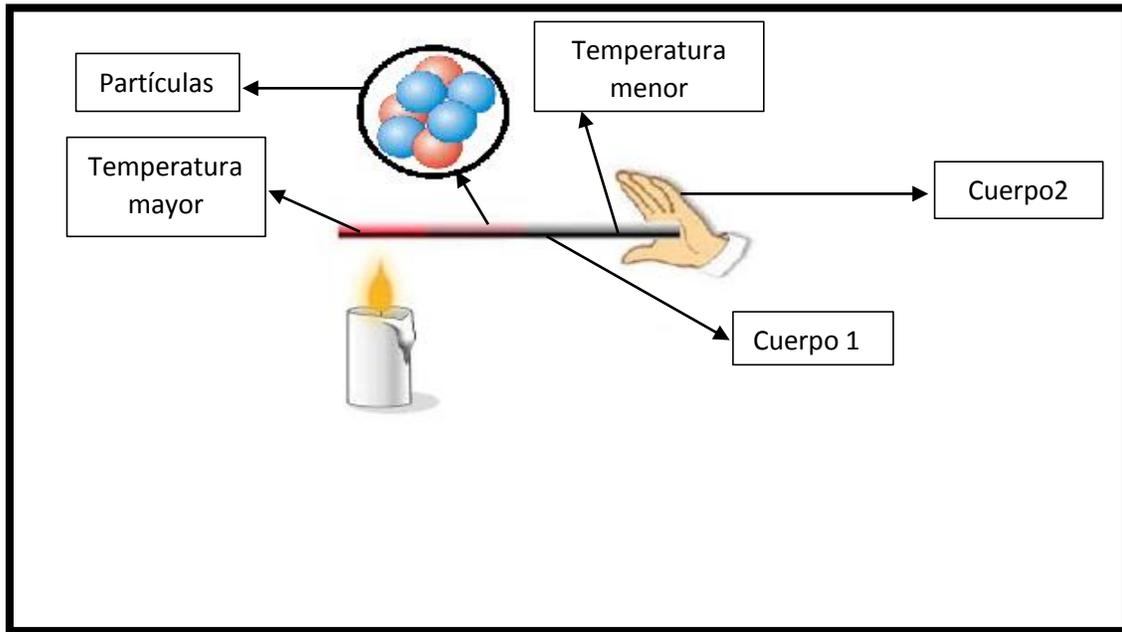
A continuación se presentan los *modelos logrados* (MI) de una muestra de 33 estudiantes. Se inicia con el primer *modelo logrado 1* sobre conducción de calor (ver figura 6.30).

Tabla 6.30 Modelo logrado 1 (*ML1*).

Elementos	Relaciones	Condiciones
-Temperatura (mayor y menor) -Cuerpos u objetos (Sólidos) -Partículas -Energía térmica	-Interacción (partículas) -Equilibrio (temperaturas): -Energía en movimiento o movimiento (energía cinética). -Transfiere calor o transmite	-Diferencia o cambio de temperatura (alta a la baja). -Contacto directo

Como se puede observar en el tabla 6.30, el *modelo logrado 1* (post-cuestionario) se encuentra integrado por las categorías de: **elementos**, **relaciones** y **condiciones**, lo anterior se puede representar en la siguiente figura (ver figura 6.31) del *ML1*.

Figura 6.31 Representación del *ML1* de conducción de calor.



De la figura 6.31 se pueden observar que para algunos estudiantes el fenómeno de conducción presenta los siguientes **elementos**: cuerpo 1 y cuerpo 2, siendo uno o los dos sólidos, en algunos ejemplos de las respuestas de los estudiantes se puede observar que la fuente de energía que para los estudiantes está muy presente, ahora es independiente del fenómeno de conducción de calor. Un aspecto que merece la pena resaltar es que, los estudiantes lograron identificar calor y temperatura de una manera independiente. Al respecto, Domínguez, et al., (1996) mencionan que el modelo de partículas es fundamental, para las explicaciones de fenómenos que conlleven un cambio, así como también para diferenciar los conceptos de calor y temperatura.

Por otro lado, los estudiantes también mencionan como **elementos** temperatura alta y baja ya sea del mismo objeto o de otro objeto independiente. Por tal motivo la figura 6.30 representa el pensamiento de los estudiantes con referencia a sus expresiones tanto escritas como gráficas (dibujo). La mayoría de los estudiantes ya mencionan el **elemento** partículas, así como energía térmica refiriéndose a lo caliente o frío que

puede estar un cuerpo. Al respecto Tippens (2011:330) comenta que “la energía térmica tiene que ver con la “energía interna que se relaciona con lo caliente o lo frío que está un cuerpo”.

En cuanto a las **relaciones**, los estudiantes manifestaron la relación entre las partículas, dando como resultado la interacción. Así como energía en movimiento o movimiento, es decir, ellos fueron capaces de explicar que algo pasaba con las partículas y la temperatura. También aparece como **relación** la interacción de las temperaturas alta y baja, dando como relación el equilibrio térmico.

Al respecto, considero que la relación de equilibrio térmico aparece en la mayoría de sus resultados porque es la explicación que los estudiantes le dan a las **entidades** como: “*se nivela, se neutraliza, chocan las temperaturas, se entibia*”. Y este fenómeno de equilibrio térmico va de la mano con la transferencia de calor, ya que es evidente que para que se dé la transferencia de energía de un cuerpo con temperatura alta y que está en contacto con un cuerpo cuya temperatura es menor o baja, transcurrido un tiempo los dos cuerpos alcanzan un equilibrio térmico, es decir se igualan las temperaturas. Tippens (2011:331) comenta que, “*dos cuerpos se encuentran en equilibrio térmico sí y sólo sí tienen la misma temperatura*”.

En cuanto a las **condiciones**, se presentan las siguientes: diferencia de temperatura o cambio en la temperatura, de la más alta a la baja. Recordemos que en modelos anteriores esta condición aparecía de una forma desigual, es decir, no se asociaba el gradiente de temperatura en sus explicaciones. De acuerdo Çengel y Ghajar (2011) la conducción de calor tiene lugar debido a la diferencia de la temperatura, de la temperatura alta a la temperatura baja, debido a la interacción de las partículas. Y otra **condición** importante que presentaron en general, los estudiantes fue el contacto directo que debe existir en el fenómeno de conducción de calor.

También se puede observar que aparece como **relación** transferencia de calor resultado de 12 estudiantes que lo manifiestan, ya que en algunos de los ejemplos se puede observar lo siguiente.

Estudiante # 6:

¿Qué sucede cuando colocas un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura? ¿Qué ocurre cuando ponemos en contacto un objeto caliente con uno frío?

El caliente es mas fuerte que el frío y se igualan las temperaturas por la transferencia de calor

¿Por qué crees que sucede lo que escribiste? Y trata de explicarlo mediante un dibujo. Coloca nombre a cada cosa que dibujes.

Equilibrio termico

Igual temperatura

Tem mayor a la menor temperatura

¿Conoces alguna o algunas formas en la que se transmite el calor? Si es así explica cuales y en que consisten. Elabora un dibujo donde expliques lo que sucede colocando nombre a cada cosa que dibujes.

Conducción, convección y radiación

se transmite el calor y se derrite la barra x conducción

Como puede observarse en el ejemplo anterior del estudiante # 6, en sus respuestas correspondientes al post-cuestionario, están presentes **elementos, relaciones y condiciones**, el estudiante comenta que “se transmite el calor” y “por la transferencia de calor”.

Recordemos que las categorías de análisis están enfocadas a reconocer: **elementos, relaciones y condiciones**. En cuanto a las **relaciones**: “son aquellas relaciones establecidas entre los elementos o entidades detectadas por los alumnos, en relación al fenómeno”.

Es evidente entonces, que para el estudiante # 6 que pertenece al M11, a pesar de presentar en su modelo: **elementos, relaciones y condiciones**, manifiesta la presencia de la transferencia de calor.

A continuación se presenta el segundo modelo logrado al cual se le asignaron las siglas *ML2*.

El segundo modelo logrado por los estudiantes presenta como **condiciones**: la transferencia de calor y el equilibrio térmico (ver tabla 6.32):

Tabla 6.32 Modelo logrado 2 (ML2).

Elementos	Relaciones	Condiciones
-Cuerpo 1 y 2 -Calor -Material conductor (sólido)	-Interacción -Tiempo	-Transferencia de calor -Equilibrio térmico

Como se puede ver en la tabla 6.32, los **elementos** que están presentes son: cuerpo 1 y 2 puede ser un líquido y un sólido o dos sólidos, también aparecen como **elementos** calor y material conductor (sólido) al referirse a un alambre, por ejemplo. En cuanto a las **relaciones** aparecen: interacción en las partículas y tiempo. Las **condiciones** que presentan como lo mencione anteriormente son: transferencia de calor y equilibrio térmico. Lo anterior se puede observar en la siguiente figura (ver figura 6.33).

Figura 6.33 Representación del *ML2* de conducción de calor.



Como se observa en la figura 6.33, en este modelo logrado 2 los estudiantes trataron de explicar el fenómeno de conducción de calor, pero a diferencia del *MI1*, en éste no presentan los mismos **elementos**, **relaciones** y **condiciones**. En esta figura se representan las dos formas en las cuales los estudiantes trataron de explicar el fenómeno de conducción de calor, lo anterior retomado de los dibujos que ellos realizaron en su instrumento (post- cuestionario). Donde se representaba la forma en la cual se transfiere el calor por conducción, pero aparecían ejemplos como una taza con café y una mano tocándola, una olla hirviendo con una cuchara, un sartén con un pollo asándose, entre otros. Un dato importante fue el siguiente enunciado: “*si lo tocas te quemas*” al referirse a una taza con agua caliente o una olla hirviendo. Ya que para ellos esa es la forma en la cual se da la conducción de calor.

En cuanto a la **relación** interacción, a pesar que se menciona en sus resultados no se hizo evidente la presencia de las partículas, ya que ellos se referían a la interacción macroscópica entre los objetos, pero sin mencionar la interacción microscópica al

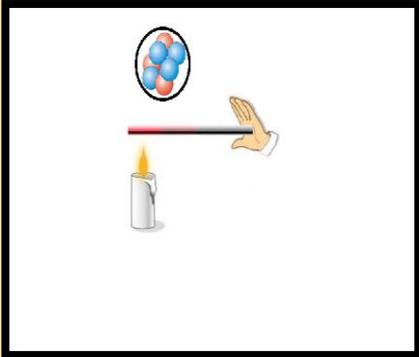
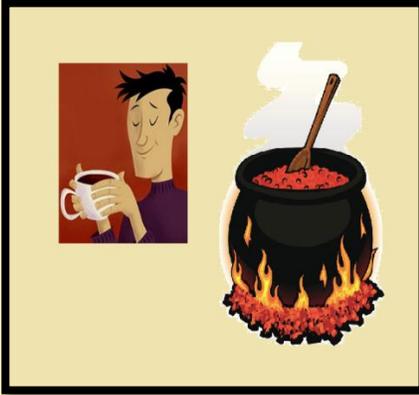
referirse a la interacción de las partículas que en el *MI1* si lo manifiestan en su mayoría los estudiantes.

La falta del **elemento** partícula, podría deberse a la poca comprensión de la teoría cinética de partículas. Al respecto Kind (2004:26) comenta: “la idea ingenua de los estudiantes acerca de la materia se basa en el principio de “*ver para creer*”. Las partículas no pueden verse, de manera que éstas no necesitan existir en un modelo funcional para explicar el comportamiento de la materia”. La utilidad que se le da al modelo corpuscular en secundaria es fundamental para la explicación de los fenómenos físicos y químicos. En este caso me refiero a los fenómenos físicos que tienen que ver con la conducción de calor, ya que a pesar de que son pocos los estudiantes que en este segundo modelo logrado no presentaron a las partículas como **elemento**, quizá la razón sea la antes comentada, idea que todavía sigue arraigada, aún después de su enseñanza.

“El modelo continuo de la materia es tan poderoso que a pesar de la enseñanza formal, la mayoría de los estudiantes sólo utilizan un modelo corpuscular primitivo, que conserva aspectos del punto de vista ingenuo. Ya que una pequeña proporción de estudiantes no utilizan las ideas corpusculares en toda su extensión, pues sólo ofrecen respuestas de bajo nivel microscópico a preguntas que implican comportamiento corpuscular; retienen su punto de vista ingenuo sobre la materia en forma más completa” (Kind, 2004:30-31).

A continuación se presenta la tabla 6.34 perteneciente a los modelos: *ML1* y *ML2*, lo anterior con la finalidad de comparar sus **elementos, relaciones y condiciones**.

Tabla 6.34 Comparación de los modelos *ML1* y *ML2*.

Modelos	Representación Gráfica	Elementos	Relaciones	Condiciones
Modelo logrado 1 (M1)		-Temperatura (mayor y menor) -Cuerpos u objetos (Sólidos) -Partículas -Energía térmica	-Interacción (partículas) -Equilibrio en las temperaturas -Energía en movimiento o movimiento (energía cinética). -Se transfiere o transmite calor	-Diferencia o cambio de temperatura (alta a la baja). -Contacto directo
Modelo logrado 2 (M2)		-Cuerpo 1y 2 -Calor -Material conductor	-Interacción -Tiempo	-Transferencia de calor -Equilibrio térmico

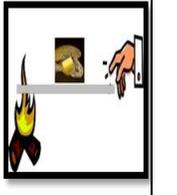
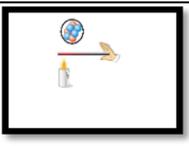
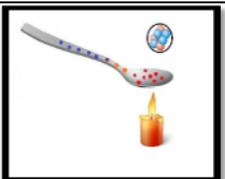
Como se puede observar en la tabla anterior (tabla 6.34) se aprecian los modelos logrados por los estudiantes sobre el fenómeno de conducción de calor. Se puede observar detalladamente que el *ML1* presenta un mayor número de **elementos**, **relaciones** y **condiciones**, a diferencia del *ML2*, en el cual se observa que difiere del *ML1* en cuanto a **elementos**, **relaciones** y **condiciones**.

Las diferencia entre los dos modelos son evidentes como lo mencioné anteriormente, el *ML1* cumple con casi todas las **condiciones**, **relaciones** y **elementos** que se postulan en el MCEA. No se puede decir lo mismo del *ML2* aunque aparecen aspectos como **elementos** y **relaciones** que pudieran ser lo mismo, algo que no sucedió al momento de analizar la información que integró a dicho modelo (*ML2*).

Una vez presentados los *modelos logrados* en esta etapa de síntesis y aplicación, a continuación se presenta de manera general la visión de todos los modelos construidos en la estrategia didáctica. Enfatizando en los dos últimos (*modelo logrados*) para conocer la evolución de los modelos y la cercanía que se obtuvo con respecto al *modelo científico escolar de arribo* sobre conducción de calor.

A continuación se presenta en conjunto los modelos construidos en la secuencia didáctica, para conocer la evolución y alcance que obtuvieron los modelos de los estudiantes, en cuanto a los **elementos**, **relaciones** y **condiciones** con referencia al MCEA sobre conducción de calor (ver tabla 6.35).

Tabla 6.35. Comparación de los modelos macro y microscópicos construidos durante la secuencia didáctica a partir del MCEA.

ETAPAS	EXPLORACIÓN			INTRODUCCIÓN DE NUEVOS PUNTOS DE VISTA	SÍNTESIS Y APLICACIÓN	MCEA	
MODELO LOGRADO							
VISIÓN MACROSCÓPICA							
	f	13/36	23/36	31/36	15/36	17/36	12/33
	E	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	R	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	C	✓	✓	X	X	X	✓
VISIÓN MICROSCÓPICA							
	f			19/36	21/33		
	E			✓	✓	✓	
	R			✓	✓	✓	
	C			✓	✓	✓	
COMENTARIOS	En esta etapa los 3 modelos corresponden únicamente a la visión macroscópica y no se relacionan con la conducción del calor			En esta etapa ya aparece la visión microscópica del fenómeno		El modelo micro es casi igual al MCEA.	★

Los resultados de esta tabla indican que, la mayoría de los estudiantes lograron un avance gradual con respecto al modelo postulado MCEA, en cuanto a sus elementos, relaciones y condiciones, se puede afirmar que fue alcanzado o logrado en su totalidad. Ya que en la tabla anterior se muestra la evidencia del progreso que tuvieron los estudiantes al ir incorporando poco a poco cada uno de los componentes del MCEA.

De acuerdo con la secuencia didáctica se logró avanzar al partir de la visión macroscópica a la microscópica planteada en la secuencia de contenidos. Lo anterior con la finalidad de explicar lo que sucede internamente cuando pones en contacto dos objetos a diferentes temperaturas.

A continuación resumiré brevemente los hallazgos encontrados en sus diferentes etapas de la tabla 6.34.

Al comparar los tres modelos de la etapa de exploración, el modelo predominante en esta etapa fue el del pescado en cocción, ya que la mayoría de los estudiantes lo mencionan. Aquí es evidente la visión macroscópica que representa al modelo, aunque sea el único modelo de los tres anteriores que no presenta condiciones. Por último cabe recalcar que la visión microscópica durante esta etapa está ausente.

En la segunda etapa de introducción de nuevos puntos de vista la visión macroscópica continua presente en forma de dos modelos y las condiciones al igual que en la etapa de exploración no aparecen. Sin embargo en esta etapa la visión microscópica hace su primera aparición con los componentes de modelo completo (elementos, relaciones y condiciones). Lo cual indica un progreso significativo en esa etapa.

En la última etapa de síntesis y aplicación, para el modelo macroscópico aparecen todas las características completas del modelo por primera vez, y en la visión microscópica aparecen completos todos los componentes que integran al MCEA. Recordando la muestra final fue de 33 estudiantes ya que faltaron a sesión 3 el día de esa actividad.

En efecto el *MCEA* cumplió con su objetivo, por un lado como hipótesis directriz en el diseño de la secuencia didáctica basada en la modelización, y por otro como un dispositivo metodológico para la construcción de los *modelos logrados*.

Conclusiones

A continuación se presentan las conclusiones que surgieron una vez que se implementó la estrategia didáctica para modelizar el fenómeno de conducción de calor, a nivel secundaria en la asignatura de Ciencias II (énfasis en física).

Considero importante iniciar este apartado contestando la pregunta de investigación/intervención que se planteó en el capítulo 1:

¿Será posible que los estudiantes expliquen el fenómeno de transferencia de calor por conducción a partir de la construcción de modelos explicativos mediante la implementación de una estrategia didáctica teniendo como referente al MCEA?

De lo anterior, puedo decir que sí es posible mejorar el aprendizaje de los estudiantes acerca del fenómeno de conducción de calor, lo cual se logró mediante la aplicación de una estrategia didáctica, en la que las actividades didácticas que la integraron, se diseñaron en función y utilidad del MCEA; cuya función fue servir como un dispositivo didáctico para el diseño de criterios y de actividades didácticas, en relación a los componentes que lo integraron: **elementos**, **relaciones** y **condiciones**.

De los resultados obtenidos de la intervención didáctica para conocer la transformación de los modelos explicativos de los estudiantes acerca del fenómeno de conducción de calor, se destacan los siguientes aspectos:

- De acuerdo con la tabla 6.35, donde se presenta la comparación de los modelos explicativos, se puede apreciar que en su totalidad la mayoría de las explicaciones en la primera etapa de la secuencia didáctica (exploración) es macroscópica y sus modelos explicativos no se relacionan con el fenómeno de transferencia de calor por conducción. Y prácticamente los **elementos** (más de dos cuerpos, materiales u objetos y fuentes de energía), **relaciones** (temperatura y calor) y **condiciones** (contacto, cambio de temperaturas) están
- Respecto a la segunda etapa (introducción de nuevos puntos de vista) la visión macroscópica sigue presente y la visión microscópica empieza hacer su

aparición. Los estudiantes ya identifican **elementos** (partículas o moléculas, temperatura), **relaciones** (interacción, movimiento) y **condiciones** (cambio de temperatura y contacto) a nivel microscópico.

- Para la tercera y última etapa (síntesis y aplicación) los modelos explicativos de los estudiantes alcanzan los dos niveles de representación en todos los componentes del modelo. A nivel macro: **elementos** (cuerpos 1 y 2), **relaciones** (interacción entre los cuerpos) y **condiciones** (contacto como transferencia de calor). A nivel micro: **elementos** (partículas), **relaciones** (interacción) y **condiciones** (diferencia de temperatura).

Como puede observarse, a lo largo de la secuencia didáctica se comprueba la evolución y complejización de los modelos explicativos de los estudiantes referentes al fenómeno de conducción de calor en ambos niveles.

A pesar de que no era un objetivo explícito de este trabajo de tesis se logró la diferenciación de los conceptos calor y temperatura, de manera implícita las actividades de la secuencia didáctica estuvieron encaminadas hacerlo desde el MCEA en la incorporación y distinción de sus componentes (elementos, relaciones y condiciones)

Una vez contestada la pregunta de investigación/ intervención que se planteó al principio de esta tesis, ahora corresponde hacer señalamientos de mejora durante y después de la implementación de la estrategia didáctica sobre conducción de calor.

Sugerencias para enriquecer la secuencia didáctica

Después de analizar los resultados y corroborar el alcance del MCEA respecto a los *Modelos Logrados*, se identificaron algunos puntos débiles o vulnerables de la secuencia didáctica que pueden ser mejorados en una futura implementación de la misma, como se señala a continuación:

- Para el análisis de los datos obtenidos durante la primera etapa de exploración, la utilización y el diseño de instrumentos tiene que estar encaminada en función de lo que se quiere modelizar.
- Respecto a la construcción de los instrumentos, las preguntas a resolver, deben diseñarse en función a los componentes del modelo: elementos, relaciones y condiciones.
- En el diseño de instrumentos no se requiere un número excesivo, con que se diseñen tres o cuatro, es más que suficiente. Lo importante en este caso es que las preguntas estén bien diseñadas para obtener la información que se quiere conocer.
- Para enseñar las formas de transferencia de calor, no se requiere más de tres clases o sesiones ya que, considero que este tema al tener bases sólidas como: teoría cinética de partículas y diferencia entre calor y temperatura. No habrá mayor problema para la enseñanza de dichos temas.
- La secuencia didáctica que propone Sanmartí (2002) es una buena opción para planear una secuencia de actividades, si bien, consume tiempo, vale la pena incorporarla en nuestra planeación como docentes.

- Una limitante que encontré al trabajar con la modelización, es que a los estudiantes se le pide pensar, actuar y comunicar, en relación al modelo, pero no todos los estudiantes están acostumbrados hacerlo. Resultando esto una dificultad para el profesor. Sin embargo, no hay que dudar en enseñarles esta nueva forma de trabajar.
- Lo anterior puede tener una solución con un entrenamiento previo a los estudiantes y también para el docente, ya que tiene que dominar el enfoque en estudio y me refiero a la modelización.
- La construcción de modelos es un trabajo complejo, pero alcanzable ya que acerca las ideas de los estudiantes sobre los fenómenos de la naturaleza a la ciencia escolar, al desarrollar competencias individuales y grupales en un salón de clases.

Por último, sugiero algunas recomendaciones puntuales al investigador y/o docente quien pretenda poner en práctica esta secuencia didáctica:

- Es importante conocer las ideas previas de los estudiantes sobre el fenómeno de estudio, ya que es el punto de partida para la enseñanza de las ciencias naturales.
- La modelización como un dispositivo pedagógico sirve para enseñar al alumno a pensar y argumentar lo que está construyendo en clase sobre cierto fenómeno.
- El Modelo científico escolar de arribo (MCEA) es útil ya que funciona como dispositivo de ayuda para el diseño de actividades didácticas (secuencias didácticas), con la finalidad de modelizar un fenómeno correspondiente a las ciencias naturales.

- Es importante considerar para la enseñanza de temas referentes a calor, la visión microscópica (Teoría cinética de partículas) y macroscópica (Termodinámica) del sistema, siempre en conjunto.
- Insistir en la visión microscópica de la materia para que los estudiantes se familiaricen con el mundo microscópico, así como el movimiento que presenta las partículas en los diferentes estados de la materia (sólido, líquido y gas).
- Sugiero el uso de un modelo compuesto por canicas o pequeñas pelotas que representen las partículas de las que está compuesta la materia para que los estudiantes conozcan e identifiquen el movimiento que tienen las partículas y la forma que poseen o adoptan los cuerpos en los diferentes estados de la materia.
- Es conveniente el diseño de actividades didácticas donde los estudiantes puedan diferenciar los conceptos calor y temperatura, antes de introducir otros conceptos como: transferencia de calor, dilatación, equilibrio térmico y estados de la materia, por ejemplo.

Referencias bibliográficas

- Adúriz- Bravo, A. e Izquierdo M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 1, 40-49.
- Adúriz, A., Gómez, A., Rodríguez, D., López, D., Jiménez, M., Izquierdo, M. y Sanmartí, N. (2011). Las ciencias naturales en educación básica: formación de ciudadanía para el siglo XXI. *Serie: Teoría y Práctica Curricular de la Educación Básica, SEP*.
- Adúriz-Bravo, A. (2010). Hacia una didáctica de las ciencias experimentales basada en modelos. *II Congr s Internacional de Did ctiques*.
- Adúriz-Bravo, A., Salazar, I., Mena y Badillo, E. (2006). La epistemología en la formación del profesorado de ciencias naturales: aportaciones del Positivismo Lógico. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 1 (1). 1-23.
- Álvarez, J. (2003). *Cómo hacer investigación cualitativa. Fundamentos y metodología*. México: Paidós.
- Bañas, C., Mellado, V. y Ruíz, C. (2004) Los libros de texto y las ideas alternativas sobre la energía del alumnado de primer ciclo de educación secundaria obligatoria. *Caderno. Brasileiro de. Ensino de Física*, 21(3), 296-312.
- Brock, W. (1998). *Historia de la Química*. Madrid: Alianza.
- Bunge, M. (1980). *Epistemología*. México: Siglo veintiuno editores.
- Caamaño, A. (2003). Los trabajos prácticos en ciencias. En M. Jiménez-Aleixandre (Coord.), *Enseñar ciencias*, (pp. 95-118). Barcelona: Graó.
- Camacho, J. y Pérez, R. (2005). Análisis de la transposición didáctica de los conceptos calor y temperatura en los libros de texto para la enseñanza de la química. *Tecne, Episteme y Didaxis*, 17, 117-128.

- Camelo, F. J., y Rodríguez, S. J. (2008). Una revisión histórica de calor: algunas implicaciones para su aprendizaje. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 23, 67-77.
- Cárdenas, M. y Ragout De Loozano, S. (1996). Explicaciones de procesos termodinámicos a partir del modelo corpuscular: una propuesta didáctica. *Enseñanza de las ciencias*. 14(3), 343-349.
- Castañeda León, R. (2012) *Ciencias 2 Física*. México: Santillana.
- Çengel, Y. A. y Ghajar, A. J. (2011). *Transferencia de calor y masa*. México: Editorial McGraw–Hill.
- Cervantes, L., De la Torre, N., Verdejo, A., Trejo, L., Córdova, J. y Flores, F. (Septiembre, 2001). El concepto de calor en termodinámica y su enseñanza. *Memorias del XVI Congreso Nacional de Termodinámica* (pp. 558-565). Facultad de Química, UNAM. México, D. F.
- Chamizo, J. A. (1997). Evaluación de los aprendizajes. Tercera parte: POE, autoevaluación, evaluación en grupo y diagramas de Venn. *Educación Química*, 8 (3), 141-145.
- Claudio, S. (2014). *La modelización del fenómeno de la sublimación con alumnos de educación secundaria: a partir de una estrategia didáctica basada en la modelización* (Tesis de maestría inédita). México: Universidad Pedagógica Nacional.
- Covarrubias, H. (2007). *Energía Física. Procesos de transferencia de calor*. México: Serie caleidoscopio editorial.
- Cuervo, A. (2009). *Ciencias 2 Física. El calor como energía en tránsito*. México: Oxford.
- Domínguez, J. M. (1996). La naturaleza de la materia y su utilización en el campo conceptual calor y temperatura. Un estudio transversal mediante mapas conceptuales. *Cad. Cat. Enseñanza de la física*. 13 (1), 11-31.
- Domínguez, J. M., De Pro Bueno, A. y García-Rodeja, E. (1998). Las partículas de la materia y su utilización en el campo conceptual de calor y temperatura: un estudio transversal. *Enseñanza de las ciencias*, 16(3), 461-475.

- Domínguez, J. M., García-Rodeja, E., Illobre, M. L., Castro, M., Gacía, S. y Rocha, A. (1996). La naturaleza corpuscular de la materia y su utilización en el campo conceptual calor y temperatura. Un estudio transversal mediante mapas conceptuales. *Cad. Cat. Enseñanza de la Física*, 13(1), 11-31.
- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículum en ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 6 (2), 109-120.
- Driver, R., Guesné, E. y Tiberghien, A. (1988). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata.
- Driver, R., y Oldham, V. (1988). Un enfoque constructivista del desarrollo curricular en ciencias. En R. Porlan, E. García, E. y P. Cañal. (Comp.), *Constructivismo y enseñanza de las ciencias* (pp. 113-134). Sevilla: Díada Editora.
- Duit, R. (2006). La investigación sobre la enseñanza de las ciencias. Un requisito imprescindible para mejorar la práctica educativa. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*. 11 (30), 741-770.
- Duschl, R. A. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias*. Importancia de las teorías y su desarrollo. Madrid: Narcea.
- Eheverría, J. (1995). *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Akal.
- Erickson, G., y Tiberghien, A. (1985). Calor y temperatura. En Rosalind D. E. Guesne, y A. Tiberghien, *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia* (pp.89-93). Madrid: Morata.
- Ernest, P. (1995). The One and the Many. En Leslie, P. Steffe y Gale J. *Constructivism in Education*, (pp. 459-486). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Flores, F., Gallegos-Cázares, L. y Reyes-Cárdenas, F. (2007). Perfiles y orígenes de las concepciones de ciencia de los profesores mexicanos de química. *Perfiles Educativos*. 116, 60-84.

- Flores, C. F., Gallegos-Cázares, L., García-Franco, A., Vega-Murguía, E. y García-Rivera, B. (2007). El conocimiento de los profesores de ciencias naturales. *Physics Education Research*, volumen 2, 1-15.
- Flores, C. F., Gallegos-Cázares, L., García-Franco, A., Vega-Murguía, E. y García-Rivera, B. (2007) El conocimiento de los profesores de ciencias naturales. *Physics Edducation Research*, 2, 1-15.
- Flores, F. y Barahona, A. (2003). Currículo de educación básica: contenidos y prácticas pedagógicas. En G. Waldegg, A. Barahona, B. Macedo y A. Sánchez (Coords.), *Retos y Perspectivas de las Ciencias Naturales en la Escuela Secundaria* (pp. 13-35). México: SEP.
- Freire, P. M. (1997). El giro cognitivo en Filosofía de la Ciencia. *Revista de Filosofía*, 17, 105-114.
- Furió, C., Solbes, J. y Furió, C. (2005). ¿Cómo se presentan los conceptos y modelos en la enseñanza de la termoquímica? Visiones distorsionadas de la ciencia en los libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, 1-6.
- Furió-Gómez, C., Solbes, J. y Furió-Mas, C. (2007). La historia del primer principio de la termodinámica y sus implicaciones didácticas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(3), 461-475.
- García, C. F. (2004). El cuestionario. *El cuestionario: recomendaciones metodológicas para el diseño de un cuestionario*. México: Limusa.
- García, J. L. y Rodríguez De Ávila, C. (1985). Preconcepciones sobre el calor en 2º de B.U.P. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (3),188-193.
- García, P. y Sanmartí, N. (2006). La modelización: una propuesta para repensar la ciencia que enseñamos. En M. Quintanilla y A. Adúriz-Bravo. (Eds.). *Enseñar ciencias en el nuevo milenio: Retos y propuestas*. (pp. 279-297). Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- García-Colín, L. (2002). *Y sin embargo se mueve. Teoría cinética de la materia* (4ª. Ed.). México: FCE, SEP CONACyT.

- García-Colín, L. (2011). De la máquina de vapor al cero absoluto. Calor y entropía. México: FCE, SEP CONACyT.
- Giere, R. (1999a). Didáctica de la ciencia basada en el agente. Roles para la filosofía de la ciencia y la ciencia cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra, 5-8.
- Giere, R. (1999b). Del realismo constructivo al realismo perspectivo. *Enseñanza de las ciencias*. Número extra, 9-12.
- Giere, R. (1999c). Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. *Enseñanza de las ciencias*. Número extra, 63-70.
- Gil, P., D. (1991). ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), 69-77.
- Gordon, J. (1995). *Tocar lo invisible*. México: Planeta.
- Hawking, S. (2003). *A hombros de gigantes*. Barcelona: Crítica.
- Holton, G. (1989). *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*. Barcelona: Editorial reverte.
- Incropera, F. P. y DeWitt, D. P. (1999). *Fundamentos de transferencia de calor*. México: Pearson Prentice Hall.
- Izquierdo, M. (1996) Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 008. Recuperado de <http://www.grao.com/revistas/alambique/008-naturaleza-e-historia-de-laciencia/relacion-entre-la-historia-y-la-filosofia-de-la-ciencia-y-la-ensenanza-de-las-ciencias>.
- Izquierdo, M. (2003). Enseñanza conocimiento especializado. Conocimiento y conceptos. En M., Cabré, J., Freixa y C., Tebe (Eds). *Terminología y conocimiento especializado*, (pp. 55-86). Barcelona: Universitat Pompeu Fabra.

- Izquierdo, M., Espinet, M., García, M., Pujol, R., y Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las ciencias*, Número extra, pp. 79-92.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999). Fundamentos y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*. 17 (1) 45-59.
- Jiménez, M. P., Caamaño, A., Oñorbe, A., Pedrinaci, E. y Pro Bueno, A. (2003). *Enseñar ciencias*. España: Editorial Graó.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias*. 24 (2), 173-184.
- Kind, V. (2004). Ideas de los estudiantes sobre la naturaleza corpuscular de la materia. En V. K. *Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*, (pp. 25-33). México: Santillana Aula XXI.
- López-Mota, A. y Rodríguez-Pineda, D. P. (2013). Anclaje de los Modelos y la Modelización científica en estrategias didácticas. *Enseñanza de las ciencias* Número extra, 2008-2013. ISSN: 0212- 4521.
- López-Mota, A., Rodríguez, D., Reyes, F., Flores, M., Martínez, T., y López, C., (2011). Dos líneas de investigación para el diseño de estrategias didácticas en la educación en ciencias: cambio conceptual y modelización. Balance. Ponencia presentada en el III Congreso Internacional y VIII Nacional de Investigación en Educación, Pedagogía y formación Docente, Bogotá, Colombia, 22-24 Agosto.
- López-Mota, A. (2003). Introducción. En López y Mota (Coord.), *Saberes científicos, humanísticos y tecnológicos: procesos de enseñanza y aprendizaje*. (Vols. I y II), México: COMIE/SEP/CESU, pp. 357-368.
- López-Valentín, D. M. (2013). Presencia de la visión ahistorica y aproblematica de la ciencia en la enseñanza del concepto de elemento químico. En Celestino C. y Brzenzinski, M. (Org.). *Aprendendo ciencia e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas*. (pp.451-460). São Carlos: Tipographia Editora Expressa.

- Machado, M. y Martínez D. (1994) El concepto de energía en los libros de texto: de las concepciones previas a la propuesta de un nuevo sublenguaje. *Enseñanza de las ciencias*. 12 (3), 369-380.
- Méheut, M. y Psillos, D. (2004). Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *Internacional Journal of Science Education*, 5 (26), 515-535. ISSN 0950-0963.
- Níaz, M. (1994). Más allá del positivismo: Una interpretación Lakatosiana de la Enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. 12 (1), 97-100.
- Perales, F. J. & Cañal, P. (2000). *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. España: Marfil, S. A.
- Posner, G., Strike., Hewson, P. & Gertzog, W. (1982). Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66 (2), pp. 221-227; v.e. Acomodación de un concepto científico: hacia una teoría del cambio conceptual. En Porlan, R., García y Cañal, P. (Comps.), *Constructivismo y enseñanza de las Ciencias* (pp. 89-112). Sevilla: Diana Editorial.
- Pozo, J. (1996). Las idea del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, a dónde van, y mientras tanto qué hacemos con ellas. *Alambique*: 7, 18-26.
- Psillos, S. (1994). A Philosophical Study of the Transition from the Caloric Theory of Heat to Thermodynamics: Resisting the Pessimistic Meta-Induction. *Study History Philosophy of Science*. 25, (2), 159-190.
- Rius de Repien. M. Y Castro- Acuña, C. (2003). *Calor y Movimiento*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Roa, Camarillo, E. y Quintanilla Robles, M. (2012). *Ciencias 2. La física a tu alcance*. México: Pearson.
- Rodríguez, S. C., Lorenzo, O. y Herrera, T. L. (2005). Teoría y práctica del análisis de datos cualitativos. Proceso general y criterios de calidad. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*. México. XV (2), 133-154.

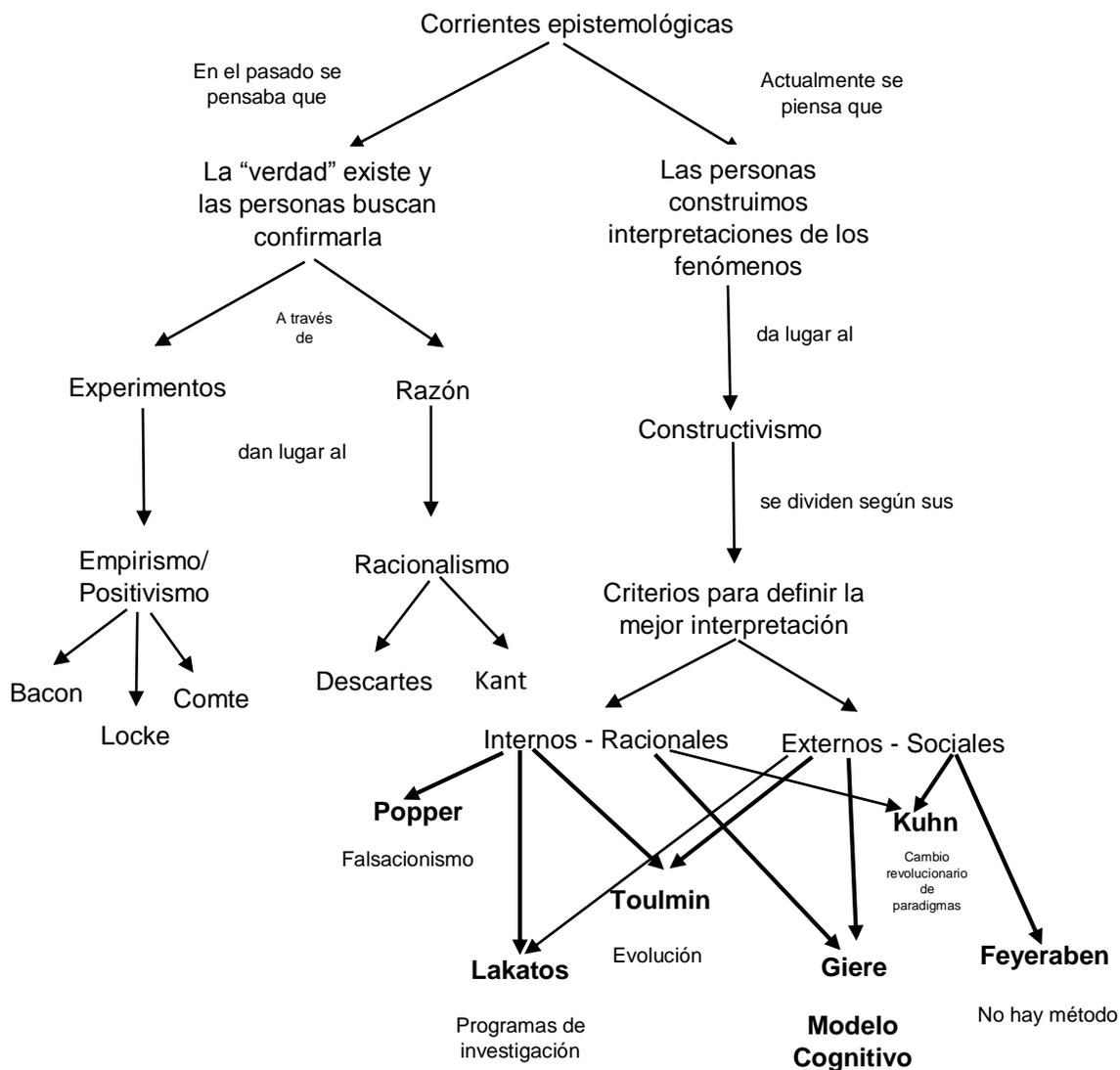
- Saltiel, E. y Viennot, L. (1985). ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes?, *Enseñanza de las ciencias*, 3 (2), 137-144.
- Sampieri, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010) *Metodología de la investigación* (5^o ed.). México: McGraw-Hill.
- Sanmartí, N. (2002). ¿Cuál es la naturaleza de la ciencia? En Sanmartí, N., *Didáctica de las ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria*, (pp. 33-54). Madrid: Editorial: Síntesis Educación.
- Sanmartí, N. (2002). Enseñar Ciencias en los inicios del siglo XXI En Sanmartí, N. *Didáctica de las ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria*, (pp. 11-29). Madrid: Síntesis Educación.
- Sanmartí, N. (2002). Instrumentos y recursos. En Sanmartí, N., *Didáctica de las ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria*, (pp. 277-294). Madrid: Editorial: Síntesis Educación.
- Sanmartí, N. (2002). Las actividades de evaluación. En Sanmartí, N., *Didáctica de las ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria*, (pp. 295-328). Madrid: Editorial: Síntesis Educación.
- Saramago, J. (2009). El viaje del elefante. México: Alfaguara.
- Savater, F. (1997). *El valor de educar*. México: SNTE.
- Schwarz, C., Reiser, B., Davis, E., Kenyon, L., Acher, A., y Fortus, D. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accesible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (6), 632-654.
- SEP. (2011). Programa de Estudio 2011. Guía para el Maestro. Educación Básica Secundaria. Ciencias.
- Tippens P. (2011). *Física. Conceptos y aplicaciones*. México: McGraw-Hill.
- Trigueros, G, M. y Pimentel, H, J. (2012) *Ciencias 2 Física*. México: Castillo

Vázquez, D. J. (1987). Algunos aspectos a considerar en la didáctica del calor.
Enseñanza de las ciencias, 5(3), 235-238.

Anexos

Anexo 1

Figura Esquema clasificatorio de las escuelas de pensamiento en Filosofía de la Ciencia (retomado de Sanmartí, 2002 y adaptado de Nussbam, 1989).



Anexo 2

Pre-cuestionario

Objetivo: este cuestionario servirá para indagar lo que saben los alumnos sobre la transferencia de calor y específicamente por conducción. Y así poder identificar su modelo explicativo inicial para elaborar actividades de enseñanza del tema.

Escribe en la línea lo que se te solicita:

Nombre: _____

Edad: _____ Grado y grupo _____ Fecha: _____

Nombre de la escuela: _____

Instrucciones: lee cuidadosamente cada pregunta y responde considerando las instrucciones que se te den para cada fin.

1.- ¿Qué sucede cuando colocas un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura? ¿Qué ocurre cuando ponemos en contacto un objeto caliente con uno frío?

2.- ¿Por qué crees que sucede lo que escribiste? Y trata de explicarlo mediante un dibujo. Coloca nombre a cada cosa que dibujes.

3.- ¿Conoces alguna o algunas formas en la que se transmite el calor? Si es así explica cuáles y en qué consisten. Elabora un dibujo donde expliques lo que sucede colocando nombre a cada cosa que dibujes.

Anexo 3

¿Qué es lo que sucede en los dos casos?

Objetivo: conocer las ideas previas que tienen los alumnos con respecto a la transferencia de calor por conducción.

Instrucciones: observa las siguientes imágenes



Anexo 4

Experimento de exploración inicial sobre transferencia de calor (conducción)

Objetivo: mediante el modelo POE, conocer que piensan los alumnos sobre la transferencia de calor y en especial por conducción y así saber qué relaciones y condiciones están presentes en sus predicciones y explicaciones.

¿Cómo puedes colocar una hoja de papel (cartulina) sobre el fuego sin que se queme o arda inmediatamente?

Predicción:
Observación:
Explicación:

Anexo 5

Matriz de resultados del pre-cuestionario

Copias textuales (respetando la falta ortográfica, redacción y otros).

<p>¿Conoces alguna o algunas formas en la que se transmite el calor? (dibujo)</p> <p>Elementos</p>	<p>¿Qué sucede cuando colocas un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura? O ¿Qué ocurre cuando ponemos en contacto un objeto caliente con uno frío?</p> <p>Relaciones</p>	<p>¿Por qué crees que sucede lo que escribiste? (dibujo)</p> <p>Condiciones</p>
1. Nido, mamá, huevos (crias)	"Quedan en temperatura normal. Por que el frío se calienta y el caliente se enfría"	"Si metes el hielo al café el hielo se calienta y se derrite y el café se enfría" "hielo y café"
2. "Un zarten, lo ponemos al calor y se calienta, lo cual podemos cosinar comida"	"El caliente se enfría un poco y el frío se pone tivo o se descongela"	"El sol (dibujo) persona (dibujo) se calienta mas rápido, una paleta se derrite"
3. "El sol hace sudar al ser humano por las temperaturas altas"	"El objeto se quedaría tivo"	"hielo, agua caliente, el hielo se derrite y se entibia el agua"
4. "El sol, encendedor" "y el sol es una fuente que transmite calor puedes transmitir el calor mediante el encendedor"	"Se derrite o se calienta al cuerpo frío"	"hielo y fuego" (dibujo) "el hielo se derrite al tener contacto con el calor"
5. "En un microondas, se transmite ondas que estas hacen que se caliente cualquier objeto"	"Chocan las temperaturas"	"Frio=calor"
6. "Perro y cobija" (dibujo) "se transmite un calor de la cobija al animal"	"El objeto que tiene mayor temperatura puede ser que empieza a derretir el objeto frío"	"Cubo de hielo y café" (dibujo) "es lo que sucede se derrite"
7. "Cuando las personas se abrazan (dibuja dos personas)	"Los dos se nivelan al mismo o a la misma temperatura"	"Porque siendo uno el mas frío y el otro caliente solo cambian por el contacto" Dibujo (dos tazas de café)
8. "Vapor, agua y lumbre" (dibujos) "cuando ponemos agua en la lumbre empieza a evaporarse y genera calor"	"Pues el objeto caliente se derrite en el objeto frío"	"Objeto caliente y cubo de hielo" (dibujo) "Se esta derritiendo el cubo de hielo en el objeto frío"
9. "Sol, lupa y hielo" (dibujo) "Cuando ponemos una lupa y tratamos de quemar algo"	"Lo frío se derrite pero los recipientes se entibian"	"Dibuja: agua caliente, hielo y agua tiva (hielito)"
10. "Una fogata o un termómetro o el clima de un carro, horno" (dibuja: fuego y gas)	"El de menor temperatura tendrá calor porque le transmite el de mayor. Se calienta el frío o se enfría el caliente dependiendo de que tan frío o caliente es"	Dibuja: una fogata y un cuerpo
11. "Cuando te abrazas (contacto)" "por algún metal se puede transmitir el calor dibuja:	"El objeto se transforma a una temperatura media, pero también depende de la cantidad"	"Un bote con algo caliente (dibujo) un vaso con hielos (dibujo) la temperatura se"

una cuchara y fuego)” “el algodón también transmite calor”	de temperatura este caliente o el frío”	empieza a transformar en media”
12.”El sol es caliente por lo tanto produce el calor (dibujo), el fuego y la estufa también”	“Los dos cuerpos se quedan igual, el objeto caliente se vuelve frío por el otro objeto frío”	“Los dos cuerpos se quedan igual (dibuja dos personas), la sopa en el refrigerador, se convierte en cubos de sopa y esta frío (dibujo)”
13.”Mi dibujo representa a los niños y tienen contacto con el sol, por lo rayos solares (dibuja: el sol, rayos solares y dos niños)	“Normalmente sale vapor si es una estufa. El objeto frío se empieza a entibiar al igual que el caliente”	“Al momento que el agua haga contacto con el sartén éste hace que salga vapor por el estado gaseoso (dibuja: sartén y agua caliente)” “Se obtiene un agua tibia ya que se invierten. Uno disminuye su temperatura y la otra aumenta (dibuja: agua fría y agua caliente)”
14.”El sol le transmite calor a la flor para que pueda crecer (dibuja: sol y una flor)”	“Se calienta el otro de menor temperatura, se ponen tibios ya que uno esta caliente y el otro frío”	“Ocurre por que uno esta muy caliente que la otra. Ocurre por que los dos están a una temperatura diferente”
15.”Con fricción entre dos cuerpos, con fuego, con contacto cercano entre dos cuerpo, con un movimiento continuo” Dibuja: un cuerpo (correr calienta el cuerpo) hacer fricción con las manos y cuando alguien abraza a alguien.	“El frío se calienta por el calor”	“Por que el calor convierte lo frío a caliente” dibuja: agua fría, una fogata –calor y un sol polo norte (frío).
16.”Atraves del fosforo y combustible” dibuja: una fogata, gasolina, sol, lupa y un objeto quemándose.	“El objeto caliente hace que se derrita el objeto frío”	“El hielo se esta derritiendo por el calor del sartén” (dibuja: fuego y un sartén con un hielo derritiéndose)
17.”Cuando se vierte algo muy caliente a un vaso de plástico el vaso se calienta aunque esta frío” Dibuja: agua caliente, vaso a temperatura ambiente. El plástico es transmisor de calor, el vaso se calienta inmediatamente.	“Cuando se ponen en contacto un objeto caliente con uno frío los dos cambian de temperatura, tanto el caliente le transmite el calor al frío como el frío al caliente”	Dibuja: dos vasos con agua helada y agua hirviendo. “El agua fría baja la temperatura de el agua hirviendo. Mientas el agua hirviendo sube la temperatura del caliente”
18.”Sol, tinaco, tubería, llave de agua” “Sopa y microondas”	“Existe un choque en las temperaturas y hay un desnivel entre ambas”	Dibuja: hielo y fuego. “Aumenta la temperatura y pasa de ser un solido a un liquido (hielo). Reduce momentáneamente la temperatura, hay desequilibrio”
19.Dibuja: cobija y una persona, sol y una persona. “Cuando te acuestas y te cobijas produce calor” “Cuando te expones a los rallo del sol”	“Puede ser que el caliente derrita al frío o al revés el caliente se enfria dependiendo de la temperatura”	Dibuja: agua caliente y hielo
20.”Pues como en un fuego se queman varas secas o leña, se puede agarrar una y pasarse a otra leña de otro lugar y ya, así se traspa o transmite el calor	“Pues el de mayor temperatura calienta al de menor temperatura” El objeto frío con el calor se derrite o lo vuelve tibio luego caliente”.	El hielo con el calor se derrite, el calor se conserva. Dibuja: un hielo (cubo) y fuego (fogata).

o por medio de alguna toalla mojada con agua caliente se puede dar a algún enfermo que tenga frío.		
21. "Por el calor de el Sol por lo rayos solares se transmite. Dibuja: un helado, el cual se derrite por los rayos del sol".	"Se convinan las dos sustancias y se ase tivo"	Solo dibuja: Vaso con agua fría, vaso con agua caliente, se mezclan y resulta agua tivia.
22. Dibuja y escribe: "el pollo transmite el calor a una mano la mano aumenta su temperatura".	"porque un objeto caliente tiene un calor inverso que el frío y el objeto caliente desenfria el objeto con menor temperatura"	Dibuja: dos juguetes (coches) uno caliente y otro frio. Escribe: "Al chocar o juntarlos el juguete puede transmitir lo caliente a otro".
23. "La fricción consiste en tallar dos cuerpos produciendo fricción y por lo tanto calor"	"Depende de su temperatura, si están en grados iguales pero + - , los dos se van anivelando. El caliente se vuelve frio, y el frio se vuleve caliente (solo un poco) se tibian los dos".	No codificable
24. "El hielo se está derritiendo por el calor que le transmite la flama de serillo". Dibuja un cubo de hielo y un serillo.	"Se entibia, no esta caliente pero tampoco esta frio".	Dibuja: dos vasos de agua; tivia y caliente.
25. "Si, Ej: cuando toco un hielo y lo pongo en mi mano le transmito mi calor corporal y lo derrito". Dibuja una mano con calor corporal y un hielo (se derrite con el calor corporal de la mano.	"Se valansean las temperaturas y aveses se vuelven tibio, frios, calientes"	Dibuja: diferentes vasos con agua (fría, caliente y tibia).
26. "La estufa a un sartén un azador a la carne, una plancha a la ropa". Dibuja: un azador caliente y otro asador con carne calentándose y carne caliente.	"El de mayor temperatura se mescla con el de menor temperatura y se enfría el caliente un poco".	Dibuja: cuatro vasos con agua: caliente y tibio. Se convinan
27. "Dibuja dos personas y escribe: el calor humano calienta. Frotarse las manos hace calor".	"Se calienta un poco más y se desconjela"	Dibuja una fogata (fuego) y un cubo de hielo. Escribe: se desconjela porque el fuego lo derrite porque el hielo es de menor temperatura.
28. "Tapandote con una cobija o tomando un te o un café o un caldo de pollo"	"Se enfria lo que esta caliente cuando ace contacto con lo frio".	No codificable
29. Dibuja dos personas abrazándose y escribe: "cuando un abraza a alguien"	"Los dos cambian de temperatura"	Dibuja: un sartén (caliente con un cubo de hielo. Escribe: "El sarten se enfria y el hielo se derrite".
30. "Se puede transmitir por medio del sol de ahí tomamos el calor".	"Cuando se juntan se enfría o puede tener una temperatura media"	Dibuja: una fogata (fuego) y un cubo de hielo.
31. "El sol le esta dando calor al cuerpo humano"	"Se entibia o se hace frío dependiendo la cantidad que le echas"	Dibuja: Vasos con agua fría, caliente y da como resultado agua tivia.
32. "Sí el hormo o microondas	"Se consume y se evapora"	Dibuja un hielo y el fuego.

consiste en calentar cosas frías". Dibuja un microondas y escribe: el microondas calienta a la chuleta (contiene calor)		Escribe: "porque una cosa esta caliente y la otra fría"
33. "Abrazando a un apersona se transmite el calor"	"Se enfrían la guntarlos y el cuerpo de mayor temperatura es mas que el menor"	"Al guntarlos se enfria el agua". Dibuja: dos vasos con agua fría y caliente.
34. "Al momento de que alguien hace una fogata se transmite el calor a la persona". Dibuja: una persona y una fogata	"El que esta frio probablemente se caliente o viceversa"	No codificable
35. "Pues en diversas maneras como por medio de la electricidad, el sol, la éolica, etc". Ejemplo: una plancha se conecta a un enchufe y se calienta y cuando esta caliente transmite calor. Dibuja: una mesa y una plancha conectada.	"Pues que el caliente se puede enfriar y si es un objeto como el hielo pues lo caliente lo deshace".	"Pues por que no todo es igual y reacciona de la misma forma.
36. Dibuja una casa y los rayos del Sol. Escribe: "En un cuerto con techo de lámina se está transmitiendo calor debido a que los rayos del Sol pegan a ella".	"Que el objeto frío se calienta mas rápido"	"Porque tiene mayor temperatura". Dibuja: fuego y una olla con agua fría que después hierve.

Anexo 6

Matriz de resultados de las preguntas del instrumento (Pre-cuestionario)

Copias textuales (respetando la falta ortográfica, redacción y otros).

	¿Conoces alguna o algunas formas en la que se transmite el calor? (dibujo)	¿Qué sucede cuando colocas un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura? o ¿Qué ocurre cuando ponemos en contacto un objeto caliente con uno frío?	¿Por qué crees que sucede lo que escribiste? (Dibujo)
N. A	Elementos	Relaciones	Condiciones
1	Nido-huevos (crias)	Contacto (cuerpo 1 y 2) Temperatura normal (frío se calienta y caliente se enfría)	-
2	Zarten, calor	El caliente se enfría un poco y el frío se pone tibio o se descongela	El sol caliente
3	El sol Temperaturas altas	tibio	Lo caliente derrite
4	El sol, encendedor	Se derrite o se calienta (frío) Transmite el calor	El hielo se derrite al tener contacto con el calor
5	Microondas Objeto Ondas	Chocan las temperaturas Transmiten ondas	
6	Perro Cobija Calor	Derretir (el objeto de mayor temperatura al objeto frío) Transmite un calor	-
7	Personas se abrazan	Se nivelan a la misma temperatura	Cambian por el contacto (frío-caliente)
8	Vapor Agua Lumbre	Se genera calor Se derrite (caliente-frío)	-
9	Lupa Algo Sol Hielo	Lo frío se derrite y lo caliente se entibia	-
10	Fogata Termómetro Clima Carro Horno	Transmisión (el de menor temperatura tendrá calor)	-
11	Abrazar (dos personas)	Contacto Se transforma (el objeto a una temperatura media, pero también depende de la cantidad de temperatura)	-

12	Sol Fuego Estufa	Producen calor Se quedan igual (el objeto caliente se vuelve frío por el otro objeto frío)	-
13	Sol-rayos solares Personas (dos)	Sale vapor o se entibia (objeto- temperatura)	Contacto (se invierten o disminuyen su temperatura)
14	Sol Flor	Transmite calor Se ponen tibios (se calienta el de menor temperatura)	Temperatura diferente
15	Cuerpo corriendo Fricción Dos cuerpos (abrazo)	Se derrite (frío-calor) Contacto Movimiento continuo	Convertir (el calor a lo frío o caliente)
16	Fosforo Combustible (gasolina) Sol	Se derrite (el objeto caliente al objeto frío)	Debe haber calor
17	Agua Vasos Plástico Calor	Contacto – cambio de temperatura (el objeto caliente con el frío) Transmite calor	-
18	Sol Sopa Microondas Hielo fuego	Coque en las temperaturas (desnivel entre ambas)	Aumento de temperatura Cambio de estado (solido a líquido) Desequilibrio
19	Cobija Cama Sol Persona	Produce calor Se derriten (el caliente- al frío o el caliente se enfría) Temperatura	Rayos de sol
20	Dos personas Fuego Varas secas o leña	Se derrite (el objeto frío-con el calor, tibio y luego caliente)	-
21	Rayos de sol Helado Casa Calor	Se convinan (sustancias) Calor	-
22	Pollo Calor Mano Temperatura	-Aumento de temperatura -Transmisión de calor -Calor inverso (objeto caliente al frío) -Derrite o desenfría (el objeto con menor temperatura)	Al juntarlos (le transmite lo caliente al otro frío)
23	Fricción Dos cuerpos calor	Frotamiento o tallar Temperatura (grados de temperatura)	-
24	Hielo Calor transmitido Flama cerillo	Se entivian	-
25	Calor corporal Hielo Calor transmitido mano	Transmisión de calor Balance de las temperaturas (tibios, fríos o calientes)	-

26	<i>Estufa Sarten (caliente) Azador Carne Plancha Ropa</i>	<i>Se mezclan</i>	
27	<i>2 personas 2 manos Calor Caliente</i>	<i>Frotamiento Se derrite o descongela</i>	
28	<i>Cobija Té o café Caldo de pollo</i>	<i>Contacto</i>	
29	<i>2 personas</i>	<i>Cambio de temperatura</i>	
30	<i>Sol Dos personas Calor</i>	<i>Juntar Temperatura media</i>	
31	<i>Sol Cuerpo humano</i>		
32	<i>Microondas Chuleta Calor</i>	<i>Se consume o se evapora</i>	
33	<i>Dos personas</i>	<i>Transmiten calor Juntarlos</i>	
34	<i>Persona Fogata</i>	<i>Transmite calor</i>	
35	<i>Plancha Electricidad Sol</i>	<i>Conectar (contacto)</i>	<i>Transmite calor Calor</i>
36	<i>Sol o Rayos de sol Casa Fuego</i>	<i>Transmite calor Rapidez</i>	<i>Mayor temperatura a menor temperatura</i>

Anexo 7

Matriz de datos de POE/ Explicación

¿Cómo puedes colocar una hoja de papel sin que esta se queme?

N. A	Elementos	Relaciones	Condiciones
1	-Hoja -Fuego -Agua	Se pasara calor	
2	-Hoja -Fuego -Agua	Fluye	
3	Agua Hoja mojada	Transmite calor	
4	Hoja mojada Fuego Agua	Da calor	
5	Hoja mojada Fuego Agua	Transmite el calor	
6	Hoja mojada Agua	Fluye	
7	Hoja	Transmite el calor	
8	Hoja de papel (estado sólido) Fuego Agua	Transmite calor	
9	Hoja mojada Agua	Transmite calor	
10	Hoja Agua	Transmite el calor	
11	Hoja (solido) Moléculas (juntas)	Transmite el calor	
12	Hoja mojada Agua	Quita calor	
13	Hoja mojada Fuego Frío y caliente	Transmite calor	
14	Hoja mojada Fuego	Transmite calor	
15	Hoja mojada	Pasa calor	
16	Hoja mojada Fuego	sedio el calor	
17	Hoja Agua Flama	Transmitió el calor	
18	Hoja Agua	Transmite el calor	
19	Hoja Agua	El calor se transmite	
20	Hoja mojada Vela	Pasa el calor	
21	Hoja mojada Fuego Agua	Transmitio el calor recibido	
22	Hoja mojada	Pasa el calor	

	Vela		
23	Hoja mojada Fuego	Cedió el calor	
24	No codificable		
25	No codificable		
26	Hoja mojada Fuego	Agarro calor	
27	No codificable		
28	Hoja mojada Fuego	Se paso el calor	
29	Hoja mojada Fuego	Transmitio el calor	
30	Hoja mojada Fuego	Se paso el calor	
31	Hoja mojada Fuego	Fluye el calor	
32	Hoja mojada Fuego	Se paso el calor	
33	No codificable		
34	No codificable		
35	No codificable		
36	Hoja mojada Fuego Agua	Cedió calor	

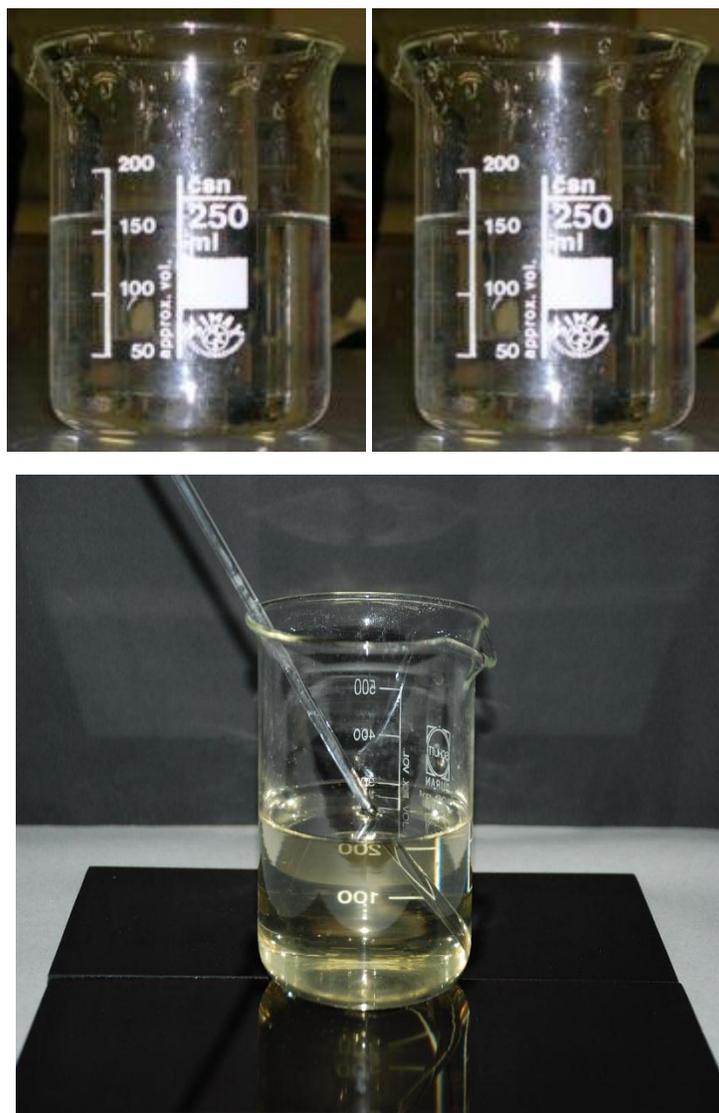
Anexo 8

¿Es calor o es temperatura?

Objetivo: Diferenciar calor de temperatura.

Material:

- Tres vasos de precipitado
- Termómetro
- Agua a diferente temperatura



Anexo 9

Modelo POE de conducción de calor

Instrucciones: Mediante la pregunta que se te presenta a continuación ¿Qué es lo que sucederá con la mantequilla? Y ¿Por qué crees que sucede? Responde las siguientes indicaciones. No olvides describir todo aquello que dibujes.

Fenómeno: Tenemos un pedazo de mantequilla atravesado por un alambre de aluminio el cual de un extremo está calentándose, después de un tiempo transcurrido: ¿Qué ocurrirá y por qué crees que suceda?

Predicción

a) Escribe y dibuja lo que crees puede ocurrir.

b) Escribe las razones sobre por qué crees que las cosas pasan de esa forma.

Observación:

Dibuja y describe lo que viste.

Explicación:

a) Compara tus observaciones con tus predicciones. ¿Fue acertada tu predicción? ¿Cambio en algo tu predicción con lo que observaste? Escribe y explica tus argumentaciones.

b) Con la información adicional proporcionada con la explicación del fenómeno. Describe, dibuja y explica lo que realmente sucede con lo observado.

Anexo 10

Matriz de resultados de predicción del POE

Predicción	Elementos	Relaciones	Condiciones
1."El trozo (mantequilla) se derretirá por el alambre que se esta calentando porque el alambre se calienta completamente porque es aluminio"	-Trozo de mantequilla -Alambre (calentado)	Derretir	
2."Como el alambre es conductor de calor, hará el momento de chocar con la mantequilla, esta se derretirá y la hará caer"	- Alambre (conductor de calor) -Mantequilla	Derretir	Chocar
3."Porque el aluminio (alambre) es conductor de calor y la mantequilla recibe el calor y se hace líquido"	-Alambre (conductor de calor) -Mantequilla	Recibe calor	
4."El alambre se calienta de un lado y se va a ir derritiendo (mantequilla) porque se pasa la energía"	-Alambre (caliente) -Mantequilla	Derretir	Pasa la energía
5. "porque el aluminio se calentara y lo derritira. Se derritira la mantequilla debido al calor que recibirá por el aluminio que es traductor de calor".	-Alambre -Mantequilla	- Se derritira -Calor recibido=calor	
6. "Se derrite la mantequilla porque la mantequilla se calienta y se va derritiendo poco a poco gracias a la lumbre"	-Mantequilla -Lumbre	Derretir	
7. "Porque el alambre esta caliente y derrite la mantequilla"	-Alambre (caliente) -Mantequilla	Derrite	
8." Porque se calienta el almbre y transmite el calor de la vela y se empieza a derretir porque el alambre es conductor".	-Almbre (conductor) -Vela	-Transmite calor -Derretir	
9."Se derrite poco a poco la mantequilla se	-Mantequilla -Alambre	Se derrite (poco a poco)	

derrite pero el alambre no y con el fuego se derrite mucho más rápido”	-Fuego		
10.” Yo creo que la mantequilla se va a derretir porque el alambre se calentara y al tocar la mantequilla se derritira la mantequilla, porque la mantequilla se va a calentar y derretir”	-Alambre (caliente) -Mantequilla	-Derretir -Tocar (alambre- mantequilla)	
11.”la mantequilla se va a derretir, porque fue un sólido”	-Mantequilla (sólido)	-Derretir	
12.”La mtantequilla se derrite porque recibe calor del alambre, porque el alambre se calienta y al calentarse sus moléculas afectan a las de la mantequilla y la derrite”.	-Moléculas -Mantequilla -Alambre (caliente)	-Afecta -Derretir	Recibe calor
13.” Se va a derretir poco a poco la mantequilla (liquido) y toda la comida liquida se derrite con el fuego y con el alambre se transmite calor	-Mantequilla -Alambre -Fuego	-Derretir -Transmite calor	
14.”Se derrite por el calor que transmite el aluminio por la termorrecepción, el calor hace que se valla derritiendo la mantequilla, pues la mantequilla tiene que estar fría”.	-Aluminio -Mantequilla (fría)	Derrite	Por el calor que transmite
15.”La mantequilla se derritira por la transmisión de calor”	Mantequilla	Derretir	Transmisión de calor
16.” Porque la energía produce calor y el calor hace que la mantequilla se derrita. Calor=fuente de energía (vela)”	-Mantequilla -Alambre -Fuente de energía: vela	Energía (calor) Derretir	Calor producido
17.”El calor hara que se derrita la mantequilla”	Mantequilla	Derretir	Calor
18.”porque el alambre de aluminio se va a calentar y se derrite la	-Alambre (caliente) -Mantequilla	Derrite	

mantequilla”			
19.”Se va a derretir la mantequilla, porque el calor se propaga en todo el alambre”	-Mantequilla -Alambre	Derretir Propagar	Calor
20.”Se derretir la mantequilla, porque el aluminio se calienta y la mantequilla no aguanta el calor y se derrite	-Mantequilla -Alambre (caliente)	Derretir	Calor
21.Se va a derretir la mantequilla y el aluminio lo va a quemar, porque al poner el aluminio sobre la vela y la mantequilla se va a deshacer”	-Mantequilla -Aluminio -Vela	Derretir o desasen	
22.”Al calentar la mantequilla se empieza a derretir porque recibe el calor y la mantequilla se empieza a derretir”	-Mantequilla	Derretir	Recibe el calor
23.”La veladora encendida calienta al aluminio y mantequilla. El alambre es conductor de calor y hace que la derrita porque el aluminio traspasa calor”	-Veladora -Aluminio (conductor) -Mantequilla -Calor	Derretir o traspasar	
24.”porque se derrite por el calor, o la fuente de energía que calienta el alambre”	-Alambre (caliente) -Fuente de energía	Derretir	El calor
25.”Se va a derretir porque el aluminio atrae más el calor”	-Aluminio -Calor	Derretir Atrae	
26.”Porque la mantequilla tiene una temperatura menos osea es fría le pones calor o una fuente de calor y como no es los suficiente fría se derrite”	-Mantequilla -Temperatura fría -Calor -Fuente de calor	Derretir	
27.”Pues la mantequilla se va a derretir hay una fuerza dada en el alambre a la mantequilla”	-Mantequilla -Alambre	Derretir Fuerza dada	
29.”Se derrite la mantequilla porque el	-Mantequilla -Aluminio (conductor)	Derretir	Calor

calor derrite cualquier cosa con un conductor de aluminio, acero y otros metales".			
--	--	--	--

Anexo 11

Matriz de datos de la explicación POE (Introducción de nuevos puntos de vista)

Explicación	Elementos	Relaciones	Condiciones
1. Las partículas de la mantequilla se dispersan	-Partículas -Cuerpo 1 (mantequilla)	-Se dispersan	No
2. El calor hace que las partículas se expansen y hace o provoca un cambio e temperatura (el alambre se calienta y conserva su forma original, la mantequilla se derrite y cambia su forma) y por lo tanto la mantequilla se derrite con el calor transportado por el alambre	-Partículas -cuerpo 1 (alambre) -Cuerpo 2 (mantequilla)	-Se expansen (las partículas)	-Calor o calor transportado Cambio de temperatura
3. La mantequilla se derrite con por el calor (el calor avanza por el alambre)	-Cuerpo 1 (mantequilla) -Cuerpo 2 (alambre)	- El calor (avanza por el alambre)	No
4. Se quema la mantequilla	-Mantequilla		No
5. El calor de la vela lo transmitio al aluminio el aluminio a la mantequilla. La mantequilla se derritió por la interacción, el alambre sus partículas interactuaron y derritieron la mantequilla y de la vela su calor iso que interactuaran las partículas del aluminio.	-Partículas -Cuerpos 1 (vela) -Cuerpo 2 (aluminio) -Cuerpo 3 (mantequilla)	-Interacción (las partículas) - Calor (transmitido)	No
6. la mantequilla tarda pero se derrite y puede romper	-Cuerpo 1 (mantequilla)		no
7. La mantequilla se derritió y se partio (cachos).	- Cuerpo 1 (mantequilla)		No
8. Sucede que la vela o la flama se empieza a calentar por medio del alambre y entonces la mantequilla empieza a calentar por medio de este alambre.	-Cuerpo 1 (vela o flama) -Cuerpo 2 (mantequilla: calienta) -Cuerpo 3 (alambre)		No
9. Esto sucedió por la	-Cuerpo 1 (alambre)	-Interacción (vibración)	-Cambio de temperatura

interaccion vibración de partículas el cambio de temperatura y calor (dibuja: alambre, vela, fuego y mantequilla).	-Cuerpo 2 (vela o fuego) -cuerpo 3 (mantequilla)	de partículas)	-Calor
10. Las partículas (dibuja las partículas) se encuentran en movimiento al cambiar de temperatura.	-Partículas	-Movimiento (partículas)	Cambiar de temperatura
11. El alambre fue la fuente de energía puede que el alambre se empezó a calentar y cuando llego a la mantequilla se derrite poco a poco. La flama fue llegando al alambre y cuando llego se empezó a reditir toda la mantequilla.	-Cuerpo 1 (alambre) -Cuerpo 2 (mantequilla) -Fuente de energía (flama)	-Poco a poco (tiempo)	-----
12. El calor modifica las moléculas o partículas del aluminio y eso ase que se caliente y el aluminio modifica el de la mantequilla y como es solida la derrite.	-Moléculas o partículas -Cuerpo 1 (mantequilla sólida) -cuerpo 2 (aluminio)	- El calor modifica (las partículas del aluminio)	-----
13. El alambre produce calor y la mantequilla esta fría porque el fuego transmitio calor y el alambre recibe el calor y como la mantequilla es fría por eso.	- Cuerpo 1 (alambre: caliente) -Cuerpo 2 (mantequilla: fría)	-Produce calor o transmite calor, recibe calor (el alambre a la mantequilla)	-----
14. Lo que cambio fue la vela, y que las moléculas empiezan a cambiar de estado por el cambio de temperatura. Las partículas van cambiando, la mantequilla y el alambre son solidos por lo tanto con el calor de la flama se va derritiendo la mantequilla.	- Moléculas o partículas (cambian de estado o cambian) -Cuerpo 1:Vela -Cuerpo 2:Alambre -Cuerpo 3: Mantequilla	Calor	-Cambio de temperatura
15. El alambre se calienta y se derrite la mantequilla.	-Cuerpo 1: Alambre (caliente) -Cuerpo 2: Mantequilla (derrite)		-----
16. Las partículas del alambre interaccionan y producen el suficiente calor para que se derrita	-Partículas -Cuerpo 1 (alambre) -Cuerpo 2 (mantequilla)	-Interaccionan	-----

la mantequilla y paso a estado líquido.			
17. La mantequilla cambia de temperatura. Con la vibración de partículas en el alambre a causa del calor sucede un cambio de temperatura en la mantequilla (dibuja: vibración de partículas).	-Cuerpo 1 (mantequilla) -Cuerpo 2 (alambre)	- Vibración de partículas	-Cambio de temperatura
18. Nada			
19. Las moléculas calientes se esparcen y se calienta todo. Las moléculas se esparcen por todo el alambre y eso hace que se caliente y se derrita la mantequilla.	-Moléculas (calientes) -Cuerpo 1 (alambre) -Caliente -Cuerpo 2 (mantequilla)	-Se esparcen	-----
20. Se calienta el aluminio y se cae la mantequilla.	-Cuerpo 1 (aluminio) -Cuerpo 2 (mantequilla) - Caliente		-----
21. La flama caliente al alambre y a la mantequilla.	- Cuerpo 1 (flama) -Cuerpo 2 (alambre) -Cuerpo 3 (mantequilla) - Caliente		-----
22. Las partículas empezaron a tener movimiento o vibración (alambre) lo que proboco que hubiera un cambio de temperatura en el alambre y la mantequilla recibió el cambio de temperatura (dibujo) la mantequilla se encuentra en estado solido.	-Partículas -Cuerpo 1 (alambre) -Cuerpo 2 (mantequilla:sólido)	-Movimiento o vibración (partículas)	-Cambio de temperatura
23. El alambre es un conductor de calor e hizo que se derritiera la mantequilla. (Dibujó: mantequilla sólido, alambre sólido, el alambre tiene partículas y por el cambio de temperatura interaccionan con la vibración de partículas (dibujo).	-Partículas -Cuerpo 1 (mantequilla: sólida) -Cuerpo 2 (alambre: sólido)	-Interaccionan (vibración de partículas)	-Cambio de temperatura
24. El alambre se calentó, se derrite por las partículas que interactúan (dibujo).	-Cuerpo 1 (alambre caliente) -Cuerpo 2 (mantequilla: se derrite)	-Interactúan (partículas)	-----
25. Las partículas	-Partículas (vibran)	-Vibración	-----

(vibran) del alambre hicieron que se calentara para que la mantequilla se derritiera (dibujo).	-Cuerpo 1 (alambre caliente) -Mantequilla (se derrite)		
26. las moléculas se separaron y así se derritió. El alambre y la mantequilla (sólidos) en la mantequilla se comienzan a separar las moléculas y así se derrite.	-Moléculas -Cuerpo 1 (alambre: sólido) -Cuerpo 2 (mantequilla: sólido)	-Se separan (las moléculas de la mantequilla)	-----
27. La mantequilla se derrite por las partículas dadas y se van expandiendo.	-Cuerpo 1 (mantequilla) -Partículas	-Se van expandiendo	-----
28. Nada			
29.No se sabe en cuanto tiempo se derretirá la mantequilla las moléculas se separan con el calor. Las partículas del alambre interactúan (cambio de temperatura) y hace que se calienten pues como es un conductor de calor derretió a la mantequilla. (Dibujo).	-Cuerpo 1 (mantequilla) -Cuerpo 2 (alambre) -Partículas	-Interacción	-Cambio de temperatura
30. La mantequilla al calentarse se empesaba a pasar de sólido a líquido por la interacción de partículas del alambre se calentó y las moléculas de la mantequilla se expandieron. (Dibujo)	-Cuerpos 1 y 2 -Partículas	- Interacción de partículas - Se expandieron (partículas).	
31. Lo que ocurrió es que las moléculas del alambre interactuaron con la flama y eso hizo que la temperatura y el calor se expandiera y hizo que se derretiera la mantequilla.	-Moléculas -Cuerpo 1 y 2 -Temperatura -Calor	-Interacción -Expandición (temperatura y calor)	
32. La flama causa calor y como la mantequilla es fría se daa por la interacción de las partículas debido a la temperatura que llega y calienta la mantequilla.	-Flama -Cuerpo 1 (mantequilla) -Cuerpos calientes y fríos - Partículas	-Calor -Interacción (temperatura y las partículas)	

33. No codificable			
34. Despues las partículas del alambre empiezan a interaccionar y se derrite la mantequilla (solido).	-Cuerpo 1 y 2 (sólido) -Partículas	-Interacción	
35. Se transmite calor de la vela a la mantequilla (sólido) y ocurre por la interacción de las partículas (vibración).	-Cuerpo 1 y 2 (sólido) -Particulas	-Transmite calor -Interacción -Vibración	
36. La mantequilla se derrite ya que el aluminio es conductor de calor, esta aumenta y está en contacto con la mantequilla.	-Cuerpo 1 y 2 -Calor		-Contacto

Anexo 12

Post-cuestionario

Escribe en la línea lo que se te solicita:

Nombre: _____

Edad: _____ Grado y grupo _____ Fecha: _____

Nombre de la escuela: _____

Instrucciones: lee cuidadosamente cada pregunta y responde considerando las instrucciones que se te den para cada fin.

1.- ¿Qué sucede cuando colocas un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura? ¿Qué ocurre cuando ponemos en contacto un objeto caliente con uno frío?

2.- ¿Por qué crees que sucede lo que escribiste? Y trata de explicarlo mediante un dibujo. Coloca nombre a cada cosa que dibujes.

3.- ¿Conoces alguna o algunas formas en la que se transmite el calor? Si es así explica cuáles y en qué consisten. Elabora un dibujo donde expliques lo que sucede colocando nombre a cada cosa que dibujes.

Anexo 13

Resultados del post-cuestionario (Etapa de síntesis y aplicación)

N. A	¿Conoces alguna o algunas formas en la que se transmite el calor? (Elementos, relaciones y condiciones)	¿Qué sucede cuando colocas un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura? o ¿Qué ocurre cuando ponemos en contacto un objeto caliente con uno frío? (Relaciones y condiciones)	¿Por qué crees que sucede lo que escribiste? (Dibujo) (Elementos, relaciones y condiciones)
1	Conducción, convección y radiación. Es una transferencia de calor que ocurre en cuerpos que esta en contacto y estos son sólidos	Los objetos se neutralizan porque se equilibran térmicamente por la transferencia de calor	Se presentan dos cuerpos a diferentes temperaturas y entre ellos hay transferencia de calor
2	Conducción: ocurre por la interacción de las partículas en un cuerpo solido provocando un cambio de temperatura	Se nivelan sus temperaturas (equilibrio térmico) por la transferencia de calor	El de mayor temperatura domina, opaca al de menor temperatura cuando están en contacto directo
3	Estar juntos para mantener el calor	Se transmite el calor de un cuerpo a otro	Porque el calor es una energía que se puede compartir con otros cuerpos
4	Conducción, convección y Radiación. Conducción (dibuja dos cuerpos con diferentes temperaturas uno caliente y otro frío) señala que las por medio de una fuente las partículas del comal se empiezan a mover para generar energía provocando que se caliente el comal.	Después de un tiempo transcurrido se equilibran las temperaturas. Porque el de mayor transfiere energía en movimiento al de menor temperatura.	Por que el calor es una energía en movimiento por que estar en contacto las temperatura mayor con la temperatura menor se equilibran térmicamente.
5	Conducción: cuando te pones un hielo en la mano tu le transmites tu calor corporal y se derrite. Interactúa el calor de la mano con el frío del hielo y lo desintegra.	Se entibia se transfiere calor. También el contacto de agua caliente con el agua fría. Interactúan las partículas	No dice nada
6	Conducción: se transmite el calor y se derrite la barra de mantequilla por conducción.	El caliente es más fuerte que el frío y se igualan las temperaturas por la transferencia de calor.	Se igualan las temperaturas (caliente y frío) equilibrio térmico
7	Conducción: (dibujo) cuando el fuego calienta el alambre la mantequilla. Esto sucede cuando lo frío toca lo caliente y hay transferencia de calor.	El frío se derrite y hay un choque de temperatura entre los dos cuerpos	No dice nada
8	Conducción (dibujo): pues el	El objeto de mayor	Dibuja un hielo y una vela y

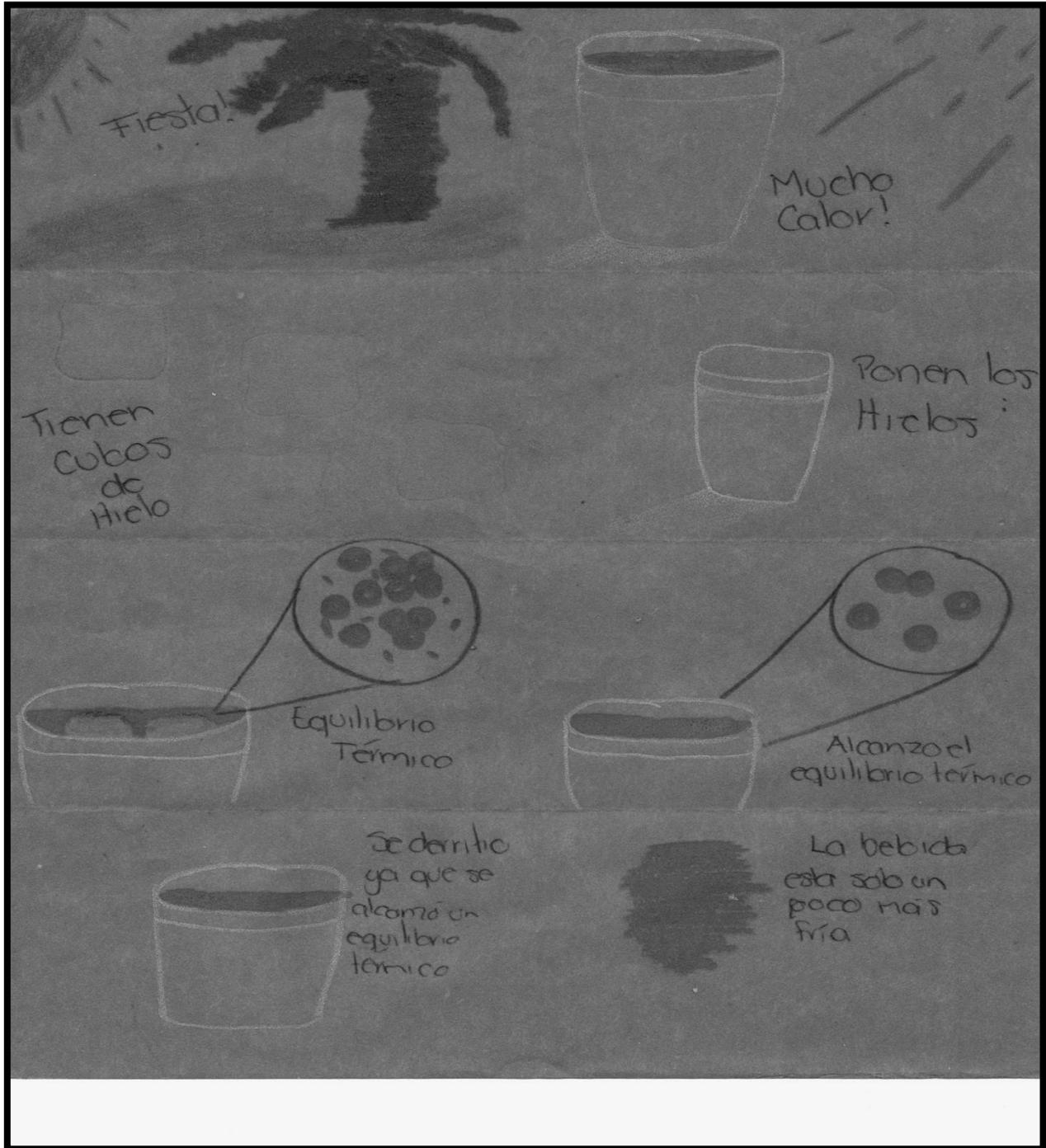
	encendedor transmite el calor por medio del alambre y las partículas del hielo se activan y se empiezan a derretir	temperatura empieza a accionar y el frío empieza a sentir su temperatura y se transfiere	explica que el hielo se derrite por la temperatura de la vela y esto sucede por la diferencia de temperatura entre los dos cuerpos.
9	Conducción: solido (papel) humo y espejo (Calor y transfiere energía)	La temperatura se mantiene equilibrada térmicamente	Debido a la temperatura que tiene cada vaso estas tienen energía en movimiento y mueven las partículas del agua y al mezclarlas el agua se equilibra.
10	Conducción (dibujo) las partículas de la mantequilla se encuentran en movimiento al cambiar la temperatura y de solida pasa a líquida.	Pues quedarían en una temperatura equilibrada térmicamente por que están en contacto directo	Por la transferencia de calor
11	Conducción: si pones un pedazo de mantequilla en un alambre y lo colocas el lumbre se va a calentar	Se equilibran las temperaturas	Se transfiere calor
12	Sí, un cubo de hielo lo acercamos a una estufa caliente y lo que hace que se derrita es la transferencia de calor a un solido o también cuando calientan agua en la estufa esta se calienta y evapora y eso es movimiento de partículas.	Hay una transferencia de calor del cuerpo mayor al cuerpo menor, la energía de las partículas.	Por que hay un movimiento de partículas provocado por el de mayor temperatura el de menor temperatura. Y eso provoca la transferencia de calor.
13	Menciona las tres. Conducción el alambre se calienta el fuego transmitió su calor y lo pasa a las partículas de la mantequilla	Pues el calor le transmite energía térmica o calorífica a lo frío o pueden quedar a la misma temperatura.	Dibujo aluminio y mantequilla: porque la mantequilla es un líquido y el aluminio es quien transmite calor.
14	No dice nada	Sucede una transferencia de calor y la temperatura se vuelve igual después de un tiempo de estar en contacto directo	Dibuja un café una hielera: se juntan la temperatura (alta y baja) hace contacto en ambos cuerpos.
15	No dice nada	Se transmite el calor	No dice nada
16	Conducción: sucede que las partículas del sólido interactúan entre si por la fuente emisora y provoca suficiente calor.	Hay temperatura en ambos cuerpos y estos sean líquidos o sólidos tienen partículas y uno provoca interacción en el otro y transfieren su energía	Se transmite calor (dibujo de dos cuerpos a diferente temperatura)
17	Por medio de conducción: el cuerpo que tienen la temperatura mayor se la contagia al de menor y pone de ejemplo la mano y un chocolate (explica que la temperatura de nuestro cuerpo hace que se derrita el chocolate)	Los dos cuerpos intercambian temperatura y energía hasta que llegan a un punto de mediación.	no aparece
18	Conducción: un sartén de aluminio q se encuentra frío,	El objeto caliente empezara a transmitirle calor al objeto frío,	En el dibujo pone dos objetos uno frío otro caliente. (los dos

	al ponerlo en contacto con la estufa prendida el sartén empezaría a calentarse por medio de la estufa (y explica en su dibujo que sucede conducción y radiación y señala acertadamente)	entonces el frío se empezara a calentar.	cuerpos están en contacto directo) El objeto frío (temperatura) de menor tamaño se calentara por la energía de cada cuerpo
19	Radiación	No dice nada	Hay una diferencia de temperatura (dibujo explica que una taza de café caliente se pone en contacto con un cubo de hielo)
20	Conducción: sucede en sólidos, en materiales conductores, temperatura (dibujo)	Se transmite calor y se equilibran las temperaturas de los dos cuerpos porque intercambian energía.	Diferencia de temperatura, del caliente al frío.
21	Conducción: sí, cuando se enciende una estufa y se calienta la tortilla, en el dibujo representa (señala) a dos objetos	Al juntarse los dos objetos caliente y frío se combinan el con el otro objeto caliente.	Porque son dos cosas que al juntarlas cambian de temperatura por la transferencia de calor y equilibrio térmico.
22	Cuando se ponen agua fría en un pocillo de aluminio y se pone en la estufa, el calor se transmite por el aluminio ya que las partículas empiezan a tener movimiento o vibración y eso hace que haya un cambio de temperatura y sería conducción.	Los dos intercambian de temperatura uno al otro por la diferencia de temperatura y llegan a un punto de mediación los dos.	Al echar agua caliente al agua fría al estar en contacto directo los dos cambian su temperatura hasta llegar a un punto medio.
23	Dibuja conducción y radiación pero no dice nada	Hay una transferencia de calor	Transferencia de calor y cambio de temperatura del recipiente caliente al recipiente frío.
24	Conducción: cuando una taza tiene chocolate caliente y metes una chuchara la calienta. Dibuja la taza y la cuchara y menciona que la cuchara se calienta al meterla a la taza y a sacarla se enfría.	Se equilibran térmicamente las dos temperaturas después de estar en movimiento las partículas del más caliente	Son dos cuerpos a diferentes temperaturas que propagan el calor y cuando hacen contacto los cuerpos transmiten calor
25	El calor se transmite por conducción y radiación, ejemplo la fogata está transmitiendo calor al agua para que resulte caliente y si la tocas te quema.	Que el objeto caliente puede dar más rapidez a las partículas y se mueven interaccionan ya que el objeto frío reciba el mismo estado de movimiento	No presenta
26	Dibujo: conducción de calor. Una vela, una varilla y un pedazo de manteca (sólido) y un libro que sostiene la varilla.	“se transfiere energía en forma de calor por el contacto de las dos aguas a diferentes temperaturas”.	Dibuja: tres vasos con agua, el vaso 1 caliente, el vaso 2 frío y el vaso 3 agua combinada. Explica señalando al vaso 3 que por el contacto directo y cambio de temperatura del vaso 2.
27	Sí conducción, convección y radiación. “Un termo lleno de café caliente o una olla se	“el caliente derrite al frío o sube la temperatura del frío”	Dibuja: estufa, fuego, agua y una olla con agua hirviendo. Explica: el calor evapora al agua, el agua después de estar

	transporta y la bebida mantiene su temperatura”.		en su punto de ebullición se evapora”
28	“Dibuja: Tasa de café y encima una barra de chocolate, el café esta caliente. Explica: Después de un tiempo queda aguada o blandita por lo caliente del café interactuo con la barra de chocolate y la aguado. Esto puede ser conducción y convección”.	“Sucede que si están en contacto es conducción y se transfiere energía en forma de calor por la interacción de las partículas”.	Dibuja: tasa (sólido) café caliente y una mano (sólido). Señala entre la tasa y la mano: contacto directo y si lo tocas te quemas.
29	Si al calentar un alimento, cuando caliente un pollo. Dibuja: pollo, sarten y fuego (fogata)	“El frio se entibia al igual que el caliente se equilibran térmicamente por la transferencia de calor”.	Dibuja: una cuchara y un cubo de hielo, un recipiente de plástico y un cubo de hielo. Explica que el hielo se descongela más por el recipiente de aluminio. Y en la otra figura explica: se descongela un poco lento porque el recipiente es de plástico.
30	“Conducción. Cuando unas personas están en el hielo y una tiene un calor mucho más fuerte que el otro lo comparte puede ser con una fogota”	“Se baja la temperatura porque el que tiene mucha el que tiene mucho recibe mas energía en forma de calor”.	No dibuja
31	Sí por conducción convección y radiación	“Se transfieren energía en forma de calor”	
32	Sí por conducción convección y radiación	“Se conduce el calor (conducción) debido a la diferencia de temperaturas al estar en contacto directo”.	
33	Radiación y conducción Dibuja: rayos de sol, vela y mantequilla	“se derrite o se congela dependiendo de la temperatura ya que hay un cambio en la temperatura”	

Anexo 14

Ejemplo de historieta (Etapa de aplicación)



Anexo 15

Lectura sobre dilatación: *¿Por qué los cables de la calle cuelgan?*

¿Se han fijado del aparente desperdicio de cables de luz, por la manera en que cuelgan entre los postes? O ¿qué le pasa al mercurio que contiene el termómetro?, ¿por qué sube y después baja? Lo anterior tiene que ver con un principio físico: el cual explica que todas las sustancias en mayor o menor medida aumentan de tamaño con el calor y se contraen con el frío. Todo esto, y muchas cosas más que ustedes habrán podido observar, tienen que ver con el fenómeno conocido como dilatación.

¿Pero que es la dilatación?

Cuando un cuerpo se calienta, las partículas que lo componen empiezan a vibrar requiriendo más espacio entre ellas, de manera que se expande el espacio en el cuerpo y con ello el tamaño del mismo. A esta expansión del cuerpo se le conoce como dilatación.

Ahora ya sabes lo que provoca que los cables cuelguen, ¿qué otros ejemplos relacionados con la dilatación recuerdas?

Anexo 16

Equipo #3 (Explicación escrita y oral de su historieta construida).

