



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

FACULTAD DE CIENCIAS

**Un modelo didáctico basado en las teorías cognitivas del aprendizaje para la
enseñanza de la Termodinámica en la Educación Media Superior**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR (FÍSICA)

PRESENTA:

FÍS. MARCO ANTONIO NAVA REZA

DIRECTOR DE TESIS: DR. MARCO ANTONIO MARTÍNEZ NEGRETE, FACULTAD DE CIENCIAS

SINODALES: DR. JORGE RAFAEL BAROJAS WEBER, FACULTAD DE CIENCIAS

DRA. MARÍA DEL PILAR SEGARRA ALBERÚ, FACULTAD DE CIENCIAS

DRA. MIRNA VILLAVICENCIO TORRES, FACULTAD DE CIENCIAS

DRA. OFELIA CONTRERAS GUTIÉRREZ, CUAED

Ciudad Universitaria, Cd Mx, Abril 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A Chelita, por el amor que me ha brindado.

A Marco Antonio Martínez Negrete, por su solidaridad.

A Pilar Segarra, Mirna Villavicencio, Jorge Barojas y Ofelia Contreras, por su comprensión y apoyo.

A Miguel Bernal Sagahón, por ser como un padre.

A Beatriz Nava Reza, por cuidar a Mamá.

A Mariana Koren, hija mía.

A toda mi familia, por estar ahí, siempre.

Índice

Tema	Página
Introducción	1
Capítulo I. Proyecto de trabajo	3
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Justificación	3
1.3. Objetivos	4
1.4. Meta	4
1.5. Hipótesis	4
1.6. Marco contextual	4
1.7. Marco teórico	5
1.7.1. Constructivismo	5
1.7.2. Metodología	10
Capítulo II. Termodinámica y las prácticas culturales	13
2.1. Teoría física por aprender: Termodinámica	13
2.2. Estado del estudio de la Termodinámica	16
2.2.1. Las prácticas culturales	17
2.2.1.1. Esquemas alternativos	18
Capítulo III. Diseño de una secuencia didáctica con la estructura del modelo didáctico ECBI-POLLEN	23
3.1. ¿Qué es ECBI?	23
3.2. ¿Qué es ECBI-POLLEN?	24
3.3. Aplicación de ECBI-POLLEN: diseño de una unidad de aprendizaje para conocer y aprender algunos temas básicos de la Termodinámica	26
3.3.1. El contexto	26
3.3.2. Contenidos	27

3.3.3. El guión	29
3.3.4. Evaluación de fin de unidad	34
3.3.5. Diseño de las experiencias de aprendizaje	36
3.3.5.1. Metas y objetivos	36
3.3.5.2. Estructura de la experiencia de aprendizaje	37
3.3.5.3. Evaluación formativa	37
3.3.5.4. Organización de la clase	38
3.3.5.5. Discusión y cuestiones	38
3.3.5.6. Redacción/registro	38
3.4. Experiencias	39
Capítulo IV. Resultados	53
4.1. Introducción	53
4.2. Evaluación	54
4.3. Análisis de las experiencias	59
4.4. Perspectiva del trabajo, ¿qué podría mejorarse?	68
Conclusiones	73
Bibliografía	77
Mesografía	78

Introducción

Hemos abordado el estudio de algunos temas de la Termodinámica debido a que representan una buena introducción a la Física en el bachillerato. Se cuenta con una diversidad de experimentos que permiten a los estudiantes estudiar los temas (de carácter abstracto) en un ambiente concreto, motivante y lúdico. No sobra decir que el estudio experimental de los temas que presentamos aquí, constituye una buena introducción al estudio más abstracto de la termodinámica.

Este trabajo toma como base el modelo ECBI (Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación). ECBI es parte del proyecto europeo Pollen, Seed Cities for Science y está dirigido principalmente a los niños, en la enseñanza básica. Nosotros lo hemos adaptado a los jóvenes que cursan la enseñanza media superior; específicamente, a un grupo de 20 jóvenes que llevan el curso de Física I en el Instituto de Educación Media Superior (IEMS) de la CDMX. Este curso de Física (Física I) expone los temas de calor y materia. De ambos temas hemos elegido el de Calor como vena temática de nuestra propuesta didáctica.

Nos hemos propuesto como objetivo generar un conjunto de experiencias didácticas, en el marco ECBI, que puedan ser eficaces para la enseñanza-aprendizaje de algunos temas básicos de la Termodinámica. En el IEMS tenemos estudiantes que son aceptados vía un sorteo. No hacen examen de admisión. Es por esto que tenemos estudiantes que no han alcanzado el nivel de maduración cognitiva correspondiente a una buena formación en el nivel previo y estudiantes que llegan con una buena formación, sobretodo en el área de ciencias y de matemáticas. Esta diversidad de alumnos impone, entre otros retos, el de llevarles experiencias didácticas que motiven y generen aprendizajes en los dos niveles, tanto para los estudiantes con una buena formación previa como para los estudiantes con formación deficiente.

Así las cosas, tenemos el presente trabajo, que ha sido dividido en cuatro partes fundamentales para su desarrollo:

Capítulo I: En este capítulo exponemos el marco constructivista en el que se inserta este trabajo.

Capítulo II: Aquí exponemos un resumen de la teoría de la Termodinámica en la que están anclados los temas que deseamos que los estudiantes conozcan y aprendan. También exponemos algunos de los esquemas alternativos o ideas previas que podrían tener los estudiantes.

Capítulo III: En este capítulo exponemos el modelo de procesamiento de la información que ofrece ECBI y desarrollamos la forma y contenidos de las experiencias de aprendizaje.

Capítulo IV: En este capítulo exponemos el tema de los resultados obtenidos y la evaluación.

Finalmente llegamos al capítulo de las conclusiones como parte final de este trabajo.

Capítulo I

Proyecto de trabajo

1.1. Planteamiento del problema

El contexto en el que se desarrolla este trabajo es el Instituto de Educación Media Superior de la Ciudad de México (IEMS CDMX). Hay que reconocer que en el plantel "Gral. Francisco J. Múgica, Tlalpan I" existen altos índices de rezago y deserción escolar, tanto por motivos tan inmediatos como la simple pereza y procrastinación, como por motivos tan complejos como la desintegración familiar, alcoholismo, drogas y problemas económicos, incluso todos estos juntos. Los estudiantes que se matriculan en el IEMS CDMX, y que finalmente se inscriben en este plantel, lo hacen, entre otras razones, por un afán simple de "querer salir adelante". El problema consiste, por tanto, en escribir estrategias didácticas y de evaluación que aprovechen los motivos para matricularse en el IEMS CDMX y que a su vez motiven, que den razones para quedarse; para retener a los estudiantes y para que avancen en su desarrollo académico. Este reto es alto pero no imposible de atacar. Al final, los estudiantes agradecen los esfuerzos del profesor por acompañarlos en su lucha por alcanzar un mejor nivel de vida.

1.2. Justificación

Ya hemos dicho que el problema consiste en: escribir estrategias didácticas y de evaluación que aprovechen los motivos de los estudiantes para matricularse en el IEMS CDMX y que motiven, que den razones para quedarse; para retener a los estudiantes y para que avancen en su desarrollo académico, sobre la base de la adquisición de conocimientos significativos.

Desear resolver este problema conforma el esfuerzo diario del autor de esta tesis. Esta tesis es su oportunidad académica de sistematizar estos esfuerzos. En un todo coherente, dinámico y flexible. De tal manera que el curso de una intervención más en el aula pueda llevarse por el camino de la reflexión continua, sobre la base de una planeación previa, contrastada con la realidad del aula: los estudiantes se quedan o se van, los estudiantes aprenden y avanzan o se rezagan académicamente.

1.3. Objetivos

1. Escribir una secuencia didáctica que motive, que de razones para quedarse; para retener a los estudiantes y para que avancen en su desarrollo académico, sobre la base de la adquisición de conocimientos significativos.

2. Aplicar esta secuencia didáctica a un conjunto de alumnos (50) para observar cómo se desarrolla y que efectos produce en los estudiantes. Desde el punto de vista de la permanencia en el aula y del avance en la adquisición de conocimientos significativos.

1.4. Meta

Obtener resultados positivos tanto en el aspecto de los conocimientos adquiridos por los estudiantes como en el ámbito de la permanencia de estos en la escuela.

Sabemos que esta meta está determinada por el ambiente escolar, por las otras materias que cursan los estudiantes y por sus contextos personales buenos o malos. No pretendemos escribir una panacea pero si lograr un trabajo que en lo poco o mucho logre que los estudiantes conozcan una razón por la que la escuela sea un lugar donde se pueden construir grandes aspiraciones.

1.5. Hipótesis

Una secuencia didáctica, basada en la indagación, permitirá motivar a los estudiantes y logrará que alcancen aprendizajes significativos acerca de cómo se construye la ciencia y qué clase de conocimientos se pueden obtener.

1.6. Marco contextual

Se trata del IEMS CDMX; específicamente, el plantel Tlalpan I, "Gral. Francisco J. Múgica", el cual se encuentra en los límites de la ciudad de México, al sur de esta, en la zona del Ajusco Medio. Esta zona se caracteriza por tener altos índices de delincuencia y de personas que arriban de distintas partes de la república para vivir en modestas casas propias o rentadas. También viven aquí personas que son originarias de los pueblos y colonias de la zona: Santo Tomás Ajusco, la Magdalena Petlacalco, la Colonia Hidalgo y parte de la Magdalena Contreras. El nivel económico es bajo o medio y el nivel social es bajo o medio en algunas zonas.

El modelo académico del IEMS CDMX es constructivista, proporciona una formación Crítica, Científica y Humanista. Cuenta con diversos espacios de atención para los estudiantes: las aulas de clase, en donde se reciben un máximo de 30 estudiantes por aula, salas audiovisuales, auditorio, sala de juntas, biblioteca actualizada, laboratorio de ciencias medianamente equipado, dos salas digitales, una sala de cómputo, una sala de internet;

cubículos de profesores y cubículos de estudio para los estudiantes. El modelo provee los espacios de atención en clase presencial, el de tutoría y el de asesoría académica diferenciada, a disposición de la planeación de los profesores. Los profesores son titulados en el área disciplinar que imparten y son contratados por 40 horas semanales.

Como podemos ver, este contexto cuenta con recursos físicos y académicos para atender el tipo de población ya descrito.

1.7. Marco teórico

1.7.1. Constructivismo

Este trabajo se basa en el modelo ECBI (Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación). Este modelo se inserta en el marco constructivista. Entonces, para abreviar, comenzamos por plantear la pregunta, ¿en qué consiste el constructivismo? "Las teorías constructivistas del aprendizaje asumen que éste consiste básicamente en una reestructuración, o redescipción, de los conocimientos anteriores, más que en la sustitución de unos conocimientos por otros. No es que cambiemos de mapa, es que reorganizamos ciertos elementos del mismo para intentar movernos en una parte nueva del territorio"¹. Leamos la cita que sigue:

En la construcción aparece *algo novedoso* que, como tal, no parece estar prefigurado ni en el objeto que se conoce ni en el propio sujeto conocedor. Lo construido se ve, ciertamente, influido por las interacciones entre lo uno (el objeto a ser conocido) y lo otro (por ejemplo, los conocimientos previos que posee el sujeto), **pero cualitativamente es una novedad: una reorganización, una reestructuración o una interpretación alternativa**, que no se encuentra en su forma acabada en ninguna de las partes antes mencionadas y que, en gran medida, **aparece como consecuencia de la aplicación de la actividad constructiva del o de los sujetos cognoscentes, como consecuencia de una actividad autoorganizativa**[...] Así, mientras que desde el punto de vista de las posturas objetivistas (realismo, conductismo, etc.) el conocimiento parece ser independiente del sujeto cognoscente; **desde el**

¹ Pozo; J.I. *No es oro todo lo que reluce ni se construye (igual) todo lo que se aprende: contra el reduccionismo constructivista*. Anuario de Psicología, 1996, No. 69, 127-139, p. 133.

punto de vista del constructivismo, el conocimiento es altamente dependiente del sujeto y del contexto en donde se genera.

[...] Empero, el constructivismo es una postura que no debe confundirse con el simple activismo. **Construir no es simplemente hacer;** se puede realizar una importante actividad constructiva aunque en apariencia se esté haciendo poco en el plano de la actividad manifiesta (conductual) y también puede realizarse escasa construcción del conocimiento aun cuando se realicen muchas actividades abiertas o públicas.² (Las negritas son del autor).

La cita anterior nos da una idea de qué pueda ser el constructivismo. En la tabla I.1, el autor citado arriba, Gerardo Hernández Rojas, contesta las preguntas, que él llama fundamentales: ¿Quién construye?, ¿qué se construye?, ¿cómo se construye?, ¿dónde se construye?, y señala diferencias entre los cuatro tipos de constructivismo que discute en su libro³. Las respuestas son esclarecedoras e inducen orden mental en torno a la conceptualización del constructivismo.

La práctica de la enseñanza/aprendizaje en el aula es compleja, se trabaja con individuos actuales a los que, cuando mucho, podemos enmarcar en cierta caracterización y con los que hay que implementar una diversidad didáctica; esta diversidad didáctica puede emanar de los cuatro tipos de constructivismo mencionados en la tabla 1.1. La realidad del aula agradece que el docente tenga una práctica didáctica diversificada en cuanto a organización de las actividades y al tipo de actividades por realizar, coherente en su relación docente con los estudiantes y consistente en sus actos; en pocas palabras, que el estudiante perciba que está siendo respetado y que está entendiendo y aprendiendo:

... en todas las posturas constructivistas el profesor pasa a constituirse en un guía, facilitador o mediador de la actividad constructiva de los alumnos. **Esta actividad de guía mediadora que puede proporcionar el profesor es imprescindible para que las construcciones de los alumnos se aproximen a interpretar los contenidos curriculares según los significados socialmente valorados que se tienen de ellos⁴**

² Hernández Rojas Gerardo. *Miradas constructivistas en psicología de la educación*. Col. Paidós Educador, 188. Barcelona: Paidós, 2006, p. 15.

³ Op. Cit. Pp. 24-25.

⁴ Hernández Rojas, Gerardo. *Paradigmas en psicología de la educación*. Col. Paidós Educador, 131. Barcelona: Paidós, 1998, p. 37.

Constructivismo	¿Quién construye?	¿Qué se construye?	¿Cómo se construye?	¿Dónde se construye?
Psicogenético	El sujeto-alumno como constructor de la realidad y de sus esquemas.	Estructuras cognitivas. Psicogénesis de los aprendizajes.	Por la aplicación de estructuras y del mecanismo de equilibración.	Al interior del sujeto-alumno (en lo individual).
Ausubeliano	El alumno como constructor de significados.	Significados a partir de los contenidos curriculares.	Por la interrelación de los conocimientos previos con la información a aprender.	Al interior del alumno (en lo individual).
Del aprendizaje estratégico	El aprendiz como constructor de formas personales y estratégicas de aprender.	Actividades estratégicas y metaconocimiento.	Por la aplicación reflexiva y autorregulada de las estrategias cognitivas.	Al interior del aprendiz (en lo individual) gracias al apoyo de los otros.
Sociocultural	El aprendiz como co-constructor de la cultura gracias al apoyo de los otros.	Los saberes culturales/educativos son reconstruidos.	Participando en la Zona de Desarrollo próximo (ZDP) con los otros que saben más.	Entre el aprendiz, los mediadores y los otros (en lo social-cultural).
Tabla I.1: Las cuatro preguntas fundamentales respondidas por cada forma de constructivismo⁵.				

La línea del aprendizaje estratégico que plantea Gerardo Hernández Rojas, nos proporciona una vía para construir una propuesta didáctica dentro del marco ECBI; en términos prácticos, las cuatro preguntas fundamentales nos proporcionan una guía⁶:

1. La propuesta didáctica se centra en la pregunta, *¿cómo se construye?*, es decir, cómo vamos a proceder alumnos y docente.

⁵ Hernández Rojas Gerardo. *Miradas constructivistas en psicología de la educación*. Col. Paidós Educador, 188. Barcelona: Paidós, 2006, p. 15, cuadro 1.

⁶ Hernández Rojas, Gerardo. *Paradigmas en psicología de la educación*. Col. Paidós Educador, 131. Barcelona: Paidós, 1998, p. 24.

2. La pregunta, *¿quién construye?*, hace énfasis en el estudiante y en la actividad entre pares como actores principales de la propuesta didáctica ECBI.
3. *¿Qué se construye?*, nos lleva al contenido social y disciplinar de la propuesta y da una clave importante para guiar la evaluación, de acuerdo con las respuestas dadas a esta pregunta en la tabla I.1.
4. *¿Dónde se construye?*, nos aleja de la necesidad de ver “los productos” o “las evidencias” como depósitos bancarios que dan fe de que el alumno ha aprendido; la diferencia es sutil, la evidencia o producto del aprendizaje, si así se quiere ver, es el propio estudiante y la experiencia de cada sesión compartida por todos, estudiantes y docente o docentes. “Los productos” o “evidencias” son como las fotos del viaje, lo importante ha sido el viaje no las fotos, por eso compartimos las afirmaciones de Gerardo Hernández:

... **construir no es simplemente hacer** [...] Más bien, debemos preocuparnos porque los docentes ejerciten en todo momento una **práctica facilitadora, pero orientadora que intente potenciar en los alumnos aquellas construcciones que, vistas socioculturalmente, han permitido a los seres humanos comprender de una manera más apropiada la realidad (física, social, histórica, etc.)**, tanto como lograr una acción más equilibrada y efectiva en determinados ámbitos y contextos. Dicho de otra forma: no todas las construcciones valen lo mismo, pues evidentemente hay unas mejores que otras porque son socioculturalmente mejor valoradas por una comunidad o grupo cultural o disciplinario. De ahí la importancia de la acción docente, que debe guiar y orientar el proceso constructivo de los alumnos en esa dirección. Pero junto con esas funciones orientadoras, se debe tener un profundo respeto por la actividad constructiva del alumno e incluso **reconocer la importancia de la construcción conjunta entre alumnos, y entre éstos y el profesor dentro de la situación educativa, que en ciertos momentos puede ir más allá de lo propiamente esperado y de lo socioculturalmente valorado, abriendo nuevas vetas de conocimiento válido y, a la vez, sólidamente sustentado y argumentado.**⁷

Constructivismo	Foco del análisis	El aprendizaje es un proceso	Localización de lo mental
Psicogenético	En los mecanismos y procesos constructivo-	Determinado por las estructuras cognitivas. Puede provocar	En el sujeto-alumno.

⁷ Hernández Rojas, Gerardo. *Paradigmas en psicología de la educación*. Col. Paidós Educador, 131. Barcelona: Paidós, 1998, pp. 15 y 29. (Las negritas son del autor).

	estructurantes. En los procesos psicogenéticos.	reestructuraciones cognitivas amplias bajo ciertas condiciones.	
Ausubeliano	En los procesos de asimilación y retención de significados.	Influido por las ideas subsumidoras. Provoca reestructuraciones.	En el alumno.
Estratégico	En la aplicación autorregulada de las estrategias cognitivas y en el conocimiento metacognitivo.	Determinado por el uso de estrategias cognitivas y la reflexión metacognitiva.	En el alumno.
Sociocultural	En la interacción del sujeto con los otros, en la mediación social y en los procesos socioculturales.	De aculturación o apropiación que ocurre en situaciones y prácticas culturales (educativas).	En una forma situada y distribuida social y culturalmente. En la interacción del individuo y lo social.
Tabla I.2: Diferencias entre los constructivismos analizados⁸.			

En el modelo didáctico de la enseñanza de la ciencia basada en la indagación se pueden desarrollar las cuatro formas de construir que hemos revisado hasta aquí:

1. Es una construcción psicogenética dado que el estudiante participa como constructor de la realidad y de sus esquemas al desarrollar las investigaciones que responden a sus preguntas.

2. Es una construcción de significados puesto que el estudiante los construye a partir de la investigación en los contenidos curriculares y en el enfrentamiento continuo entre la explicación dada por la teoría, sus indagaciones y sus explicaciones personales.

3. En el proceso de indagación, el estudiante va construyendo actividades estratégicas y metaconocimiento para dar estructura a sus procesos de investigación. So pena de fracasar, el estudiante tiene que aprender a estructurar su manera de investigar e indagar.

4. Al involucrarse en el trabajo en equipo colaborativo, los estudiantes se apoyan entre sí, ésto genera la construcción de los saberes culturales/educativos, como anota Gerardo Hernández Rojas en la tabla I.1.

⁸ Hernández Rojas Gerardo. *Miradas constructivistas en psicología de la educación*. Col. Paidós Educador, 188. Barcelona: Paidós, 2006, p. 15, cuadro 2.

Vamos a procurar que nuestra implementación de ECBI participe del conflicto cognitivo, que se construyan significados, que se proceda estratégicamente y que se dé la construcción social y cultural de los saberes curriculares. Esto es necesario en el caso de la enseñanza de la ciencia basada en la indagación si no se desea caer en el aprendizaje por descubrimiento.

En este sentido, la propuesta del modelo ECBI viene muy a propósito puesto que, de acuerdo con esta, los estudiantes conocerán una forma particular de aprender ciencia, a través de poner las manos y el cerebro en acción. No basta con que el docente se pare enfrente de la clase a recitar una serie de hechos a los que quizá los estudiantes les busquen sentido, en principio. Aunque, si el profesor insiste en esta metodología, todo se torna un fracaso que puede evitarse si los estudiantes participan en la construcción del discurso y en la tarea de darle sentido a ese discurso.

1.7.2. Metodología

La metodología general que emplearemos en la aplicación de nuestra propuesta didáctica será la de la Experiencia de aprendizaje mediado; es decir, se recurrirá a la Acción mediada⁹: en donde se considera al docente como mediador de los aprendizajes.

La acción mediada o mediadora consiste básicamente en detener la acción discursiva, entre el estudiante y el docente, para pensar un momento: a toda pregunta e incluso respuesta del estudiante, el docente responde con una nueva pregunta o con cuestionamientos que permitan que el estudiante avance en su proceso de aprendizaje. Existen: la mediación del sentido de pertenencia, la mediación del sentido de capacidad, entre otras. En nuestro caso, hemos elegido esta forma de acercarnos al estudiante por su utilidad como herramienta en el logro de una comunicación eficaz y en la adquisición de aprendizajes significativos dado que cada cuestionamiento o pregunta es potencialmente significativa. Enfrentamos, de esta manera, al estudiante a sus dudas, formas de trabajar, de conocer y criticar, y a sus esquemas

⁹ Feuerstein y el Aprendizaje Mediado en Serrano, Manuel y Rosabel Tormo. *Revisión de programas de desarrollo cognitivo. El programa de enriquecimiento instrumental (PEI)*. Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa // 2000// Volumen 6// Número 1_1 ISSN 1134-4032 // D.L. SE-1138-94

alternativos, beneficios que nos permiten avanzar por senderos seguros en el sentido de que vamos dando sentido a los hechos, acciones y conocimientos que vamos manejando.

La Experiencia de Aprendizaje Mediado (EAM) representa, desde la perspectiva educacional, la interacción alumno - medio. Para que la mediación, en esta interacción, sea posible y válida ha de reunir unas características -criterios-, que han de ser especialmente tenidas en cuenta por el mediador.

Los criterios o categorías de la mediación que propone Feuerstein (1986) en su teoría sobre la Experiencia de Aprendizaje Mediado son los que podemos ver en el siguiente cuadro¹⁰:

Intencionalidad y reciprocidad	Consiste en implicar al mediado en el aprendizaje, haciéndole asumir los estímulos: ésta es la intención del mediador.
Trascendencia	Se trata de que el mediado llegue al convencimiento de que la resolución de una determinada actividad no se acaba en sí misma, si no que le ha de servir para otras ocasiones de aprendizaje.
Significado	Se presentan las situaciones de aprendizaje de forma interesante y relevante para el alumno, que signifiquen algo para él , que penetren en su propio sistema de significados, posibilitando las relaciones entre los aprendizajes adquiridos.
Sentimiento de capacidad	Está estrechamente relacionado con la motivación y la autoestima. Se trata de provocar en el mediado el sentimiento de "ser capaz de" .
Control del Comportamiento	Equivale, tanto a dominio de la impulsividad , controlada por sí y en sí misma, como a inicio y a aceleración de la actividad.
Comportamiento de compartir	Compartir y desarrollar actitudes de cooperación, solidaridad y ayuda mutua, respondiendo a un deseo primario del individuo, que puede o no estar desarrollado, si se ha mediado o no.
Individualización y diferenciación psicológica	Implica aceptar al alumno como individuo único y diferente , considerándolo participante activo del aprendizaje, capaz de pensar de forma independiente y diferente respecto a los demás alumnos e, incluso, al propio profesor .
Búsqueda, planificación y logro de objetivos	Se trata de crear en el mediado la necesidad de trabajar según unos objetivos , para conseguir los cuales se han de poner unos medios.
Búsqueda de novedad y complejidad	Se fomenta la curiosidad intelectual, la originalidad y el pensamiento divergente. Se pretende hacer al alumno flexible tanto en la aceptación como en la creación de lo nuevo en sus respuestas .
Conocimiento del ser humano como ser cambiante	Se trata de hacer que el alumno-mediado llegue a autopercebirse como sujeto activo, capaz de generar y procesar información . El cambio ha de ir acompañado de la conciencia de que se cambia ; que el mediado conozca su potencial para el cambio .

¹⁰ Feuerstein y el Aprendizaje Mediado en Serrano, Manuel y Rosabel Tormo. *Revisión de programas de desarrollo cognitivo. El programa de enriquecimiento instrumental (PEI)*. Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa // 2000// Volumen 6// Número 1_1 ISSN 1134-4032 // D.L. SE-1138-94

<p><i>Optimismo</i></p> <p><i>Sentimiento de pertenencia</i></p>	<p>Si el mediador es optimista, la situación de mediación lo será; y el mediado, lógicamente, también. En la misma base de la mediación está el optimismo. El mediador ha de creer en la capacidad de cambio de las personas con las que trabaja; esto ya significa y requiere un espíritu optimista. Pero, no sólo pertenencia a un pequeño grupo, sino además pertenencia a una determinada cultura, a una sociedad concreta. El mediado está dentro de unas determinadas coordenadas socioculturales. El mediador ha de interponerse entre esa realidad sociocultural y la realidad personal del mediado</p>
--	---

Tabla I.3: Criterios o categorías en la mediación.

La experiencia de aprendizaje mediado establece la estrategia de detenerse a pensar un momento antes de actuar, a través del planteamiento de cuestionamientos y preguntas. Esto conecta a la experiencia del aprendizaje mediado con la forma de constructivismo estratégico.

En nuestro diseño del guión didáctico y las experiencias de aprendizaje de ECBI-POLLEN (ECBI-POLLEN será dado a conocer en el capítulo tres de este trabajo) introduciremos la experiencia de aprendizaje mediado a través de series de preguntas programadas, en la estructura de cada experiencia y en la sección de discusión y cuestiones de la experiencia.

Otra herramienta que utilizaremos será el juego entre lo planeado y la aplicación de nuestra propuesta didáctica. Esto parte de la idea de que un guión didáctico no es un hecho acabado; una unidad didáctica establece el camino por el que transitaremos, no prevé necesariamente los obstáculos y escollos que pudieran presentarse al transitar por ese camino.

Como vemos, nuestro afán en la construcción de nuestra propuesta didáctica es ser constructivistas pues el constructivismo, por sí mismo, ofrece perspectivas y formas de ser y hacer que tienden a hacia lo enriquecedor. Los problemas que hemos planteado encuentran en la teoría constructivista el terreno ideal para una acción eficaz, humana y duradera.

Capítulo II

Termodinámica y las prácticas culturales

2.1. Teoría física por aprender: Termodinámica.

En esta propuesta didáctica vamos a estudiar los temas y fenómenos relacionados con la temperatura y el calor, englobados en la teoría de la Termodinámica; de esta teoría consideraremos los axiomas cero, uno y dos. Los que describimos a continuación:

Axioma Cero: *Dos sistemas en equilibrio térmico con un tercero están en equilibrio térmico entre sí*¹¹.

El axioma cero establece que el estado de equilibrio térmico entre sistemas termodinámicos es una relación transitiva entre sistemas termodinámicos. Esta relación transitiva para los estados de equilibrio térmico permite construir el concepto de *Isoterma: el lugar geométrico de todos los puntos que representan estados en los cuales un sistema está en equilibrio térmico con un estado de otro sistema*¹². La ley cero permite afirmar que todos los estados de una isoterma I, de un sistema A, están en equilibrio térmico con todos los estados de la isoterma I', del sistema B; entonces, ambas isotermas I e I' se denominan isotermas correspondientes. Los estados de isotermas correspondientes tienen en común estar en estado de equilibrio térmico entre sí; entonces puede decirse que poseen una propiedad que asegura su estado de equilibrio entre sí. A esta propiedad se le denomina *temperatura:*

*La temperatura de un sistema es una propiedad que determina si un sistema está o no en equilibrio térmico con otros sistemas*¹³.

Un termómetro será entonces un dispositivo que asigna un número a todos los sistemas en equilibrio térmico.

Axioma Uno: *Si a un sistema se le hace cambiar desde un estado inicial a un estado final, únicamente por medios adiabáticos, entonces el trabajo realizado es el mismo para todas las trayectorias adiabáticas que conectan los dos estados*¹⁴.

¹¹ Zemansky, Mark W. *Heat and Thermodynamics*. 1937, 5ta ed., 1968. Tokyo: Mc Graw-Hill, p. 6.

¹² Op. Cit., p. 6-7.

¹³ Ibid., p. 7.

¹⁴ Zemansky, Mark W. *Heat and Thermodynamics*. 1937, 5ta ed., 1968. Tokyo: Mc Graw-Hill, p. 76.

El trabajo empleado es entonces igual a la diferencia de las energías internas en el punto final y el inicial.

Si se hace pasar el sistema del estado inicial al final por medios no adiabáticos, la energía empleada es diferente al cambio en la energía interna del sistema. A la diferencia se le llama calor.

Formulación matemática de la primera ley:

$$Q = U_f - U_i + W^{15}$$

La formulación matemática de la primera ley contiene tres ideas relacionadas¹⁶:

- a. La existencia de una función de energía interna.
- b. El principio de conservación de la energía.
- c. La definición de calor como transferencia de energía a través de medios no mecánicos, e igual a la diferencia entre el cambio en la energía interna y el trabajo realizado.

Una máquina que viola el primer axioma de la Termodinámica se denomina, *móvil perpetuo del primer tipo*. Esta máquina crearía su propia energía para ser operada de forma continua.

El Axioma uno o Primera ley de la Termodinámica se construye a partir del Principio de la conservación de la energía y a través de la definición del concepto de trabajo adiabático. El enunciado matemático del primer axioma postula la existencia de la función de energía interna y define el concepto de calor como energía en tránsito debida a una diferencia de temperatura.

Como premisa básica, el primer axioma de la termodinámica permite encontrar que, en condiciones adiabáticas, el calor ganado por un sistema A, en contacto diatérmico con el sistema B, es igual al calor perdido por el sistema B; este razonamiento sería la base de la calorimetría. La absorción, o pérdida, de energía por calor de un sistema puede provocar un cambio en su temperatura desde un valor inicial t_i , hasta un valor final t_f , durante la transferencia de Q unidades de calor; la razón:

$$C = Q / (t_f - t_i),$$

se denomina capacidad calorífica.

¹⁵ Ibid., p. 78.

¹⁶ Ibid., p. 79.

El primer axioma permite definir la *conducción del calor* como el transporte de energía, entre elementos de volumen vecinos, en virtud de la diferencia de temperatura entre ellos¹⁷. A partir de experimentos con materiales en forma de barra se llega al enunciado matemático de la ley fundamental de la conducción del calor:

$$Q/\tau = -KA d\theta/dx,$$

donde $d\theta/dx$ es el gradiente de temperatura, A es el área de las caras en contacto y K es conocida como la conductividad térmica¹⁸. Un material cuyo valor de conductividad térmica es alto se conoce como conductor térmico, y un material con un valor pequeño de conductividad térmica es conocido como aislante térmico.

En la vida cotidiana se usan los términos "frío" y "caliente", para referirse a un estado o una propiedad de los materiales que las personas tocan. La sensación de "frío" o "caliente" está relacionada con la conductividad térmica del material involucrado y la capacidad calorífica. Estas mismas sensaciones se utilizan al referirse a la temperatura del clima.

Axioma Dos: (Kelvin-Planck) *No es posible un proceso cuyo único resultado sea la absorción de calor de un reservorio y la conversión de este calor en trabajo.*

(Clausius) *No es posible un proceso cuyo único resultado sea la transferencia de calor desde un cuerpo frío a uno caliente.*

Una máquina que viola el segundo axioma de la Termodinámica se denomina *móvil perpetuo del segundo tipo*. Esta máquina utilizaría la energía interna de un solo reservorio de calor.

A partir de la discusión anterior, podemos afirmar que el axioma cero nos lleva a la definición de isoterma; a encontrar la temperatura como una propiedad que determina si dos o más sistemas están en equilibrio térmico entre sí y con otros sistemas, y a definir el termómetro como un dispositivo que asigna un número a todos los sistemas en equilibrio térmico.

¹⁷ Zemansky, Mark W. *Heat and Thermodynamics*. 1937, 5ta ed., 1968. Tokyo: Mc Graw-Hill, p. 91.

¹⁸ Op. Cit., p.91.

El axioma uno nos lleva a la definición de calor como transferencia de energía debida a una diferencia de temperatura y a la definición de una función de energía interna de los sistemas termodinámicos.

El axioma dos nos conduce a la irreversibilidad de todos los procesos en la naturaleza.

2.2. Estado del estudio de la Termodinámica.

En la breve discusión desarrollada en el párrafo anterior puede verse que la Termodinámica se involucra con el estudio de la interacción de determinados sistemas, llamados *sistemas termodinámicos*. Para realizar ese estudio se delimita concienzudamente cada sistema a través de paredes diatérmicas o adiabáticas y se definen cuidadosamente las trayectorias por las que atraviesan los procesos. Esto define una forma particular de construir los objetos termodinámicos y la teoría relativa a ellos. En la vida cotidiana no ocurre así, no se pone tanto y tan especial cuidado al tratar con los fenómenos relativos al calor; la epistemología que lleva a la construcción de la teoría de la Termodinámica es ajena incluso a personas que estudian ingeniería. Un termómetro llega a las manos del usuario como un dispositivo técnico -principalmente relacionado con los usos médicos- que sirve "para saber cuánta temperatura tiene un paciente o la temperatura que habrá durante el día"; el termómetro se usa en interacción con otro cuerpo, nada más, no se llega a tener la menor noción de la transitividad del estado de equilibrio térmico.

2.2.1. Las prácticas culturales

Definimos "prácticas culturales" como el conjunto de ideas, creencias, valores, formas de actuar y de razonar de un grupo de personas¹⁹; en este

¹⁹ Émile Benveniste proporciona un punto de vista al que nos adherimos en la enseñanza de la Física: [...] *A medida que se vuelve capaz de operaciones intelectuales más complejas, queda integrado a la cultura que lo circunda. Llamo cultura al medio humano, todo lo que, más allá del cumplimiento de las funciones biológicas, da a la vida y a la actividad humana forma, sentido y contenido. La cultura es inherente a la sociedad de los hombres, sea el que fuere su nivel de civilización. Consiste en una multitud de nociones y prescripciones, también en prohibiciones específicas; lo que una cultura prohíbe la caracteriza al menos tanto como lo que prescribe [...] Ahora, este fenómeno humano, la cultura, es un fenómeno enteramente simbólico. La cultura se define como un conjunto muy complejo de representaciones, organizadas por un código de relaciones y valores: tradiciones, religión, leyes, política, ética, artes [ciencia], todo aquello que, nazca donde nazca, impregnará al hombre en su conciencia más honda, y que dirigirá su comportamiento en todas las formas de su actividad*

sentido, los estudiantes del bachillerato mexicano han acumulado un conjunto de prácticas culturales en relación con el mundo físico en general, y con la escuela y el aprendizaje de las ciencias en particular.

Las prácticas culturales determinan un ser particular para los objetos y fenómenos físicos cotidianos. En un grupo cultural determinado, los objetos y fenómenos físicos **son** de cierta forma, esto se refleja en las llamadas ideas previas. Esta ontología no es fija, se ve modificada por la instrucción escolar, por la influencia de los medios de información y por la relación con dispositivos tecnológicos como el automóvil o los aparatos electrodomésticos o electrónicos. La construcción de los objetos físicos y sus interacciones está determinada principalmente por la frecuencia de exposición a ellos, y por el uso y el lugar que el grupo cultural de a estos. De esta manera es como se genera un léxico, una semiótica, unas premisas para operar y elaborar razonamientos y una colección icónica relativos a los diferentes fenómenos y objetos físicos. Los individuos operan con estas concepciones al grado de enunciar premisas implícitas y realizar razonamientos con ellas; por ejemplo: "Una prenda es caliente, por tanto, dará calor a quien la use"; "como la madera es un material caliente entonces sirve para construir pisos térmicos".

2.2.1.1. Esquemas alternativos²⁰

Temperatura y *calor* forman parte del léxico cotidiano de las personas y llegan a ser sinónimos, como podemos ver en los ejemplos siguientes acerca del uso cotidiano, e incluso técnico de estas palabras:

A. Ejemplos contruidos por el autor:

1. "Está muy fuerte la temperatura allá afuera": *temperatura* como acción del ambiente sobre las personas.
2. "La temperatura es la cantidad de calor que tiene un cuerpo": *temperatura* como sinónimo de cierto concepto de calor.

-¿qué es pues si no un universo de símbolos integrados en una estructura específica y que el lenguaje manifiesta y transmite? Benveniste, Émile. *Problemas de lingüística general, Vol. I.* 1971. 24ª ed.. México: Siglo XXI, 2007, pp. 31-32 (las negritas son del autor).

²⁰ García Hourcade, J. L., & Rodríguez de Ávila, C. (1988). Ideas previas, esquemas alternativos, cambio conceptual y el trabajo en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 161-166.

3. "Las altas temperaturas han deshidratado a 15 personas": *temperatura* como agente que afecta la salud de las personas.
4. "La alta temperatura del cautín puede dañar los componentes electrónicos": *temperatura* como agente que afecta las cosas.
5. "Una chamarra calientita te da calor": *calor* como una propiedad que poseen y dan ciertos cuerpos inertes.
6. "Echémonos unas copas para entrar en calor": *calor* como pérdida de la sensación de frío.
7. "El agua está caliente": aquí vemos el uso de la palabra *caliente* como parámetro para designar temperaturas mayores a la temperatura de confort.
8. "Dime la temperatura de la caldera": *temperatura* como parámetro técnico para controlar dispositivos.
9. "El horno tiene un control electrónico de temperatura": *temperatura* como estado aislado de un dispositivo.
10. "En toda la semana ha hecho mucho calor": *calor* como experimentación del clima con temperaturas mayores a la temperatura de confort.

B. Ejemplos encontrados en un diccionario:

11. "En la familia se encuentra el calor necesario": *calor* como afecto o buena acogida²¹.
12. "Defendió sus ideas con calor": *calor* como ardor, actividad o entusiasmo²².
13. "Sepárate un poco, me das calor"²³: *calor* como sensación que experimenta una persona ante la cercanía de otra en un ambiente a temperatura igual o mayor a la de confort.
14. "En julio hace mucho calor"²⁴: *calor* como temperatura ambiental mayor a la de confort.
15. "Al calor de la familia"²⁵: *calor* como amparo o ayuda de alguien.
16. Temperatura: f. Magnitud física que mide la sensación subjetiva de calor o frío de los cuerpos o del ambiente: *la temperatura se mide en grados*²⁶.
17. "En verano se registran altas temperaturas": *grado mayor o menor de temperatura de un cuerpo o de la atmósfera*²⁷.

²¹ <http://www.wordreference.com/definicion/calor>, 13 de agosto de 2012, 1:23 hrs.

²² Ibid., 1:25 hrs.

²³ <http://www.wordreference.com/definicion/calor>, 13 de agosto de 2012, 1:28 hrs.

²⁴ Ibid., 1:30 hrs.

²⁵ Ibid., 1:32 hrs.

²⁶ <http://www.wordreference.com/definicion/temperatura>, 13 de agosto de 2012, 1:39 hrs.

²⁷ Ibid., 1:42 hrs.

Los ejemplos anteriores dan una idea suficiente de que **calor y temperatura**, en el uso cotidiano de las personas, comparten significados de orden cultural, comparados con lo que son en la Termodinámica. El ser que las prácticas culturales asignan a los objetos y fenómenos físicos no es necesariamente igual o similar al ser que se asigna a los mismos fenómenos y objetos físicos en una teoría física. Podemos afirmar, desde este punto de vista, que un determinado objeto o fenómeno físico, construido y reconocido en una teoría física, no tiene que ser el mismo en determinada cultura, aunque el comportamiento del objeto o fenómeno no cambie; por ejemplo: desde el punto de vista de la Física, cuando una persona está enferma la temperatura de su cuerpo aumenta de 36 Celsius hasta 40 Celsius, inclusive; culturalmente, se dice que la persona ha enfermado porque "le ha dado temperatura", como si la temperatura fuera la enfermedad.

Los objetos a los que se refieren los axiomas de la Termodinámica han sido definidos y construidos cuidadosamente, a través de los conceptos de paredes diatérmicas, paredes adiabáticas, equilibrio térmico, mecánico, químico y termodinámico; a través del concepto de trabajo adiabático; de los conceptos de procesos cuasiestáticos y del concepto de la reversibilidad. En términos generales, son objetos en estado de equilibrio y las interacciones y procesos se definen de tal manera que pueda ser posible asignar relaciones que lleven a establecer relaciones funcionales. En la vida cotidiana los objetos y procesos relacionados con la temperatura y el calor están lejos de ser así y de haber sido construidos con tanto cuidado, pero sí han sido construidos de formas socialmente aceptadas²⁸.

La construcción teórica de los objetos y de la teoría de la Termodinámica requiere proceder a través de la práctica de las operaciones formales de parte de los estudiantes. Una propuesta didáctica que aborde la teoría y la construcción de los objetos como son y se construyen en Termodinámica tendría, en primera aproximación, que basarse en las operaciones mentales más elaboradas, como los diversos tipos de razonamiento analógico, silogístico, hipotético deductivo, etc. Esta vía necesita tiempos basados en estudiantes

²⁸ Un ejemplo de esto se encuentra en el texto: Alatorre, Antonio. *El heliocentrismo en el mundo de habla española*. Col. Cenzontle. México: FCE, 2011.

que se encuentran en la etapa de las operaciones formales²⁹. En el bachillerato no se cuenta con mucho tiempo para desarrollar un curso de tal profundidad dado que no todos los estudiantes han llegado a un desarrollo pleno de las operaciones formales. El camino tiene que ser distinto a como se construye la teoría de la Termodinámica.

Si planteamos el conocimiento de las interacciones energéticas del cuerpo humano con el medio ambiente y las necesidades energéticas del hogar estaremos en el centro del ser que asignan los estudiantes a los procesos térmicos. Estos fenómenos son el marco en el que suelen darse actualmente las prácticas culturales habituales relacionadas con los fenómenos térmicos. El medio ambiente experimenta variaciones de temperatura que van de niveles por debajo del punto de congelación del agua a niveles alrededor de los 45 Celsius. Básicamente, en este intervalo destaca como fenómeno cotidiano la variación de temperatura relacionada con la transferencia de energía; a su vez, esta variación de temperatura está asociada directamente al confort y a actividades como la preparación, conservación y consumo, a determinadas temperaturas, de alimentos; al aseo personal, de utensilios, de la ropa y de los espacios que nos rodean. También destacan como cotidianas tres prácticas que involucran cambios de fase de las sustancias, importantes en la práctica cultural: la producción de hielo, la ebullición del agua, la condensación y la evaporación de la misma³⁰.

Para iniciar el enriquecimiento de estas prácticas culturales, proponemos al termómetro como primer elemento objetivo; el termómetro, a su vez, surge del axioma cero de la termodinámica, como hemos visto más arriba. Podemos afirmar que el axioma cero es un invariante de los observadores lo que lo pone como un invariante independiente del observador, por ello provee de un postulado objetivo en nuestro examen. Armados de un termómetro vamos a examinar nuestras prácticas culturales previas y a enriquecer su ontología, basados en esos elementos que llamaremos "objetivantes" por su carácter objetivo.

Podemos preguntar: ¿Cuándo decimos que un objeto está frío o caliente? El examen a través del termómetro nos revela las temperaturas a las que los

²⁹ Martínez, J. M., & Pérez, B. A. (1997). Estudio de propuestas alternativas en la enseñanza de la termodinámica básica. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(3), 287-300.

³⁰ GUERRERO, Salvador Jara. Calor y Temperatura. Esquemas alternativos en estudiantes de preparatoria. *Revista Mexicana de Física*, 1991, vol. 37, no 4, p. 688-696.

objetos están cuando decimos que están "calientes", "fríos" o "tibios", como hemos descrito al principio de esta discusión. La sensación correspondiente es producida por una ΔT entre el observador y el objeto. Estas mismas sensaciones también son producidas por otra propiedad de los objetos y sustancias: la conductividad térmica; generalmente, clasificamos como calientes a las sustancias con baja conductividad térmica y como frías a las sustancias con alta conductividad térmica, si la temperatura corporal es mayor que la ambiental, y a la inversa si ésta es mayor que aquélla.

La teoría termodinámica es compleja, su enseñanza requiere de bases concretas, estables y coherentes para llegar a tener la seguridad de poder abordar el discurso abstracto a través de figuras y conceptos que tengan un correlato concreto bien definido. Los esquemas alternativos inundan el tema del calor y la temperatura, al nivel cultural general y en las prácticas culturales diarias de los estudiantes. De ahí la necesidad de que las bases aprendidas sean estables porque no queremos que se confundan una vez más y otra con los esquemas alternativos, en un juego que finalmente les rompa. Y no se trata del cambio conceptual, la estabilidad requerida se relaciona principalmente a su convivencia cultural. Coherentes porque necesitan formar parte de un discurso que posteriormente se torna tan abstracto que las premisas de los razonamientos necesitan de premisas concretas para poder alcanzar la comprensión: un teorema puede demostrarse primero y más fácilmente en lo concreto, para posteriormente ir a la demostración abstracta.

Capítulo III

Diseño de una secuencia didáctica con la estructura del modelo didáctico ECBI-POLLEN

3.1. ¿Qué es ECBI?

ECBI (Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación) involucra a los estudiantes en una forma de trabajo similar a la de los científicos, desarrolla su comprensión y les enfrenta con sus preconcepciones a través de la recolección y uso de evidencia para probar formas de explicar los fenómenos que estudian. Esto lleva la promesa de promover actitudes positivas hacia la ciencia, tornándola real y excitante y creando la respuesta emocional que enfoca el interés y la atención. Hay una amplia variedad de emociones positivas que los maestros pueden promover a través de la forma como enseñan ciencia -por ejemplo, la curiosidad; la anticipación; la incertidumbre; la sorpresa; el disfrute intelectual por comprender; maravillarse; el sentido de la imaginación; la diversión; el sentido de la belleza, y el asombro. La principal justificación, dada

por la importancia de estas cualidades afectivas en la educación científica es simplemente que, al incrementar la recompensa emocional, la ganancia al aprender ciencia les motivará más para estudiar ciencia en la escuela y les dispondrá más para engancharse con la ciencia en su vida diaria³¹. Esto incluye también la reflexión en lo que ha sido aprendido, de tal manera que se observa el desarrollo de nuevas ideas desde ideas más tempranas y el proceso de aprendizaje se hace explícito³².

En ECBI se destaca el trabajo en:

1. El desarrollo progresivo de ideas claves: subraya la importancia de identificar algunas ideas generales que nos ayuden a dar sentido a los fenómenos del mundo que nos rodea.
2. Utilizar las habilidades empleadas por los científicos: ...ser riguroso y honesto en la recopilación y uso de datos suficientes y pertinentes para someter a prueba las hipótesis o responder a las preguntas planteadas. Los científicos comprueban y **repiten la recolección de datos, cuando es posible**, interpretan y tratan de explicar sus hallazgos.
3. Plantear preguntas: destaca el hecho de que los estudiantes están comprometidos en contestar preguntas de verdadero interés para ellos, las cuales han estimulado su curiosidad. A menudo estas preguntas serán planteadas por el profesor o la profesora, otros estudiantes o emergerán de la lectura, pero, cualquiera sea el origen de la pregunta, en la indagación los alumnos deben tomarlas como propias, involucrando su curiosidad y el deseo de entender.³³

3.2. ¿Qué es ECBI-POLLEN?

ECBI-POLLEN es un proyecto de enseñanza del, a su vez, Proyecto Comunitario Europeo para el Crecimiento Sustentable de la Enseñanza de las Ciencias, cuyo nombre es Pollen Seed Cities for Science. Este modelo de

³¹ Mc Crory, P. (2011). Developing interest in science through emotional engagement. In W. Harlen (Ed) ASE Guide to Primary Science Education. Hatfield: ASE.

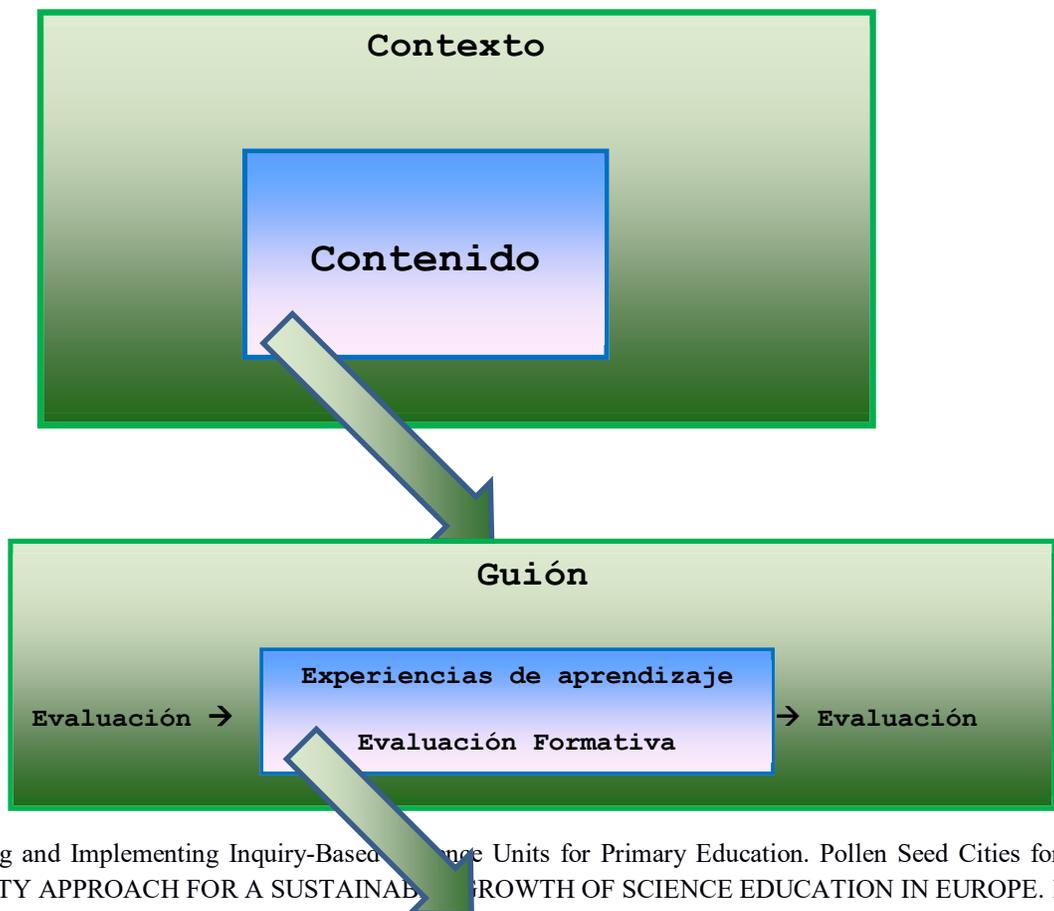
³² *Taking Inquiry-Based Science Education into Secondary Education. A global conference.* Reports of the IAP Science Education Program. YORK, UNITED KINGDOM, OCTOBER 27-29 2010.

³³ Wyne Harlen. Evaluación y Educación en Ciencias Basada en la Indagación: Aspectos de la Política y la Práctica. Publicado por Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme (SEP). Wyne Harlen 2013, p. 13.

enseñanza y aprendizaje de las ciencias proporciona directivas claras para construir una estructura de enseñanza-aprendizaje de los temas relacionados con las áreas científicas del currículo tradicional, en la educación primaria. Nosotros lo hemos tomado a partir de uno de sus manuales³⁴, tal como está diseñado, y lo hemos adaptado para la educación media superior en el IEMS CDMX (Instituto de Educación Media Superior, Ciudad de México), con el objetivo de diseñar una experiencia de aprendizaje motivadora y con énfasis en el aprendizaje mediado.

Las experiencias didácticas no son aisladas, en el sentido de que no pueden ser independientes de la estructura cultural³⁵ del aprendiz e incluso de la estructura cultural³⁶ y profesional del docente.

En la figura III.1 hemos esquematizado la estructura del modelo ECBI-POLLEN.



³⁴ Designing and Implementing Inquiry-Based Science Units for Primary Education. Pollen Seed Cities for Science. A COMMUNITY APPROACH FOR A SUSTAINABLE GROWTH OF SCIENCE EDUCATION IN EUROPE. P. 33.

³⁵ Ver el libro *Educación y Cultura Científica* de Castro, coord. México: UNAM, IISUE, Educación, 2012.

³⁶ Op. Cit.

- Experiencia de aprendizaje**
- Metas y objetivos
- Estructura de la experiencia
- Evaluación formativa
- Organización de la clase
- Cuestiones y discusión
- Planeación de la redacción de textos

3.3. Aplicación de ECBI-POLLEN: diseño de una unidad de aprendizaje para conocer y aprender algunos temas básicos de la Termodinámica

A continuación exponemos una aplicación al tema de la Termodinámica, de acuerdo con las directivas de organización del modelo ECBI-POLLEN. Hemos tomado las preguntas del manual: Designing and Implementing Inquiry-Based Science Units for Primary Education. Pollen Seed Cities for Science. A COMMUNITY APPROACH FOR A SUSTAINABLE GROWTH OF SCIENCE EDUCATION IN EUROPE, pp.32-39. Las respuestas son de nosotros.

3.3.1. El contexto

3.3.1.1. ¿Dónde, en la vida diaria de los estudiantes, aparecen los fenómenos, objetos y materiales a través de los cuales pueden ser abordados los conceptos?

Este contexto considera, en relación con el tema de la Termodinámica, los fenómenos, procesos y actividades que se producen y se realizan en el intervalo comprendido entre la congelación del agua y su ebullición.

3.3.1.2. ¿Qué contexto permite la investigación significativa de los

estudiantes, en profundidad y a largo plazo?

Proponemos al termómetro, el termómetro está basado en el axioma cero de la termodinámica. Podemos afirmar que el axioma cero es un invariante de los observadores (y, por tanto, se trata de un enunciado de objetividad), por ello provee de un postulado objetivo en nuestro examen. Armados de un termómetro, vamos a examinar las prácticas culturales previas ("caliente", "frío", "calentar", "enfriar", etc.) de los estudiantes y vamos a enriquecerlas, basados en esos elementos que llamaremos "objetivantes".

3.3.1.3. ¿Qué es lo que probablemente involucrará y/o será de interés particular para los estudiantes?

Los adolescentes tienen una preocupación y un interés primordial por su cuerpo, que atraviesa por una etapa de cambios vertiginosos y pronunciados; si planteamos el conocimiento de las interacciones energéticas del cuerpo humano con el medio ambiente y las necesidades energéticas del hogar estaremos en el centro del ser que asignan los estudiantes a los procesos térmicos.

3.3.1.4. ¿De qué materiales y recursos puede disponerse?

De los recursos de un laboratorio escolar de ciencias, que disponga de termómetros de mercurio y termopares; probetas, pipetas, vasos de precipitados, calorímetros y elementos de potencia para calentar y enfriar sustancias.

3.3.2. Contenidos

3.3.2.1. ¿Qué fenómenos y conceptos básicos de ciencia constituirán el foco de la unidad?

- a. Concepto de temperatura. La temperatura del ambiente y de las sustancias medidas con un termómetro.
- b. Concepto de calor. Dirección del proceso de calor. Formas de conducción del calor.
- c. Concepto de Calor específico. Calor específico del agua.
- d. Puntos fijos del agua: solidificación y ebullición.
- e. Construcción de un calentador de resistencia eléctrica.

f. Construcción de un calorímetro de unicel.

3.3.2.2. *¿Cuáles son las ideas previas y experiencias probables que los estudiantes traerán a esta unidad?*

- a. La conservación de la temperatura corporal y ambiental, asociada directamente al confort y la salud: "hace calor", "hace frío" (estados); los objetos y sustancias están o son "calientes" o "frías" (estados); las máquinas y los dispositivos electrónicos se "calientan" o "enfrian" (procesos); hay que "calentar" o "enfriar" el ambiente, las sustancias o los objetos (procesos).
- b. Actividades como la preparación, consumo de alimentos y/o su conservación a determinadas temperaturas: los alimentos están "calientes" o "fríos", hay que "calentar" la comida; hay que "enfriar" las bebidas, hay que "calentar" el café, el atole, etc.
- c. El aseo personal, de utensilios de cocina y de la ropa: las personas acostumbran bañarse con agua "caliente", "tibia" o "fría"; la lavadora usa agua "caliente" en sus procesos de lavado.
- d. Tres procesos que involucran cambios de fase de las sustancias, importantes en la práctica cultural: la producción de hielo, la ebullición del agua y la evaporación de la misma.
- e. *¿Qué actitudes acerca de la ciencia deberán ser identificadas?*

3.3.2.3. *¿Qué nivel de comprensión de los conceptos seleccionados esperamos que alcancen los estudiantes?*

- a. Enriquecimiento ontológico del objeto físico: trascender la práctica cultural dominante acerca de los fenómenos relacionados con la Temperatura y el Calor hasta el punto de lograr diferenciarlos y poder establecer sus puntos de coincidencia y sus diferencias.
- b. Enriquecimiento epistemológico: conocer y practicar la forma científica de construir el conocimiento científico, de acuerdo con el programa de IBSE.
- c. Enriquecimiento léxico: comprender y aprender el significado de las palabras clave cotidianas del tema de la Termodinámica: Temperatura, Calor, Termómetro, Capacidad Calorífica, Conductividad Térmica, Equilibrio, Axioma.

d. Enriquecimiento semiótico: comprender el significado usual de las palabras en el contexto de la Termodinámica.

e. Reestructuración lógica: construcción del razonamiento silogístico.

f. Enriquecimiento icónico: conocer y poder operar con los registros de representación semiótica utilizados en el tema de la Termodinámica.

3.3.2.4. *¿Qué forma de evaluación posible usaremos y qué resultados anticiparemos?* Usaremos evaluación continua formativa, a través de la revisión diaria de tareas y de actividades en el aula.

3.3.2.5. *¿Qué habilidades de investigación y cuestionamiento o de diseño de tecnología serán enfatizados?*

El uso de equipo de laboratorio como: termómetro, balanza granataria, multímetro, fuentes de potencia, parrillas, combustible como el alcohol sólido, vasos de precipitados, pipetas. La observación de normas de laboratorio y el uso de equipo de seguridad como anteojos y bata.

3.3.3. El guión

Las actividades programadas están descritas en la tabla III.1, mostrada abajo. En esta tabla, hemos subrayado con negritas las acciones que realizaremos en cada actividad. Estas palabras subrayadas servirán de guía para el desarrollo de las experiencias de aprendizaje y para escribir las actividades de evaluación que requiere el modelo ECBI-POLLEN.

No	Experiencia	¿Qué haremos? Actividad, Observar las palabras en negritas.
1	Termómetro	Conoceremos el termómetro de mercurio usado en el laboratorio, conoceremos cómo se usa y mediremos la temperatura de diversos objetos en espacios interiores y a la intemperie.
2	La piel humana y la temperatura	Observaremos que las sensaciones de "frío", "tibio" y "caliente", se han construido a partir de la sensibilidad de la piel; conoceremos que la piel no es un buen termómetro a partir del experimento de los tres baldes de agua.
3	Construcción de un calefactor eléctrico	Construiremos un calefactor de resistencia con alambre nicromel del número 26, dos conectores, alambre de cobre del número 12, espaguetis para alta temperatura, una clavija y una fuente de potencia de 6 volts de corriente directa a 10 amperes.
4	Medición de la potencia de un calefactor eléctrico	Mediremos la potencia eléctrica del calefactor de resistencia utilizando un multímetro que pueda medir hasta 20 amperes de corriente directa.
5	Conducción de calor por convección, experimento de las botellas acopladas por la tapa	Realizaremos el experimento de convección que propone ECBI-POLLEN, convección entre agua caliente y agua fría por medio de dos botellas unidas por la tapa y colocadas en dirección vertical; la botella que queda sobre las tapas tendrá agua fría a 10°C y la botella que queda debajo de las tapas tendrá agua caliente a 65°C; la botella de agua caliente estará coloreada con un colorante vegetal. Observaremos el fenómeno, lo analizaremos y propondremos una explicación. Al final daremos nombre al fenómeno: transporte de energía por calor a través del movimiento de masas a diferente temperatura.
6	Conducción de calor por contacto	Realizaremos el experimento de conducción de calor por contacto, calentando el aparato previamente construido con el que cuenta el laboratorio de ciencias. Observaremos el fenómeno, lo analizaremos y propondremos una explicación. Al final daremos nombre al fenómeno: transporte de energía por calor a través del cuerpo de una sustancia o por contacto entre materiales continuos.
7	Conducción de calor por radiación	Realizaremos el experimento de conducción de calor por radiación con un foco de cien watts, colocado en el centro de un círculo construido por frascos de Gerber que habrán sido forrados con fieltro de diferentes colores: rojo, azul, negro, blanco y amarillo. Observaremos el fenómeno, lo analizaremos y propondremos una explicación. Al final daremos nombre al fenómeno: transporte de energía por calor a través de la emisión y recepción de ondas electromagnéticas.

8	Calentamiento de agua con un foco en un recipiente alto	Realizaremos el experimento de calentar agua con un foco de 40 watts, introducido en la parte superior de un vaso de unicel de un litro. Se observará que el agua, sin agitar, se va calentando poco a poco por contacto con ella misma desde la zona donde está el foco, hasta la parte inferior del vaso. Se recolectarán datos de temperatura contra altura y tiempo de calentamiento. Se graficarán los datos para posteriormente analizarlos y proponer una explicación.
9	Observación de la dirección del proceso de calor	Observaremos la dirección del proceso de calor: recipiente con hielo a 1°C, inmerso en agua a temperatura ambiente; recipiente con agua a 50°C, inmerso en agua a temperatura ambiente. Los sistemas que elevan la temperatura se conocen como calentadores, los que disminuyen la temperatura se conocen como refrigerantes. ¿En qué dirección se mueve la energía por calor?. El calefactor nos ha mostrado que cuando se suministra energía por calor a una sustancia, la temperatura de la sustancia se incrementa. En este experimento observaremos que el calor se mueve desde una sustancia a mayor temperatura hacia otra con menor temperatura.
10	Construcción de un calorímetro	Construiremos un calorímetro con placas de unicel de 2 cm de espesor y un vaso de unicel de 1 litro. El vaso quedará rodeado por un prisma rectangular con 1/2 centímetro más de altura que el vaso. El recipiente para las muestras será el vaso de unicel.
11	Caracterización del calorímetro	Mediremos la transmisión de calor a través de las paredes del prisma rectangular colocando un vaso de precipitados con agua de la llave a 50°C en el interior y pegando con masking tape un termómetro de mercurio a una de las paredes del prisma. Recabaremos la variación de la temperatura contra el tiempo en un intervalo de tiempo de 10 minutos. Graficaremos los datos y extraeremos una conclusión .
12	Medición del calor específico del agua	Realizaremos la medición del calor específico del agua en el intervalo de 20°C a 50°C, a partir de una gráfica de temperatura contra tiempo, realizada con los datos tomados cada dos grados: los datos pueden tomarse a mano por coordinación de toma de tiempo y temperatura o a través de un video en donde aparezca la imagen de un termopar y el cronómetro. Analizaremos, discutiremos y extraeremos conclusiones de los datos recabados. Mediremos la potencia del calefactor con un multímetro.
13	Observación del punto de ebullición del agua	Observaremos y Mediremos el punto de ebullición de agua de la llave con ayuda del calorímetro en un vaso desechable de unicel. Recabaremos los datos y pondremos especial atención a los cambios de la temperatura en el momento en que el agua comienza a solidificarse y durante todo el proceso de solidificación
14	Evaluación: ¿Cómo medimos el punto de solidificación del agua? Diseño e implementación del experimento con hielo seco como refrigerante.	Mediremos el punto de congelación de agua de la llave con ayuda del calorímetro y hielo seco como refrigerante. Introduciremos una muestra de agua a temperatura ambiente, de masa conocida, en un vaso desechable de plástico (podríamos construir un vaso para la muestra con un cilindro de cobre), dentro del calorímetro de unicel. Recabaremos los datos y pondremos especial atención a los cambios de la temperatura en el momento en que el agua comienza a solidificarse y durante todo el proceso de solidificación

Tabla III.1: Experiencia de aprendizaje propuesta y guía de la actividad.

a. ¿Qué ideas previas podrían tener los estudiantes? Las ideas descritas en el capítulo dos acerca de

sus prácticas culturales.

b. ¿Cómo se basará cada experiencia de aprendizaje en lo que se consideró antes y cómo conducirá a las siguientes experiencias de aprendizaje?

c. ¿Qué es lo que asumimos que ha sido experimentado/entendido al final de cada experiencia de aprendizaje y que dará elementos para la próxima?

Véanse las siguientes dos tablas, III.2 y III.3 para la respuesta a las dos preguntas anteriores.

No	Antes de la actividad	Experiencia	Después de la actividad
1	Ideas previas acerca del termómetro, su uso y utilidad	Medición de temperatura	Hay dos tipos de termómetro de mercurio: clínico y de laboratorio. Los objetos cotidianos tienen una temperatura.
2	Los objetos o el ambiente están fríos o calientes	La piel humana y la temperatura	Frío y calor son sensaciones de la piel asociados a diferencias de temperatura entre la piel y el ambiente o los objetos
3	Es necesario construir tecnología para estudiar los fenómenos del calor y la temperatura	Construcción de un calefactor eléctrico	Podremos usar el calefactor para calentar diversas sustancias
4	Un calefactor eléctrico tiene determinada potencia de calentamiento	Medición de la potencia de un calefactor eléctrico	Conocemos la potencia eléctrica del calefactor
5	El sol, una flama, una resistencia, el horno de microondas "calientan" porque producen "calor" o están "calientes"	Conducción de calor por convección, experimento de las botellas acopladas por la tapa	Existe otra forma de transferir energía por calor: por movimiento de la sustancia
6	El calor "calienta" las sustancias y los objetos	Conducción de calor por contacto	El calor pasa a través de las sustancias, hay buenos y malos conductores del calor

7	El sol, las llamas y los focos "calientan" desde lejos	Conducción de calor por radiación	El calor se transmite a través de la radiación electromagnética
8	Hay que agitar el agua para que se caliente "parejo"	Calentamiento de agua con un foco en un recipiente alto	El agua es un mal conductor de calor. Su coeficiente de conducción es bajo
9	Un objeto o sustancia caliente "caliente"; un objeto o sustancia fría "enfía"	Observación de la dirección del proceso de calor:	El proceso de calor tiene la dirección de mayor a menor temperatura, el enfriamiento sería la reducción de la temperatura, el calentamiento sería el aumento de la temperatura
10	Es necesario construir tecnología para estudiar los fenómenos del calor y la temperatura	Construcción de un calorímetro	Con el calorímetro podremos medir la el calor específico del agua
11	Algunos materiales se enfrían más rápido que otros	Caracterización del calorímetro:	Los materiales tienen diferentes coeficientes de conducción de energía por calor
12	¿Cuánta energía se necesita para elevar la temperatura del agua desde la temperatura ambiente hasta 80°Celsius?	Medición del calor específico del agua	Para incrementar la temperatura de una sustancia se requiere determinada cantidad de energía por unidad de masa y de variación de la temperatura
13	¿Aumenta la temperatura del agua mientras hierve?	Observación del punto de ebullición del agua	Durante la ebullición del agua no cambia su temperatura
14	¿Cuánta energía hay que extraer del agua para que pueda solidificarse?	Evaluación: ¿Cómo medimos el punto de solidificación del agua?	La energía se movería desde el agua hacia el hielo seco

Tabla III.2: Conocimiento antes y después de cada actividad.

No	Experiencia	Fenómenos involucrados	Conceptos experimentados/conocidos
1	Medición de temperatura	Movimiento de la columna de mercurio del termómetro	Termómetro, temperatura, temperatura del cuerpo humano, temperatura ambiental.
2	La piel humana y la temperatura	La mano que ha estado sumergida en agua caliente no siente igual que la mano que ha estado sumergida en agua helada.	Temperatura, termómetro, "caliente", "tibio", "frio". Temperatura del cuerpo humano.
3	Construcción de un calefactor eléctrico	Un alambre de nicromel se calienta al pasar corriente eléctrica a través de él	"Calentamiento por electricidad", corriente eléctrica, voltaje, potencia eléctrica
4	Medición de la potencia de un calefactor eléctrico	Voltaje y corriente dan potencia	"Calentamiento por electricidad", corriente eléctrica, voltaje, potencia eléctrica
5	Conducción de calor por convección, experimento de las botellas acopladas por la tapa	Una columna de agua coloreada y caliente sube por el agua fría hasta la superficie de esta.	Densidad, convección, temperatura, termómetro, transferencia de energía por calor, calor.
6	Conducción de calor por contacto	El calor "se transporta" a través de los metales	Coefficiente de conducción de calor, tiempo, metal, conductor de calor
7	Conducción de calor por radiación	La radiación calienta las sustancias	Espectro electromagnético, radiación, paquetes de energía, frecuencia, longitud de onda
8	Calentamiento de agua con un foco en un recipiente alto	El agua no es buen conductor del calor	Calor, temperatura, conducción del calor, coeficiente de conducción del calor del agua
9	Observación de la dirección del proceso de calor	Un objeto o sustancia caliente "calienta"; un objeto o sustancia fría "enfía"	Temperatura, termómetro, caliente, frío, proceso de calor.
10	Construcción de un calorímetro	Construcción de tecnología para el estudio del calor	Conducción de calor por radiación, conducción y contacto, temperatura, calor
11	Caracterización del calorímetro	Algunos materiales se enfrían más rápido que otros	Diferencia de temperatura, temperatura inicial, temperatura final, masa de la sustancia, termómetro
12	Medición del calor específico del agua	¿Cuánta energía se necesita para elevar la temperatura del agua desde la temperatura ambiente hasta 80°Celsius?	Potencia, watts, resistencia, voltaje, intensidad de corriente, multímetro, temperatura
13	Observación del punto de ebullición del agua	El de ebullición es un punto fijo del agua	Temperatura, calor, energía, puntos fijos del agua, evaporación, calor de evaporación
14	Evaluación: ¿Cómo medimos el punto de solidificación del agua?	¿Cuánta energía hay que extraer del agua para que pueda solidificarse?	Transferencia de energía por calor, conductividad térmica, capacidad calorífica, temperatura, termómetro.

Tabla III.3: Fenómenos involucrados y conceptos experimentados/conocidos.

d. *¿Cómo se profundiza la comprensión conforme avanzan las experiencias de aprendizaje?*

La experiencia de aprendizaje mediado permite poner la discusión diaria a tono con el avance diario al invitar a los estudiantes a recordar lo que se haya visto y al invitarlos a reflexionar en lo que se esté viendo en el momento. Junto con la experiencia de aprendizaje mediado tendremos también la experiencia de aprendizaje en sí misma.

3.3.4. Evaluación de fin de unidad

En la evaluación compendiada de fin de unidad hay que considerar, de acuerdo con el modelo ECBI, el nivel de comprensión de los conceptos, las destrezas que pueden aplicar y el nivel de capacidad para aplicar los nuevos conocimientos y habilidades a nuevas situaciones.

3.3.4.1. *¿Cuáles son las ideas principales de la unidad que serán evaluadas?, ¿cuáles son las destrezas a evaluar?*

Las ideas principales son:

- a. Concepto de temperatura. La temperatura del ambiente y de las sustancias, medidas con un termómetro.
- b. Concepto de calor. Dirección del proceso de calor. Formas de conducción del calor.
- c. Concepto de Calor específico. Calor específico del agua.
- d. Puntos fijos del agua: solidificación y ebullición.
- e. Construcción de un calentador de resistencia eléctrica.
- f. Construcción de un calorímetro de unícel.

Las destrezas corresponden principalmente al manejo del equipo de laboratorio, la implementación de los experimentos, la toma de mediciones y el registro, la graficación y el análisis de resultados; la atención a las normas del laboratorio.

3.3.4.2. *¿Cuáles cuestiones y tareas permitirán a los estudiantes demostrar su comprensión más que lo que ellos recuerdan o han memorizado?*

La implementación de un experimento requiere conocer qué es lo que se está haciendo en determinado momento; entonces, las cuestiones principales son: *¿qué estás investigando?, ¿qué parte de la teoría se está empleando?, ¿tienes tu esquema del experimento?, ¿qué vas a medir?, ¿cómo vas a registrar las mediciones?*

3.3.4.3. ¿Cómo diferenciará la tarea o cuestión entre las destrezas lingüísticas de los estudiantes y su comprensión de la Ciencia?

Nuestro modelo didáctico involucra dos aspectos importantes en la construcción del pensamiento científico: el objeto y/o fenómeno y un método de análisis del mismo. El gradiente de enriquecimiento, nos lleva de la simple manipulación del objeto hasta el análisis y la extracción de conclusiones; puede hacerse una distinción entre las destrezas lingüísticas y la comprensión de la forma de construir la ciencia desde el primer momento en que se plantean las actividades, a partir de la forma cómo los estudiantes se conducen en cada experimento y el análisis del mismo.

3.3.4.4. ¿Las tareas o cuestiones permiten dar respuestas a diferentes niveles más que simplemente una respuesta correcta o errónea?

Partimos de un conjunto reducido de conceptos a ser tratados:

- a. Concepto de temperatura. La temperatura del ambiente y de las sustancias medidas con un termómetro.
- b. Concepto de calor. Dirección del proceso de calor. Formas de conducción del calor.
- c. Concepto de Calor específico. Calor específico del agua.
- d. Puntos fijos del agua: solidificación y ebullición.

Todas las tareas giran alrededor de estos conceptos. En particular, se manejan continuamente los conceptos de temperatura y calor, en un todo que va evolucionando hacia conceptos más complejos como el de calor específico.

Por tanto, las tareas y cuestiones van desde los conocimientos declarativos hasta conocimientos que implican la aplicación de destrezas y habilidades relacionadas con el estudio de estas ideas. Destrezas y habilidades que inducen al estudiante a dar respuestas más allá de lo simplemente memorístico o declarativo.

3.3.4.5. ¿Las cuestiones o tareas tienen que ver con experiencias accesibles a todos los estudiantes?

Los fenómenos relacionados con la temperatura y el calor forman parte

de la vida cotidiana del estudiante, como hemos señalado antes en este trabajo.

3.3.4.6. ¿Cómo serán analizados y evaluados los resultados?

El análisis y la evaluación se harán a la luz de la idea del aprendizaje mediado (El profesor como mediador de los aprendizajes, no como simple repetidor de conocimientos): qué tanto usa los conceptos el estudiante y exhibe las destrezas y habilidades relacionadas, ¿qué preguntas hace? Y qué preguntas recibe a cambio de sus preguntas.

3.3.5. Diseño de las experiencias de aprendizaje

A continuación mostramos un esquema que muestra la estructura del diseño de cada experiencia de aprendizaje:

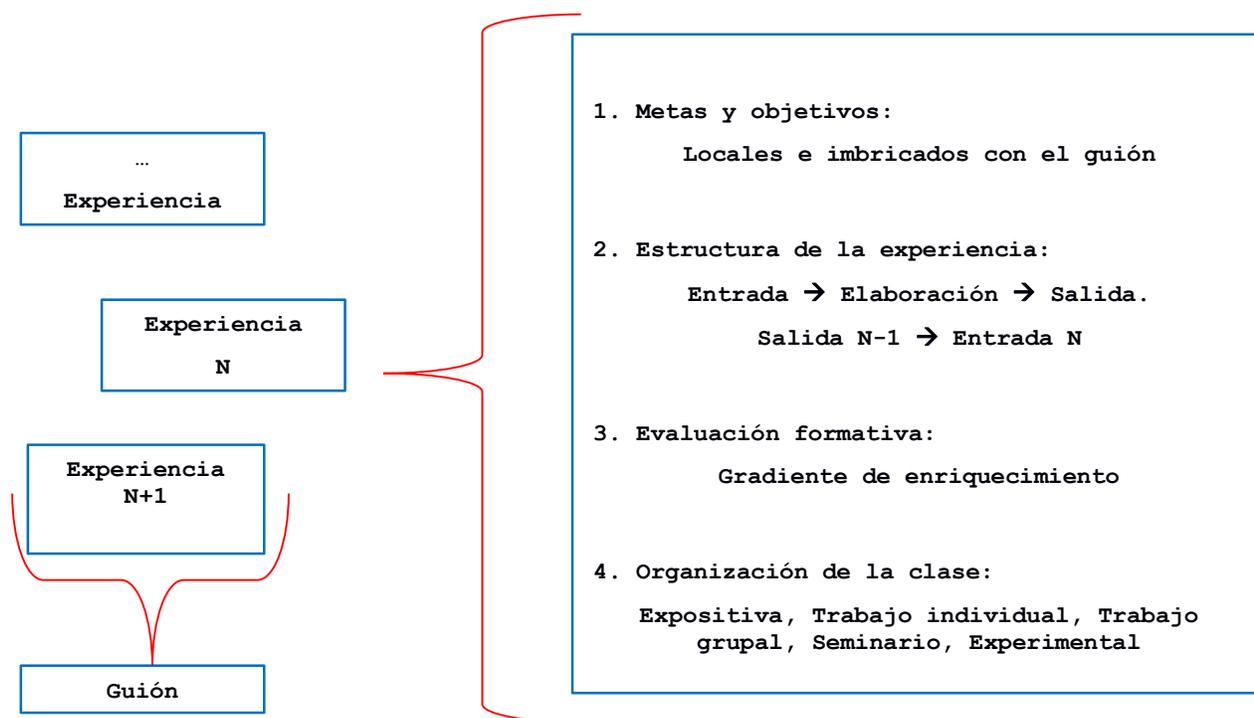


Figura III.2: Diseño de la Experiencia de aprendizaje

3.3.5.1. Metas y objetivos

El guión determina la ubicación de una experiencia de aprendizaje; la ubicación determina la meta y el objetivo particular de la experiencia, en dos sentidos: en particular relativo a la experiencia misma y en general, relativo al guión.

3.3.5.2. Estructura de la experiencia de aprendizaje

5. *¿Cuál es la secuencia o guión de la experiencia de aprendizaje?*

La secuencia es: planteamiento del experimento y tema relacionado, planteamiento del desarrollo de la actividad experimental; ejecución de la actividad experimental; cierre de la actividad con una serie de preguntas relativas al tema y a la actividad.

6. *¿Cómo conectarán los estudiantes el trabajo de la experiencia de aprendizaje con lo que ha ocurrido antes?*

En la apertura de la actividad se plantearán los conceptos involucrados y los conceptos ya vistos y se realizará un breve recordatorio de lo que hemos venido realizando.

7. *¿Qué parte o partes de la investigación y cuestionamiento realizarán en cada sesión?*

Realizarán la parte relativa al concepto, principio o teoría manejados localmente en cada experiencia. También realizarán toma de medidas de las variables identificadas y realizarán una gráfica con los datos recabados si así se requiere. El análisis se realizará al final de cada experiencia.

8. *¿Qué tipo de actividad tendrá lugar en cada sesión -trabajo práctico, discusión, redacción, lectura, etc.?*

Básicamente se realizará actividad experimental junto con el análisis de dicho trabajo. En algunas sesiones el profesor dará una exposición acerca de los conceptos pertinentes.

9. *¿Cómo terminará la sesión y experiencia de aprendizaje -con una discusión, presentaciones de grupo, redacción?*

Básicamente, se hará un análisis de lo realizado, las discusiones se reservarán a determinadas actividades y se emplearán como métodos de evaluación.

3.3.5.3. Evaluación formativa

Las siguientes preguntas (secciones 3.3.5.3, 3.3.5.4, 3.3.3.5 y 3.3.5.6 siguientes) forman parte de la experiencia de aprendizaje mediado, se contestan al elaborar cada experiencia de aprendizaje y se toman como guía de las acciones de la experiencia de aprendizaje mediado y de la estructura de cada experiencia, así que remitimos al lector a leer las experiencias

propuestas al final de estas secciones.

3. ¿Cuáles son las metas y objetivos de la sesión?

4. ¿Cuáles metas y objetivos son particularmente importantes para ser enfocadas?

5. ¿En qué parte de las sesiones usarán los estudiantes una destreza particular o comprensión?

6. ¿Qué cuestiones podrían dar claves del pensamiento y comprensión de los estudiantes?

7. ¿Cómo serán usados los datos por el profesor?, ¿por los estudiantes?

3.3.5.4. Organización de la clase

Hay que determinar cuándo trabajarán los estudiantes de forma individual, en pares, en grupos pequeños o como una clase completa basada en el contexto local así como en el contenido de la experiencia de aprendizaje y la etapa de la investigación y cuestionamiento.

3.3.5.5. Discusión y cuestiones

a. ¿Cuándo es importante una discusión con el grupo completo?

b. ¿Qué necesitan los estudiantes hacer o tener listo para la discusión?

c. ¿Qué cuestión o cuestiones provocarán una discusión productiva?

d. ¿Qué tipo de cierre tendrá lugar?

3.3.5.6. Redacción/registro

Hay que determinar cuándo y cómo los estudiantes registrarán en sus bitácoras en cada sesión.

a. ¿Cuál es la naturaleza de la redacción que realizarán?

b. ¿En qué etapa del proceso de investigación están?

c. ¿Es la redacción individual o en grupo?

3.4. Experiencias: A continuación mostramos la secuencia de experiencias de

aprendizaje que hemos diseñado siguiendo en mayor o menor medida las directivas que hemos expuesto hasta aquí:

No. 1	Medición de temperatura
Metas y objetivos	<p>Objetivo: Conocer cómo es y cómo se usa el termómetro de mercurio, usado en el laboratorio.</p> <p>Meta: Utilizar los instrumentos que se emplean habitualmente en el estudio de los fenómenos del calor y la temperatura.</p>
Estructura de la experiencia	<p>(Entrada): La temperatura es una enfermedad y una cualidad de los cuerpos calientes, el termómetro sirve para saber si uno está enfermo.</p> <p>(Elaboración): Hay dos tipos de termómetro, el clínico y el de laboratorio; el termómetro clínico se usa cuando una persona "tiene temperatura"; el termómetro de laboratorio no se agita antes de cada medición ni mantiene la lectura al alejarlo del objeto cuya temperatura se mide.</p> <p>(Entrada) : Breve explicación de la actividad. Conformación de equipos y solicitud del instrumento. Descripción verbal del instrumento y cómo se utiliza.</p> <p>¿Qué diferencias encuentras con el termómetro clínico?, ¿el termómetro de laboratorio se comporta como el termómetro clínico?, ¿qué precauciones hay que tomar con un termómetro de mercurio?, ¿a qué corresponde el valor de temperatura que indica el termómetro cuando lo recibes?</p> <p>(Elaboración): ¿Qué temperatura tenían los objetos elegidos en una habitación?, ¿las lecturas tienen algo en común?, ¿qué tanta variación hay?; ¿qué temperatura tenían los objetos elegidos a la intemperie?, ¿las lecturas son semejantes?, ¿qué factor influyó en la lectura obtenida?, ¿las lecturas obtenidas son semejantes a las lecturas obtenidas en los objetos que estaban en una habitación?</p>
Evaluación formativa	Los estudiantes entregan un reporte con las respuestas a las preguntas de las acciones
Organización de la clase Contexto de la acción didáctica	Actividad experimental en equipos de dos personas.
Discusión y cuestiones (Salida)	¿Cuál es el dispositivo experimental?, ¿Cuál es el experimento?, ¿qué fenómeno se observa en el experimento?, ¿qué explicación das al fenómeno?, ¿cómo construiste la explicación?, ¿qué conceptos de Física usaste para construir la explicación?
Redacción-Registro (Salida)	Informe de las respuestas a las preguntas de la elaboración y de la discusión y cuestiones, con ilustraciones.

No. 2	<p align="center">La piel humana y la temperatura (Experimento de los tres baldes de agua)</p>
-------	--

Metas y objetivos	<p>Objetivo: Demostrar que la piel no puede usarse como instrumento de medición ni de valoración de la temperatura.</p> <p>Meta: Comprender que el termómetro es un instrumento que proporciona valores objetivos de temperatura.</p>
Estructura de la experiencia	<p>(Entrada) : El agua con hielo se concibe como agua "helada", el agua a 45°C se concibe como agua que "quema" dado que se le ve vaporizar; entre estos extremos el agua es agua "tibia", juicio que depende del observador.</p> <p>(Elaboración): Se mide la temperatura del agua con hielo. El valor de temperatura establece un valor objetivo para el término "agua helada"; se realiza lo mismo con el agua "caliente"; no se examina el valor de temperatura del agua "tibia".</p> <p>(Entrada) :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se calientan dos litros de agua de la llave hasta 45°C, y se enfrían 2 litros de agua de la llave hasta 8°C aproximadamente. 2. Se reparte el agua fría y caliente en las tazas para café que han traído los estudiantes. Ellos colocan agua de la llave hasta un tercio de una tercera taza, el profesor agrega un poco de agua caliente hasta completar el nivel a la mitad de la taza. 3. El profesor describe el procedimiento: la mano izquierda se introduce en el agua fría y la mano derecha en el agua caliente. Cada estudiante debe hacerlo de tal manera que la piel se acostumbre un poco a cada temperatura. 4. Una vez que cada mano ha estado en el agua correspondiente, el estudiante en turno saca cada mano y la introduce rápidamente en la taza de en medio. 5. El estudiante no puede comunicar su respuesta, hace registro personal de lo que ha sentido. <p>Observaremos que las sensaciones de "frío", "tibio" y "caliente", se han construido a partir de la sensibilidad de la piel; conoceremos que la piel no es un buen termómetro a partir del experimento de los tres baldes de agua.</p> <p>(Elaboración): ¿Cuándo introduces cada mano en el agua del balde medio, la sensación que percibes es la misma en ambos casos?, ¿cómo sientes con la mano que ha estado en agua a 45°C?, ¿cómo sientes con la mano que ha estado en agua a 8°C?, ¿podrías estar seguro que el agua del balde medio está "fría" o "tibia" o "caliente"?, ¿la piel es un buen termómetro?</p>
Evaluación formativa	Los estudiantes entregan un reporte con las respuestas a las preguntas de las acciones
Organización de la clase Contexto de la acción didáctica	Actividad experimental en equipos de dos o tres personas.
Discusión y cuestiones (Salida)	Interiorización del propio comportamiento: ¿En qué consiste la actividad que hemos realizado?, ¿la actividad que se ha realizado es un análisis de nuestras creencias?; cuando bañas a un bebé, ¿qué procedimiento es más adecuado para conocer la temperatura del agua?, ¿para qué nos sirven las sensaciones de <i>frío</i> , <i>tibio</i> y <i>caliente</i> en la vida cotidiana?
Redacción-Registro (Salida)	Informe de las respuestas a las preguntas de la elaboración y de la discusión y cuestiones, con ilustraciones.

No. 3	Construcción de un calefactor eléctrico
Metas y objetivos	<p>Objetivo: Desarrollo de tecnología para estudiar los fenómenos del calor y la temperatura</p> <p>Meta: Conocer y utilizar los instrumentos y aparatos que se emplean</p>

	habitualmente en el estudio de los fenómenos del calor y la temperatura.
Estructura de la experiencia	<p>(Entrada): Una parrilla o un calentador eléctrico utilizan una resistencia. La resistencia se calienta (su temperatura aumenta) y "produce calor" (por contacto) para "calentar" (elevar la temperatura del medio o sustancia en que se encuentra).</p> <p>(Elaboración): El solenoide de alambre de nicromel se conecta a un tramo de cable para alta temperatura con un amarre sencillo tipo western corto; en el extremo de estos cables, se coloca un conector para conectar a la fuente de potencia de 22 volts, 100 watts.</p> <p>(Entrada):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Explicación de la actividad. 2. Descripción de los materiales que se usarán. 3. Descripción de la construcción del solenoide de alambre nicromel. 4. Realización de conexiones y aislamiento. 5. Revisión y entrega del instrumento terminado. <p>Un calefactor eléctrico permite medir la potencia eléctrica suministrada, durante un intervalo de tiempo, a un objeto o una sustancia que se calienta. El gasto de potencia eléctrica puede medirse.</p> <p>(Elaboración): ¿Qué ocurre cuando se conecta la resistencia a la fuente de potencia?, ¿por qué se enciende la resistencia hasta ponerse de color rojo?, ¿cómo ocurre el proceso de calentamiento de una sustancia con una resistencia?, ¿hay un límite en la cantidad de masa de sustancia que puede calentar un calefactor eléctrico?, ¿qué es la potencia?, ¿cómo se mide la potencia que entrega la fuente?</p>
Evaluación formativa	Los estudiantes entregan un reporte con las respuestas a las preguntas de las acciones
Organización de la clase Contexto de la acción didáctica	Actividad experimental en equipos de dos o tres personas.
Discusión y cuestiones (Salida)	¿La potencia eléctrica que entrega la fuente provoca el aumento de la temperatura de la resistencia?, ¿puede medirse la temperatura de la resistencia?, ¿qué temperatura alcanza la resistencia cuando se expone en el aire?, ¿por qué no alcanza el color rojo luminoso cuando la resistencia se sumerge en el agua?, ¿la temperatura de la resistencia disminuye al meterla en el agua?
Redacción-Registro (Salida)	Informe de las respuestas a las preguntas de la elaboración y de la discusión y cuestiones, con ilustraciones.

No. 4	Medición de la potencia de un calefactor eléctrico
Metas y objetivos	<p>Objetivo: Comparar la potencia de dos calefactores y proyectar la capacidad que tendrán para calentar una sustancia.</p> <p>Meta: Conocer y utilizar los instrumentos y aparatos que se emplean habitualmente en el estudio de los fenómenos del calor y la</p>

	temperatura.
Estructura de la experiencia	<p>(Entrada): Un calefactor eléctrico consta de la resistencia disipadora y de la fuente de potencia eléctrica; ambos forman un aparato completo. La fuente y la resistencia determinan la potencia disipada en determinado momento.</p> <p>(Elaboración): Hay diferentes potencias de calefactor. El calefactor necesita conectarse a una fuente de potencia eléctrica. Un calefactor eléctrico maneja altos valores de corriente, por ello se requiere de aplicar medidas de seguridad que eviten accidentes como electrocución o quemaduras.</p> <p>(Entrada):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Explicación de la experiencia. 2. Descripción de la fuente de potencia de 22 volts, 100 watts. 3. Descripción de la forma de conectar el calefactor a la fuente de potencia. 4. Observación de las precauciones que hay que tomar en cuenta todo el tiempo de realización de la experiencia. 5. Descripción de la toma de mediciones del voltaje y la intensidad de corriente con el multímetro. 6. Registro de lecturas. <p>Un calefactor eléctrico permite medir la potencia suministrada durante un intervalo de tiempo, a un objeto o una sustancia que se calienta. El gasto de electricidad puede medirse.</p> <p>(Elaboración): ¿Qué ocurre cuando se conecta la resistencia a la fuente de potencia?, ¿por qué se enciende la resistencia hasta ponerse de color rojo?, ¿cómo ocurre el proceso de calentamiento de una sustancia con una resistencia?, ¿hay un límite en la cantidad de masa de sustancia que puede calentar un calefactor eléctrico?, ¿qué es la potencia?, ¿cómo se mide la potencia que entrega la fuente?</p>
Evaluación formativa	Los estudiantes entregan un reporte con las respuestas a las preguntas de las acciones
Organización de la clase Contexto de la acción didáctica	Actividad experimental en equipos de dos o tres personas.
Discusión y cuestiones (Salida)	¿La potencia eléctrica que entrega la fuente provoca el aumento de la temperatura de la resistencia?, ¿puede medirse la temperatura de la resistencia?, ¿qué temperatura alcanza la resistencia cuando se expone en el aire?, ¿por qué no alcanza el color rojo luminoso cuando la resistencia se sumerge en el agua?, ¿la temperatura de la resistencia disminuye al meterla en el agua?
Redacción-Registro (Salida)	Informe de las respuestas a las preguntas de la elaboración y de la discusión y cuestiones, con ilustraciones.

No. 5	Conducción de calor por convección, experimento de las botellas acopladas por la tapa
Metas y objetivos	Objetivo: Observar el movimiento de masa de agua caliente hacia una capa de agua fría colocada encima del agua caliente.

	<p>Meta: La transferencia de energía por calor puede ocurrir por movimiento de masa de la sustancia caliente hacia la sustancia fría.</p> <p>(Entrada): Existen fenómenos cotidianos, producidos en presencia de objetos o sustancias que están a una temperatura mayor que la temperatura ambiente: la columna de humo de un cigarro encendido, la ascensión de diversos humos y vapores y el movimiento del agua antes de la ebullición en el sentido de abajo hacia arriba.</p> <p>(Elaboración): Realizaremos el experimento de convección que propone ECBI, convección entre agua caliente y agua fría por medio de dos botellas unidas por la tapa y colocadas en dirección vertical; la botella que queda sobre las tapas tendrá agua fría a 10°C y la botella que queda debajo de las tapas tendrá agua caliente a 65°C; la botella de agua caliente estará coloreada con un colorante vegetal.</p> <p>(Entrada):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se construye el dispositivo con dos botellas PET de 250 a 400 ml; se perforan las tapas de las botellas y se acoplan por medio de un popote, ambas tapas deben quedar unidas firmemente. 2. Se coloca agua caliente a 65°C en una de las botellas y se le aplican seis gotas de colorante vegetal; en la otra botella se coloca agua fría a 10°C. El nivel de agua, en ambas botellas debe quedar a un centímetro o centímetro y medio del borde de la botella; el popote debe penetrar unos 4 cm en el agua caliente. 3. Se acoplan las botellas y se disponen de tal manera que la botella con el agua a 10°C queda encima de la botella con agua a 65°C. Hay que realizar la maniobra evitando que se agite el agua caliente. Si queda aire en el popote, puede sacarse aplastando suavemente la botella de agua caliente para sacar las gotas de aire una por una hacia la botella de agua a 65°C. 4. Esperamos unos momentos a que empiece la convección. 5. Se realiza un registro con esquemas y explicaciones. <p>Se produce una columna de agua coloreada por el centro de la botella con agua fría; esta columna sube hasta la superficie del agua; desde ahí, el agua fría comienza a colorearse. ¿En dónde has observado un fenómeno similar?, ¿cómo funciona una chimenea?</p> <p>(Elaboración): ¿Por qué se produce esta columna de agua coloreada?, ¿las propiedades físicas del agua a 8°C son iguales a las del agua a 65°C?, ¿este fenómeno estará relacionado con el del aceite en agua?, ¿el concepto de densidad explicará este fenómeno?, ¿qué ocurre cuando se mezclan líquidos de diferente densidad?, ¿qué ocurre cuando coloco en el agua objetos de mayor densidad, igual densidad y menor densidad que el agua?</p>
Estructura de la experiencia	
Evaluación formativa	Los estudiantes entregan un reporte con las respuestas a las preguntas de las acciones
Organización de la clase	Actividad experimental en equipos de dos o tres personas.
Discusión y cuestiones (Salida)	¿El aumento de la temperatura afecta la densidad de una sustancia?, ¿afecta la densidad del agua?, ¿afecta la densidad del aire?, ¿por qué puede ascender un globo de cantoya?, ¿qué le ocurre a la densidad del agua cuando llega a la superficie del agua en las botellas?, ¿por qué se colorea el agua fría de arriba hacia abajo?, ¿qué nombre recibe este fenómeno?
Redacción-Registro (Salida)	Los estudiantes entregarán un reporte escrito con fotografías de este experimento. Redactarán un ensayo acerca de por qué se forma una capa de hielo sobre agua líquida en los lagos congelados.
No. 6	Conducción de calor por contacto
Metas y objetivos	<p>Objetivo: Observar y analizar el fenómeno de conducción de calor con conducción a través de un cuerpo.</p> <p>Meta: La transferencia de energía por calor puede ocurrir a través del cuerpo de una sustancia o por contacto entre sustancias diferentes o la misma sustancia.</p>
Estructura de la experiencia	(Entrada): Nuestra experiencia cotidiana nos permite observar la transmisión de calor por contacto cuando tocamos un metal, concreto

	<p>o madera, tela a la intemperie o simplemente el contacto de nuestra piel con el aire circundante. Al tocar estas sustancias hay transferencia de energía por calor, por ello se sienten "frías" o "calientes", dependiendo de si la temperatura ambiente es menor o mayor a la temperatura de confort.</p> <p>(Elaboración): En el laboratorio contamos con un dispositivo experimental vistoso, que consiste de cuatro barras de diferente metal acopladas entre sí a una barra de aluminio. Las cuatro barras se pueden calentar al mismo tiempo. Con este experimento se puede observar que la conducción de calor a través de una sustancia se realiza con diferente rapidez. Todo depende de cuál es la sustancia.</p> <p>(Entrada):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se pide a los estudiantes que soliciten les presten el aparato de conducción de calor; un guante para alta temperatura, un cronómetro, plastilina y alcohol sólido. 2. Se coloca este aparato sobre la mesa y se le colocan unas pequeñas muestras de plastilina en cada extremo de las barras, en el extremo opuesto a la base de cada barra. 3. Ya colocada la plastilina, se coloca el aparato directamente sobre el alcohol encendido y se miden los tiempos parciales que le toman al calor llegar desde la base hasta el extremo con la plastilina; se observa que el calor ya llegó a la plastilina cuando ésta comienza a derretirse. 4. Se recaba el tiempo de llegada del calor a cada extremo y la longitud de cada barra en una tabla; a continuación se realiza una gráfica de barras. <p>(Elaboración): ¿Qué metales tenemos en este aparato?, ¿Por qué es necesario usar un guante para altas temperaturas?, ¿qué precauciones hay que tener en este experimento?, escribe en orden de mayor a menor conductividad cada uno de los metales, ¿qué metal se sentiría más frío al tocarlo en un día frío?, ¿Qué metal se sentiría menos caliente al tocarlo en un día cálido?</p>
Evaluación formativa	Los estudiantes entregan un reporte con las respuestas a las preguntas de las acciones
Organización de la clase	Actividad experimental en equipos de dos o tres personas.
Discusión y cuestiones (Salida)	¿El "calor" es lo mismo que la "temperatura"?, ¿hay alguna diferencia entre estos conceptos?, ¿cuáles son las tres formas de conducción del calor?, haz una tabla de conductividades térmicas para cinco gases, cinco líquidos y cinco sólidos, ¿de dónde a dónde fluye el calor?
Redacción-Registro (Salida)	Informe de las respuestas a las preguntas de la elaboración y de la discusión y cuestiones, con ilustraciones.

No. 7	Conducción de calor por radiación
Metas y objetivos	<p>Objetivo: Observar cuánto hielo se funde de una masa fija colocada en un recipiente de determinado color, al calentar con un foco colocado en la cercanía del frasco.</p> <p>Meta: La transferencia de energía por calor puede ocurrir por radiación desde una fuente de radiación hasta determinado objeto.</p>
Estructura de la experiencia	(Entrada): En nuestra experiencia, encontramos que el sol es una estrella que se encuentra a miles de kilómetros del planeta tierra,

	<p>sin embargo, su luz nos provoca la sensación de calor. De hecho, existen muchas manifestaciones de la energía que llega del sol por radiación. Un fenómeno similar ocurre con la lumbre, con los focos incandescentes y con la llama de una vela o de un encendedor.</p> <p>(Elaboración): Realizaremos el experimento de conducción de calor por radiación con un foco de cien watts, colocado en el centro de un círculo construido por frascos de Gerber que habrán sido forrados con fieltro de diferentes colores: rojo, azul, negro, blanco y amarillo. Observaremos el fenómeno, lo analizaremos y propondremos una explicación. Al final daremos nombre al fenómeno: transporte de energía por calor a través de la emisión y recepción de ondas electromagnéticas.</p> <p>(Entrada):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se solicitan, con anticipación, cinco frascos de Gerber, lavados y secos. Fieltro de los colores siguientes: amarillo, rojo, blanco, azul y negro 2. Se forran de manera ajusta el cuerpo y la tapa de cada frasco. 3. Se pide un soporte universal con una varilla y una pinza para sujetar una extensión con un foco de 100 watts en su extremo. 4. Este experimento se realiza en el piso para evitar quemar la mesa del laboratorio. 5. Se colocan alrededor del foco, en círculo y a una distancia de 10 cm, los cinco frascos forrados. 6. Se coloca una masa conocida y fija de hielo en cada uno de los frascos. 7. Se prende el foco por diez minutos. 8. Pasados los diez minutos, se mide la masa de hielo que quedó en cada frasco. <p>(Elaboración): Hacer una tabla en donde aparezcan el color del frasco, cuánta masa de hielo se colocó, cuánto hielo quedó y cuánto hielo se fundió, ¿en qué color de frasco se fundió más hielo?, ordenar los colores de mayor a menor cantidad de hielo fundido, ¿qué color absorbió más radiación, ¿qué color absorbió menos radiación?</p>
Evaluación formativa	Los estudiantes entregan un reporte con las respuestas a las preguntas de las acciones
Organización de la clase	Actividad experimental en equipos de dos o tres personas.
Discusión y cuestiones (Salida)	¿El "calor" es lo mismo que la "temperatura"?, ¿hay alguna diferencia entre estos conceptos?, dibujar el espectro electromagnético, ¿en qué color se absorbió más calor por radiación?, hacer una tabla de absorción de radiación por color; ¿cómo harías una tabla de absorción de calor por radiación según el color?, redactar una propuesta de experimento
Redacción-Registro (Salida)	Informe de las respuestas a las preguntas de la elaboración y de la discusión y cuestiones, con ilustraciones.

No. 8	Calentamiento de agua con un foco, en un recipiente alto
Metas y objetivos	<p>Objetivo: Conocer el proceso de calentamiento del agua como una aplicación de la conducción de calor a través del cuerpo de una sustancia.</p> <p>Meta: Conocer las tres formas de conducción del calor a través de ejemplos accesibles.</p>

Estructura de la experiencia	<p>(Entrada): El agua posee una conductividad térmica baja. Este hecho contribuye a que el calentamiento de una porción grande de agua ocurra desde la fuente de calor hacia los extremos opuestos. Si no se agita el agua o no ocurren las corrientes de convección, la masa de agua tardaría mucho en calentarse.</p> <p>(Elaboración): El aparato para observar este fenómeno es sencillo: consta de un foco de 60 watts y de un vaso de unicel de un litro de capacidad. El foco se coloca en la parte superior del agua y todo el proceso se observa sin agitar el agua. Se toman lecturas en el nivel superior, el nivel medio y en el nivel inferior del agua.</p> <p>(Entrada):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se pide a los estudiantes que traigan a la clase dos vasos de unicel de un litro de capacidad. 2. Se informa a los estudiantes que observaremos el proceso de calentamiento del agua con un foco. 3. Se construye el dispositivo con un soporte universal para sujetar el foco. El vaso con agua se coloca debajo del foco. El foco se introduce en la parte superior del agua. 4. Se toman cinco medidas en el nivel superior; cinco en el nivel medio y cinco medidas en el nivel bajo del agua. 5. Se recaban los datos en una tabla y se realiza una gráfica de temperatura en cada nivel contra tiempo. <p>(Elaboración): ¿Por qué se usa unicel en la realización de este experimento?, ¿qué tipos de conducción de calor se dan en este experimento?, ¿qué es el calor?, ¿qué es la temperatura?, ¿de dónde a dónde fluye el calor?</p>
Evaluación formativa	Los estudiantes entregan un reporte con las respuestas a las preguntas de las acciones
Organización de la clase	Actividad experimental en equipos de dos o tres personas.
Discusión y cuestiones (Salida)	¿El "calor" es lo mismo que la "temperatura"?, ¿hay alguna diferencia entre estos conceptos?, ¿cómo se mide la temperatura?, ¿el "calor" puede medirse?, ¿se necesita construir tecnología para estudiar los fenómenos del calor y la temperatura?
Redacción-Registro (Salida)	Informe de las respuestas a las preguntas de la elaboración y de la discusión y cuestiones, con ilustraciones.

No. 9	Observación de la dirección del proceso de calor
Metas y objetivos.	<p>Objetivo: Concientizar el hecho de que el calor es un proceso de transferencia de energía que se da en la dirección de la temperatura más alta hacia la más baja.</p> <p>Meta: Conocer los fenómenos de la temperatura y el calor a través de la medición de diversas variables.</p>
Estructura de la experiencia	(Entrada): El "calor" es un atributo que poseen las sustancias "calientes"; el "frío" es una propiedad de los objetos "fríos"; la

	<p>"temperatura" es un atributo que poseen el clima, los enfermos y las sustancias u objetos "calientes".</p> <p>(Elaboración): El agua "fría" puede "disolver" el hielo. El agua "caliente" puede "enfriar" el agua "caliente".</p> <p>(Entrada):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Previo a la actividad que realizarán los estudiantes, el profesor colocará una masa fija de hielo en un baño de 100 ml de agua a 50°C, a 30°C y a temperatura ambiente en cada ocasión, durante un tiempo previamente medido. 2. Después de la demostración anterior, los estudiantes colocarán la misma masa de hielo en un recipiente de vidrio y lo colocarán en un baño de 100 ml de agua a 8°C. 3. Al mismo tiempo, usando otro calorímetro, los estudiantes colocarán una masa de agua, similar a la masa de hielo, a una temperatura de 80°C, en un baño de 100 ml de agua a 45°C. 4. Se realiza una tabla con la temperatura inicial y final del agua del baño y de la muestra. <p>¿Qué temperatura tiene el hielo? ¿Qué se espera que ocurra con la temperatura final del agua del baño y con la temperatura del hielo?, ¿el hielo se fundirá en todos los casos?; ¿qué se espera que ocurra con la temperatura del agua del baño y el agua del recipiente en el caso del agua caliente?</p> <p>(Elaboración):</p> <p>Se realiza un examen de la tabla de resultados, ¿qué ocurrió con las temperaturas finales en el caso del hielo en agua?, ¿qué ocurrió con las temperaturas finales en el caso del agua caliente en agua caliente?; ¿qué se necesita para aumentar la temperatura de una sustancia?, ¿qué se necesita para disminuir la temperatura de una sustancia?, ¿cómo explicas los resultados de la tabla?, ¿hubo intercambio de energía entre las sustancias?, ¿en qué dirección ocurre el intercambio de energía?</p>
Evaluación formativa	Salida. Los estudiantes entregan un reporte con las respuestas a las preguntas de las acciones
Organización de la clase	Actividad experimental en equipos de dos o tres personas.
Discusión y cuestiones (Salida)	¿El "calor" es lo mismo que la "temperatura"?, ¿hay alguna diferencia entre estos conceptos?, ¿cómo se mide la temperatura?, ¿en qué dirección se mide el intercambio de energía por calor?, ¿puede haber diferencia de temperatura entre las sustancias consideradas frías al tacto?, ¿puede haber diferencia de temperatura entre las sustancias consideradas calientes al tacto?, ¿qué determina el intercambio de energía por contacto?
Redacción-Registro (Salida)	A una temperatura dada, una masa de sustancia tiene una cierta energía interna, ¿qué ocurre con la energía interna de esa masa de sustancia si la temperatura disminuye?, ¿qué ocurre si la temperatura aumenta? Explica el proceso que ocurre cuando se pone hielo en una bebida fría a 10°C.

No. 10	Construcción de un calorímetro
Metas y objetivos	Objetivo: Desarrollo de tecnología para estudiar los fenómenos del calor y la temperatura Meta: Conocer y utilizar los instrumentos que se emplean habitualmente en el estudio de los fenómenos del calor y la temperatura.
Estructura de la experiencia	(Entrada): Habitualmente, las sustancias y los objetos se "calientan" o "enfrian", prácticamente nunca se mide cuánto "calor" se necesita para calentar un objeto o una sustancia. La electricidad y el gas se "gastan" y se paga la cantidad que se ha gastado; se dice que el gas

	<p>se puede "ahorrar".</p> <p>(Elaboración): La construcción del calorímetro considera las diferentes formas de transmisión de energía por calor. El calorímetro permite manipular las muestras. Un calorímetro tiene una curva de respuesta ante la diferencia de temperatura entre su contenido y el exterior.</p> <p>(Entrada):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se informa a los estudiantes que construiremos un aparato para medir la cantidad de energía que se aplica o extrae de una sustancia. 2. Se pide a los estudiantes que traigan a la clase dos vasos de unicel de un litro de capacidad. 3. Con placas de unicel de 2 cm de espesor, se construye una caja ajustada al diámetro de los vasos. 4. Se cortan las paredes de la caja con un cortador de unicel construido con alambre de nicromel y una fuente de 6 volts. 5. Se forra con hoja de aluminio el interior del calorímetro. 6. Toda la caja se pega con pegamento para unicel. <p>¿Cuál es el propósito de construir una caja con estas características?, ¿qué significa "calentar" o "enfriar" una sustancia?</p> <p>(Elaboración): ¿Qué utilidad tiene el uso de vasos en el interior del calorímetro?, ¿por qué se forran de aluminio el interior de las paredes?, ¿por qué se utilizan paredes de 2 cm de espesor?, ¿por qué se utiliza unicel en la construcción?, ¿por qué se deja el color blanco en todos los componentes?</p>
Evaluación formativa	Los estudiantes entregan un reporte con las respuestas a las preguntas de las acciones
Organización de la clase	Actividad experimental en equipos de dos o tres personas.
Discusión y cuestiones (Salida)	¿El "calor" es lo mismo que la "temperatura"?, ¿hay alguna diferencia entre estos conceptos?, ¿cómo se mide la temperatura?, ¿el "calor" puede medirse?, ¿se necesita construir tecnología para estudiar los fenómenos del calor y la temperatura?
Redacción-Registro (Salida)	Informe de las respuestas a las preguntas de la elaboración y de la discusión y cuestiones, con ilustraciones.

No. 11	Caracterización del calorímetro
Metas y objetivos	<p>Objetivo: Conocer el comportamiento del calorímetro ante diferencias de temperatura entre la ebullición del agua y la temperatura ambiente.</p> <p>Meta: Conocer los fenómenos de la temperatura y el calor a través de la medición de diversas variables.</p>
Estructura de la experiencia	<p>(Entrada): El calorímetro es un instrumento de laboratorio que permite medir la transferencia de energía por calor.</p> <p>(Elaboración): Existen diversos tipos de calorímetros para diversas aplicaciones; en este caso, el calorímetro construido sirve para hacer mediciones en bajas temperaturas y en temperaturas con valores menores</p>

	<p>o iguales a la temperatura de ebullición del agua.</p> <p>(Entrada):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se colocan entre 350 y 400 gramos de agua a 85°C en el vaso exterior del calorímetro. 2. Se recoge el valor de la temperatura cada tres minutos hasta completar diez datos. 3. Se realiza la misma experiencia con una masa similar de agua en un vaso de precipitados. 4. Se comparan ambas curvas de enfriamiento. <p>El unicel o poliestireno expandido se funde a temperaturas mayores a los 100°C y los gases que libera son inflamables. Tiene una conductividad térmica de 0.033 a 0.046 watts/m-Kelvin; tiene un calor específico de 1210 Joules/kg-K; tiene una dilatación lineal de 0.05 a 0.07 mm por metro lineal-grado Celsius.</p> <p>(Elaboración): ¿Qué utilidad tiene el uso de vasos en el interior del calorímetro?, ¿por qué se forran de aluminio el interior de las paredes?, ¿por qué se utilizan paredes de 2 cm de espesor?, ¿por qué se utiliza unicel en la construcción?, ¿por qué se deja el color blanco de todos los componentes?</p>
Evaluación formativa	Los estudiantes entregan un reporte con las respuestas a las preguntas de las acciones
Organización de la clase	Actividad experimental en equipos de dos o tres personas.
Discusión y cuestiones (Salida)	¿El "calor" es lo mismo que la "temperatura"?, ¿hay alguna diferencia entre estos conceptos?, ¿cómo se mide la temperatura?, ¿el "calor" puede medirse?, ¿se necesita construir tecnología para estudiar los fenómenos del calor y la temperatura?
Redacción-Registro (Salida)	Informe de las respuestas a las preguntas de la elaboración y de la discusión y cuestiones, con ilustraciones.

No. 12	Medición del calor específico del agua
Metas y objetivos.	<p>Objetivo: Medir la cantidad de energía por calor que se requiere para provocar un aumento en la temperatura.</p> <p>Meta: Ya vimos que el proceso de calor tiene una dirección determinada, ahora conoceremos que la cantidad de energía que se transfiere depende de la sustancia y de la cantidad de sustancia presente.</p>
Estructura de la experiencia	<p>(Entrada): Calentar agua es un proceso que requiere cierta cantidad de energía, que depende de cada sustancia.</p> <p>(Elaboración): Se mide la cantidad de energía para provocar un aumento en el valor medido de la temperatura en dos casos separados: con masas</p>

	<p>de sustancia diferentes y con sustancias diferentes.</p> <p>(Entrada) :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se describe brevemente en qué consiste la actividad. 2. Se coloca una masa conocida de agua con una temperatura de 1°C en el calorímetro. 3. Se introduce en la muestra de agua el calefactor de resistencia y se enciende. 4. Se mide la intensidad de corriente que circula por el calefactor y el voltaje. 5. Al mismo tiempo y desde que se enciende el calefactor, se mide el tiempo y la variación de la temperatura. 6. Se recolectan los datos de temperatura contra tiempo y los datos de intensidad de corriente y voltaje para calcular la potencia empleada. 7. Se realiza el mismo procedimiento con otra masa de agua. Se comparan resultados. <p>¿Qué dirección tiene el proceso de transferencia de energía por calor?, ¿qué es la potencia eléctrica?, ¿cuál es la temperatura inicial del agua?, ¿cuál es la temperatura ambiente?, ¿hasta qué temperatura llegamos?</p> <p>(Elaboración) :</p> <p>Se grafica la tabla de resultados, ¿se obtiene un valor constante de transferencia de energía por masa de agua por grado de variación de temperatura?, ¿qué es el calor específico?, ¿se obtendrá el mismo valor de calor específico para otra sustancia?, ¿cómo medirías el valor del calor específico para otra sustancia?</p>
Evaluación formativa	Los estudiantes entregan un reporte con las respuestas a las preguntas.
Organización de la clase	Actividad experimental en equipos de dos o tres personas.
Discusión y cuestiones (Salida)	¿El "calor" es lo mismo que la "temperatura"?, ¿hay alguna diferencia entre estos conceptos?, ¿cómo se mide la temperatura?, ¿en qué dirección se produce el intercambio de energía por calor?, ¿qué es el calor específico de una sustancia? Obtén una tabla de calores específicos a temperatura constante para sustancias sólidas, líquidas y frías; ordena los valores de mayor a menor valor para cada categoría de sustancia, ¿qué sustancias requieren más energía?, ¿qué sustancias requieren menos energía?
Redacción-Registro (Salida)	Considera los valores de capacidad calorífica de los materiales de los recipientes que se usan para calentar agua en una cocina. Si conocemos el costo del gas LP, hay que hacer un cálculo del costo de calentar agua en la casa, por litro de agua por diferencia de temperatura lograda.

No. 13	Observación del punto de ebullición del agua
Metas y objetivos.	<p>Observaremos y Mediremos el punto de ebullición de agua de la llave en un vaso de precipitados. Recabaremos los datos y pondremos especial atención a los cambios de la temperatura en el momento en que comienza la ebullición del agua y durante todo el proceso de evaporación.</p> <p>Objetivo: Observar el proceso de cambio de fase del agua, de líquido a vapor, y su relación con la temperatura.</p> <p>Meta: Observar que en el estudio de los fenómenos del calor y la temperatura se requiere tecnología especial y un examen minucioso de los conceptos.</p>
Estructura de	(Entrada): La formación de vapor se produce a una temperatura

la experiencia	<p>específica, conocida como punto de ebullición o de evaporación del agua.</p> <p>(Elaboración): Para obtener y poder observar el punto de congelación del agua, se necesita disponer de agua, un vaso de precipitados y un elemento calefactor con la potencia necesaria para que el agua llegue a la ebullición.</p> <p>(Entrada):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se comenta brevemente qué actividad se va a realizar. 2. Se coloca una muestra de 400 ml de agua de la llave un vaso de precipitados de 600 ml. 3. El vaso de precipitados con el agua se coloca sobre una parrilla y se calienta hasta el punto de ebullición. 4. Se coloca un termómetro dentro en el seno del agua con ayuda de un soporte universal y una pinza para termómetro. 5. Se realiza una tabla de temperatura contra tiempo hasta que el agua comienza a hervir. 6. Se mantiene la ebullición por espacio de diez minutos y se observa cómo cambia la temperatura. <p>¿Qué temperatura tiene el agua de la llave? ¿Qué se espera que ocurra con la temperatura final del agua del vaso?, ¿se mantendrá fija la temperatura del agua hasta que se evapore toda el agua?, ¿si pudiéramos atrapar el vapor en un recipiente con un termómetro, cómo será su temperatura?, ¿podríamos medir cómo cambia la temperatura del vapor?</p> <p>(Elaboración):</p> <p>Se realiza un examen de la tabla de resultados, ¿qué ocurrió con las temperaturas finales en el caso del agua hirviendo?, ¿qué ocurre con la energía durante el proceso de ebullición?, ¿el vapor se puede sobrecalentar?, haz una tabla con los puntos fijos de cinco sustancias diferentes, ¿cómo se observa el punto fijo en la gráfica?</p>
Evaluación formativa	Los estudiantes entregan un reporte con las respuestas a las preguntas de las acciones
Organización de la clase	Actividad experimental en equipos de dos o tres personas.
Discusión y cuestiones (Salida)	¿El "calor" es lo mismo que la "temperatura"?, ¿hay alguna diferencia entre estos conceptos?, ¿cómo se mide la temperatura?, ¿en qué dirección se da el intercambio de energía por calor?, ¿por qué se le llama punto fijo al punto de ebullición y al punto de fusión?, ¿cuánto calor se necesita para evaporar determinada masa de agua?
Redacción-Registro (Salida)	Informe de las respuestas a las preguntas de la elaboración y de la discusión y cuestiones, con ilustraciones.

No. 14	<p>¿Cómo medimos el punto de solidificación del agua?</p> <p>Diseño e implementación del experimento con hielo seco como refrigerante.</p>
Metas y objetivos.	<p>Mediremos el punto de congelación de agua de la llave con ayuda del calorímetro y una mezcla de agua con hielo y con sal de grano. Introduciremos una muestra de agua a temperatura previamente enfriada hasta 10°C, de masa conocida, en un vaso desechable no térmico (podríamos construir un vaso para la muestra con un cilindro de cobre). Recabaremos los datos y pondremos especial atención a los cambios de la temperatura en el momento en que el agua comienza a solidificarse y durante todo el proceso de solidificación</p> <p>Objetivo: Observar el proceso de cambio de fase del agua, de líquido</p>

	<p>a sólido, y su relación con la temperatura.</p> <p>Meta: Observar que en el estudio de los fenómenos del calor y la temperatura se requiere tecnología especial y un examen minucioso de los conceptos.</p>
Estructura de la experiencia	<p>(Entrada): La formación de hielo se produce a una temperatura específica, conocida como punto de congelación o de solidificación del agua.</p> <p>(Elaboración): Para obtener y poder observar el punto de congelación del agua, se necesita disponer de una sustancia a una temperatura menor que el punto de congelación, con una diferencia de temperatura de por lo menos 5°Celsius.</p> <p>(Entrada):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se comenta brevemente qué actividad se va a realizar. 2. Se coloca una muestra de 80 ml de agua de la llave un baño de hielo a -9.2°C. 3. La temperatura de la muestra debe estar entre <p>¿Qué temperatura tiene el hielo? ¿Qué se espera que ocurra con la temperatura final del agua del baño y con la temperatura del hielo?, ¿el hielo se fundirá en todos los casos?; ¿qué se espera que ocurra con la temperatura del agua del baño y el agua del recipiente en el caso del agua caliente?</p> <p>(Elaboración):</p> <p>Se realiza un examen de la tabla de resultados, ¿qué ocurrió con las temperaturas finales en el caso del hielo en agua?, ¿qué ocurrió con las temperaturas finales en el caso del agua caliente en agua caliente?; ¿qué se necesita para aumentar la temperatura de una sustancia?, ¿qué se necesita para disminuir la temperatura de una sustancia?, ¿cómo explicas los resultados de la tabla?, ¿hubo intercambio de energía entre las sustancias?, ¿en qué dirección ocurre el intercambio de energía?</p>
Evaluación formativa	Los estudiantes entregan un reporte con las respuestas a las preguntas de las acciones
Organización de la clase	Actividad experimental en equipos de dos o tres personas.
Discusión y cuestiones (Salida)	¿El "calor" es lo mismo que la "temperatura"?, ¿hay alguna diferencia entre estos conceptos?, ¿cómo se mide la temperatura?, ¿en qué dirección se mide el intercambio de energía por calor?, ¿puede haber diferencia de temperatura entre las sustancias consideradas frías al tacto?, ¿puede haber diferencia de temperatura entre las sustancias consideradas calientes al tacto?, ¿qué determina el intercambio de energía por contacto?
Redacción-Registro (Salida)	A una temperatura dada, una masa de sustancia tiene una cierta energía interna, ¿qué ocurre con la energía interna de esa masa de sustancia si la temperatura disminuye?, ¿qué ocurre si la temperatura aumenta? Explica el proceso que ocurre cuando se pone hielo en una bebida fría a 10°C.

Capítulo IV

Resultados

4.1. Introducción

La experiencia de aprendizaje mediado más un modelo como ECBI, que pone al estudiante a indagar los hechos de la naturaleza, permiten ubicar la

construcción del conocimiento en manos del estudiante. Porque la experiencia de aprendizaje mediado coloca preguntas en la mente de los estudiantes cada vez que ellos hacen una pregunta. La experiencia de aprendizaje mediado está siempre al borde de una discusión acerca del tema que se está considerando o la indagación que se lleva a cabo. El aprendizaje de la ciencia basado en la indagación involucra al estudiante más allá de lo que involucra una experiencia de aprendizaje expositiva, en donde "se ven" los temas y además se realiza una evaluación acerca de lo expuesto, únicamente con instrumentos de preguntas y respuestas. Huelga decir que, con la metodología de experiencia de aprendizaje mediado más ECBI, se dan los cuatro tipos de constructivismo que nos enseña Gerardo Hernández Rojas:

- a. Psicogenético: El sujeto-alumno como constructor de la realidad y de sus esquemas.
- b. Ausubeliano: El alumno como constructor de significados.
- c. Del aprendizaje estratégico: El aprendiz como constructor de formas personales y estratégicas de aprender.
- d. Sociocultural: El aprendiz como co-constructor de la cultura gracias al apoyo de los otros.³⁷

Lo constructivista de ambas metodologías radica en, además de lo anterior, el cómo se construye: el conjunto de habilidades de los estudiantes que desencadena y pone en juego. Acudimos a la combinación de ambas metodologías, de esta manera podemos aprovechar al máximo las experiencias de indagación en actividades experimentales o en la búsqueda de información en fuentes escritas o museos. Afortunadamente, los estudiantes siempre agradecen el esfuerzo del profesor por acompañarlos en su búsqueda de sentido del mundo que les rodea.

4.2. Evaluación³⁸

³⁷ Tomado de: Hernández Rojas, Gerardo. *Miradas constructivistas en psicología de la educación*. Col. Paidós Educador, No. 188. México: Paidós, 2006, p. 24, cuadro 1.

³⁸ Méndez, Juan Manuel Álvarez. *Evaluar para conocer, examinar para excluir*. Madrid: Morata, 2001.

Hemos propuesto la evaluación³⁹ como el gradiente de la evolución de los estudiantes. La variación mostrada por este gradiente ha sido tanto de pendiente positiva como de pendiente negativa; como era de esperarse, pues siempre está presente la naturaleza adolescente de los estudiantes y las prácticas culturales, que dominan la acción académica y la sobrepasan. La situación académica, lo que se establece en ella, e incluso lo que llega a darse por sentado, queda sobrepasado por las prácticas culturales, en donde se sigue hablando de "cosas calientes" y "cosas frías", en donde la energía se "degrada hasta desaparecer" y donde se "vende y se compra energía", como si la energía fuera un artículo como los tacos, que se compran, se consumen durante la comida y "se acaban".

Plantear la evaluación como un gradiente, más allá que como evaluación formativa, nos quita de encima la preocupación por "los avances logrados". Como ya hemos dicho, los estudiantes avanzan y retroceden en el proceso de aprendizaje. Hemos podido observar esto, principalmente, en los cambios de actividad, entre una experiencia de aprendizaje y otra. Lo nuevo es abordado por la búsqueda de sentido de los estudiantes. Surgen inopinadamente los esquemas alternativos y las formas de actuar de los estudiantes. Es inútil buscar "estados puros", hay que reconocer que se construyen nuevos estados como parte de una evolución, finalmente cultural, circunscrita, además, a lo académico.

La evaluación del aprendizaje de la ciencia a través de la indagación puede resultar complejo, incluso podría caerse en lo arbitrario y desorganizado. Para plantear una evaluación coherente hemos tomado los tipos de evaluación respectivos a los cuatro tipos de constructivismo que plantea Gerardo Hernández Rojas:

1. Psicogenética:

El enfoque centrado en la valoración de la diversidad y la profundidad de aplicación de las ideas y conceptos aprendidos por los alumnos en la situación escolar... En este caso, lo que se busca evaluar es el grado de transferencia de lo aprendido a situaciones novedosas y no la simple reproducción de saberes enseñados por el maestro. Esta propuesta

³⁹ Carbajosa, Diana. "Debate desde paradigmas en la evaluación educativa." *Perfiles educativos* 33.132 (2011): 181-190. IISUE-UNAM.

coincidiría con aquella que pretende evaluar los aspectos de la comprensión de un evento, un objeto o un problema determinado más que simplemente el grado de éxito ante ellos.⁴⁰

Las experiencias de aprendizaje requieren de una discusión continua acerca de lo que se ha hecho, lo que se está haciendo y lo que se hará en la siguiente sesión. De tal manera que se reconoce que hay un aprendizaje previo que se transfiere a lo que se va a hacer inmediatamente o en la siguiente experiencia de aprendizaje, que resultará novedosa en la medida en que se haya planeado o que pertenezca a una nueva situación experimental. Se ha observado un gradiente de avance en el sentido de la apropiación de saberes y procedimientos previos y de aplicación a las nuevas situaciones que resultan cada vez más contextualizadas en el hacer diario del estudiante, a medida que avanza en sus indagaciones.

2. Ausubeliano:

En la teoría de Ausubel, lo que más importa es cómo evaluar aprendizajes significativos. De modo particular, su teoría tiene más implicaciones para los contenidos declarativos... desde el esquema ausubeliano, también pueden hacerse importantes recomendaciones para el caso de los contenidos procedimentales.⁴¹

El autor ha tenido que recurrir a formar aprendizajes declarativos, previos al conjunto de experiencias de aprendizaje y previos a algunas de las experiencias, para evaluar estos aprendizajes ha recurrido al uso de mapas mentales, tareas en casa de investigación de conceptos, de búsqueda de datos y de aplicaciones de lo visto en clase. Aquí ha habido un gradiente de aprendizajes que no necesariamente pueden ser considerados significativos aunque tampoco pueden considerarse meramente factuales. Ha habido un grado de significatividad y un grado de factualidad, necesarios en vista de que serían repasados en las experiencias de aprendizaje, durante las indagaciones. Los estudiantes vuelven a estos hechos declarativos como necesidad de la indagación.

⁴⁰ Hernández Rojas, Gerardo. *Miradas constructivistas en psicología de la educación*. Col. Paidós Educador, No. 188. México: Paidós, 2006, p. 72.

⁴¹ Op. Cit., p. 113.

3. Del aprendizaje estratégico:

Evaluar las conductas estratégicas no es una tarea tan sencilla como pudiera parecer. Existen diferentes recursos que pueden utilizarse fuera y dentro del salón de clase... (un) recurso evaluativo es el uso de *tareas o problemas específicos* que requieran de actividad estratégica. Dichas tareas de aprendizaje son diseñadas por el docente buscando que sean similares a las que se realizan en situaciones escolares o bien, que sean elaboradas de manera tal que exijan el uso funcional de los contenidos aprendidos en la materia. Las tareas se le plantean al alumno para que las solucione, y lo que debe considerarse como objeto de evaluación es precisamente la naturaleza de la ejecución que éste realiza...⁴²

ECBI requiere de la formación de estrategias de experimentación, de búsqueda de información, de lectura, de presentación de resultados, de manera escrita y verbal y de organización, planeación y estructuración general. Como fueron planteadas las experiencias de aprendizaje, estas estrategias se fueron construyendo durante el hacer de sesión en sesión. Esto ha requerido un alto nivel de ejecución de parte de los estudiantes y de implementación de parte del docente. La energía empleada para lograrlo ha provenido de un concepto que se discutirá más adelante: el concepto de "rutina". El profesor ha tenido que emplear tiempo en establecer una rutina que permitiera a los estudiantes dar la energía necesaria para construir estrategias adecuadas para ECBI. Dado que el nivel de ejecución ha sido alto, el autor ha tenido satisfacción por la observación de un gradiente positivo: los estudiantes se reestructuran, de tal manera que van consiguiendo hacer las tareas con mayor conocimiento y habilidad.

4. Constructivismo social:

Respecto a la evaluación de aprendizajes escolares, los autores que defienden la perspectiva del <<aprendizaje situado>> proponen la

⁴² Hernández Rojas, Gerardo. *Miradas constructivistas en psicología de la educación*. Col. Paidós Educador, No. 188. México: Paidós, 2006, p. 153.

necesidad de evaluarlos en contextos, prácticas y con tareas auténticas, presuponiendo que la enseñanza/aprendizaje también haya ocurrido en tales contextos, prácticas o tareas o al menos en situaciones o <<simulaciones>> parecidas a las reales... Así, quedarían fuera las situaciones de evaluación artificiales en las que se valora la ejecución del alumno sobre un proceso o una habilidad en abstracto o desgajada de la situación en donde se aprendió o donde va a ser utilizada posteriormente.⁴³

ECBI ofrece oportunidades diarias de evaluación en "contextos, prácticas y con tareas auténticas". Los conocimientos declarativos, las estrategias, los procedimientos necesarios para realizar las tareas han estado presentes y al descubierto en todo el proceso ECBI. Los estudiantes han sido involucrados por el profesor a través de "rutinas" y éstos han dado la energía necesaria para sacar sus tareas adelante. Esto es lo que puede hacer funcionar la propuesta ECBI en el salón de clase. Se puede lograr que los estudiantes se involucren en una serie de tareas que van más allá de la adquisición de conocimientos factuales o simplemente declarativos.

En el IEMS-CDMX se califica en base a objetivos logrados por los estudiantes, no por calificaciones numéricas. Cada estudiante, a juicio del profesor, "cubre" o "no cubre" la asignatura. Este juicio queda sustentado en evaluaciones formativas que se van acumulando durante el semestre lectivo. Esto es similar al sistema danés:

Tradicionalmente, el sistema educativo danés ha trabajado de esta manera. Al no tener pruebas nacionales en la enseñanza obligatoria, los profesores de los primeros grados proporcionan retroalimentación a los estudiantes sobre su progreso en un proceso continuo, y en los cursos superiores el(a) profesor(a) resume los progresos cada cuatro o seis meses en la forma de una nota.⁴⁴

⁴³ Hernández Rojas, Gerardo. *Miradas constructivistas en psicología de la educación*. Col. Paidós Educador, No. 188. México: Paidós, 2006, p.192.

⁴⁴ Wyne Harlen. *Evaluación y Educación en Ciencias Basada en la Indagación: Aspectos de la Política y la Práctica*. Publicado por Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme (SEP). Wyne Harlen 2013, p. 27.

En nuestro caso, el autor también basó su evaluación en las asignaciones de trabajo para casa y en la retroalimentación diaria en la apertura de las clases: ¿qué hemos visto hasta el día de ayer? Y en una serie de preguntas acerca del significado de la temperatura, del calor; de si ambos conceptos son iguales o son diferentes; de qué es un termómetro; qué es la capacidad calorífica; el calor específico; cuáles son las formas de transmisión del calor; cuáles son los puntos fijos del agua y qué significa punto fijo del agua. La evaluación se realizaba diariamente y los resultados se recogían de forma cualitativa en términos de cuántos estudiantes respondían las preguntas de forma oral, diariamente. El autor también fue observando sesión a sesión los progresos de los estudiantes en cuanto a la adquisición de habilidades y su uso en cada sesión: ¿los estudiantes podían o no podían realizar la actividad, implementar dispositivos experimentales, prever qué variables medir, medirlas y consignar sus resultados? En este sentido, no se apeló al uso de rúbricas debido al volumen tan grande que se acumularía de ellas y al engorro de leerlas e interpretarlas. Los resultados se observaban y registraban en notas diarias. La razón para decir que tal método de registro de evaluación funciona está en el contraste de las expectativas-resultados cualitativos: La clase progresa y avanza en el logro de sus tareas sesión a sesión o se va a pique, este último caso observado en la asistencia a clase y en el orden del grupo. Es decir, hay indicadores que permiten dar sentido a las notas tomadas diariamente acerca de los progresos y retrocesos del grupo. También se recabaron datos en las tareas de evaluación finales cada cierto tiempo: los estudiantes exponían individualmente sus resultados en exposiciones orales, con láminas ilustrativas. La asistencia a clases es importante en este sistema, un estudiante que no asiste a clases va teniendo lagunas en sus habilidades experimentales: para implementar, medir variables, registrarlas y hacer análisis de los resultados. Estas lagunas no se pueden remediar con "ponerse al corriente" en los apuntes de clase e incluso en asesorías.

4.3. Análisis de las experiencias

Discutamos brevemente los resultados de varias de las experiencias de aprendizaje:

4.3.1. La piel y la temperatura. ¿Cómo se acercan al mundo los estudiantes?

En esta experiencia de aprendizaje ponemos en duda la utilidad de las manos como medio para "medir" la temperatura. Los estudiantes se acercan al experimento comentando que tenemos tres baldes de agua: fría, tibia y caliente; que el balde de en medio tiene agua tibia, aunque el profesor sólo haya comentado que los baldes de los lados izquierdo y derecho contienen, respectivamente, agua caliente y agua fría (no podemos dejar de lado el uso de los términos frío y caliente, ¿cómo podríamos comunicarnos?). Al realizar la experiencia, cada estudiante muestra su manera de acercarse al mundo, desde la tímida, hasta la audaz, pasando por formas discretas de acercamiento. El agua caliente les parece que quema y el agua fría les parece muy fría, mantienen las manos en cada recipiente hasta el borde del dolor, si así puede decirse en algunos casos, y a continuación pasan cada mano al balde de en medio (el del agua tibia) y registran en la mente cómo sintieron la temperatura (inevitablemente, otro uso inexacto del término, dado que estamos usando las manos). La mayoría de los estudiantes afirma, sin lugar a dudas, que la temperatura del agua del balde de en medio no se sintió igual con cada mano, que la sensación fue diferente en cada caso. Un porcentaje menor de ellos afirma que el agua se sintió caliente con la mano que estuvo en agua fría y fría con la mano que estuvo en agua caliente. La discusión se lleva a cabo alrededor del hecho de que la piel no puede servir como termómetro porque puede engañarse, como ha sido el caso con este experimento. Esta conclusión y la conclusión de que para medir la temperatura es necesario un termómetro, quedan establecidas en el diario de las discusiones grupales. Después de la experiencia y después de concluir surge la necesidad de hablar de la temperatura de confort, para tener una referencia más o menos objetiva de la temperatura a partir de la cual una temperatura menor se asocia con la sensación de "frío" y una temperatura mayor se asocia con la sensación de "caliente".

A partir de esta experiencia de aprendizaje, los estudiantes están de acuerdo siempre en que la mejor manera de conocer la temperatura de una sustancia o de un objeto es con la ayuda de un termómetro.

4.3.2. Conducción de calor por contacto. Lo que ya sabe el estudiante.

En esta experiencia podemos observar cómo, un porcentaje de los

estudiantes, recurre a lo que ha aprendido en otros ámbitos escolares. Explican los resultados de la experiencia, a través del modelo de los choques interatómicos, para explicar cómo es que el calor va del extremo expuesto a la llama, hasta el extremo opuesto, alejado de la llama. El modelo que usan para explicar el "paso del calor" de un extremo a otro no lo usan para explicar por qué en un metal la rapidez de tránsito es más alta o más baja que en otro. Su modelo se restringe a afirmar la conducción, no los detalles de ésta. En este caso, el profesor suscita una discusión basada en el modelo de los estudiantes para ampliar este modelo hasta el punto de afirmar que la mayor o menor dificultad de los electrones para moverse es lo que determina que el calor se propague más rápida o más lentamente. En el promedio de los estudiantes, no se espera que esta conclusión signifique un avance pues lo que tiende a persistir es el modelo previo, la extensión del modelo es un hecho que se toma o no se toma en cuenta de manera definitiva. Para tener una base amplia sobre la cual discutir, el profesor ha pedido previamente a los estudiantes que traigan una copia del texto 22.1, a mano en su cuaderno, páginas 327 y 328 del libro de Hewitt⁴⁵. En este texto se habla de las vibraciones atómicas y electrónicas, que los átomos en el extremo cercano a la fuente de calor vibran más que los átomos en el extremo opuesto, que los buenos conductores del calor tienen más electrones libres que los malos conductores. La tarea forma parte del gradiente de aprendizaje, dado que al copiar el texto necesariamente queda un precedente con lo que discute Hewitt en su libro.

4.3.3. Conducción de calor por radiación. Los esquemas alternativos. Mejoras a un experimento.

Este resulta ser un tema nuevo para los jóvenes, aunque surge el esquema alternativo: el sol, las flamas y los focos incandescentes son objetos que tienen calor y que, por tanto, son aptos para "dar calor" a la tierra, a nuestro cuerpo y manos y a los objetos. Un objeto bajo el sol "está caliente", porque ha "recibido calor", y no energía interna como se discute en esta experiencia.

Las preguntas programadas en cada experiencia permiten dirigir la

⁴⁵ Hewitt, Paul G. *Física Conceptual*. Tercera edición. 1999. México: Addison Wesley Longman, 1999, pp. 327-328.

experiencia de aprendizaje mediado; en este caso, tales preguntas son:
¿En qué color de frasco se fundió más hielo?, ordenar los colores de mayor a menor cantidad de hielo fundido, ¿qué color absorbió más radiación, ¿qué color absorbió menos radiación? ¿El "calor" es lo mismo que la "temperatura"?, ¿hay alguna diferencia entre estos conceptos?, dibujar el espectro electromagnético, ¿en qué color se absorbió más calor por radiación?, hacer una tabla de absorción de radiación por color; ¿cómo harías una tabla de absorción de calor por radiación según el color?, redactar una propuesta de experimento. Estas preguntas dirigen al estudiante hacia el estudio de los espectros electromagnéticos y permiten estudiar, en fuentes escritas, el tema de los espectros de emisión y espectros de absorción.

No todos los colores en los materiales usados en esta experiencia absorben radiación de acuerdo a la teoría, la discrepancia nos permite afirmar aún que los colores absorben radiación en diferentes cantidades relacionadas con el color específico y que, teóricamente, el negro absorbe más radiación que los demás y el color blanco es el que absorbe menos radiación.

La discrepancia encontrada con lo que se espera teóricamente se utiliza para proponer mejoras al experimento. El color negro absorbe más radiación pero, ¿qué tiene detrás como base?: vidrio. En este caso hay que conocer la capacidad calorífica y la conductividad térmica del vidrio para proponer un experimento en donde se tomen en cuenta estos aspectos y pueda explicarse con cierto detalle en qué se invierte la energía que llega como radiación.

En general, ha sido bueno utilizar el mismo material en todos los frascos (sabemos que la ley de Kirchooff para el cuerpo negro hace independiente de la naturaleza de la sustancia a la razón de la emisividad a la absortancia). Así, la variable independiente sigue siendo el color (o la longitud de onda como plantea la ley de Kirchooff para el cuerpo negro). Si cambiamos el material por pintura esta tendría que ser mate para cada color. Todos estos detalles se discuten con los estudiantes para que realicen la mejora del experimento como una indagación y como parte de una evaluación sumativa al final de la experiencia.

4.3.4. ¿Cómo medimos el punto de solidificación del agua? Diseño e implementación del experimento con hielo seco como refrigerante. Evaluación del aprendizaje estratégico y social.

Esta ha sido la experiencia de aprendizaje favorita del autor pues, para poder realizarla, se ha apelado a toda la reestructuración de los estudiantes en toda la unidad ECBI. No podía ser de otra manera dado que se trabaja con el hielo seco, material que resulta peligroso por los riesgos de congelamiento y de inhalación prolongada del bióxido de carbono desprendido en la sublimación.

Los estudiantes han mostrado en esta experiencia que pueden aplicar los conocimientos declarativos, estratégicos, procedimentales y de organización a situaciones experimentales nuevas, y riesgosas para su salud. No hubo termómetros rotos, manos congeladas ni mareos producidos por la inhalación del bióxido de carbono y sí se ha podido observar que la congelación del agua ocurre a cero grados Celsius. Esta operación de observación ha sido delicada por los riesgos que hemos comentado y porque se ha realizado con un termómetro de mercurio, que ha permanecido en el agua, cerca del hielo seco y al que se ha tenido que cuidar de la congelación y solidificación junto con el hielo que se fue formando a partir del agua en la cual permanecía insertado.

4.3.5. Conducción de calor por convección, experimento de las botellas acopladas por la tapa. ¿Qué responden los estudiantes?

Recordemos el diseño de esta experiencia de aprendizaje:

A partir de la segunda fase de elaboración, y en la parte de discusión y cuestiones aparecen las siguientes preguntas:

(Elaboración): ¿Por qué se produce esta columna de agua coloreada?, ¿las propiedades físicas del agua a 8°C son iguales a las del agua a 65°C?, ¿este fenómeno estará relacionado con el del aceite en agua?, ¿el concepto de densidad explicará este fenómeno?, ¿qué ocurre cuando se mezclan líquidos de diferente densidad?, ¿qué ocurre cuando coloco en el agua objetos de mayor densidad, igual densidad y menor densidad que el agua?

Discusión y cuestiones (Salida): ¿El aumento de la temperatura afecta la densidad de una sustancia?, ¿afecta la densidad del agua?, ¿afecta la densidad del aire?, ¿por qué puede ascender un globo de cantoya?, ¿qué le ocurre a la densidad del agua cuando llega a la superficie del agua en las botellas?, ¿por qué se colorea el agua fría de arriba hacia abajo?, ¿qué nombre recibe este fenómeno?

Las respuestas que han dado los estudiantes, como resultado de

participaciones distribuidas entre ellos, son:

a. ¿Por qué se produce esta columna de agua coloreada?

Se produce porque se comienza a colorear el agua fría, porque el colorante también se mezcla con el agua fría.

b. ¿Las propiedades del agua a 8°C son iguales a las del agua a 65°C?

No hay respuesta de los estudiantes porque, evidentemente, no saben qué responder. Algunos suponen que no, otros suponen que sí; en general, se muestran extrañados por la pregunta. El profesor señala que traerá una gráfica del agua, de volumen contra temperatura, para observar que esta propiedad, el volumen del agua, cambia con la temperatura.

c. ¿Este fenómeno estará relacionado con el del aceite en agua?

No, porque el aceite flota sobre el agua y la columna se encuentra dentro del agua. Aquí, el profesor hace ver que en la parte superior del agua fría se está acumulando el colorante que, además, es agua caliente con colorante. Después de estas observaciones, los estudiantes comienzan a darse cuenta de que el colorante está subiendo por la parte media del agua fría hasta la parte superior. Este momento es clave: los estudiantes comienzan a ver el fenómeno, con más conciencia de lo que está pasando. El profesor pregunta: ¿si el colorante está subiendo es solamente colorante?, ¿no será agua caliente con colorante?, ¿en realidad está subiendo agua caliente y la vemos por el colorante que tiene?, ¿qué fuerza impulsa al agua caliente a subir por el agua fría? Estas preguntas suscitan una discusión (que sería imposible reproducir con detalle porque no grabamos ninguna sesión) en la que el profesor hace mediación acerca de lo que está pasando. La mediación consiste en llevar a los estudiantes a darse cuenta de que el agua caliente está subiendo por el agua fría y que se está acumulando en la parte superior, que el colorante nos ayuda a ver este fenómeno, que lo importante no es el colorante sino que el agua caliente sube **o flota** (ponemos en negritas estas palabras porque constituyen una nueva idea sembrada, que servirá para hablar de la densidad y la flotación) por el agua fría.

d. ¿El concepto de densidad explicará este fenómeno?

El profesor lleva a los estudiantes a recordar las explicaciones sobre

densidad y a recordar que el aceite es menos denso que el agua. Los estudiantes no pueden conectar el fenómeno de la flotación del aceite en agua con este fenómeno; hace falta más mediación.

e. ¿Qué ocurre cuando se mezclan líquidos de diferente densidad?

Los estudiantes dicen que el aceite y el agua son de diferentes densidades y que luego de mezclarlos se separan y el aceite queda sobre la superficie del agua. Como parte de la mediación, el profesor intercala esta pregunta: ¿la menor densidad del aceite es lo que le impulsa a separarse del agua?, los estudiantes responden que sí de manera impulsiva

f. ¿Qué ocurre cuando coloco en el agua objetos de mayor densidad, igual densidad y menor densidad que el agua?

Dado que ya hemos observado este fenómeno en una actividad experimental previa, los estudiantes comienzan a recordar y, en participaciones distribuidas por el grupo, responden que los objetos de menor densidad que el agua flotan por arriba de ella, que los de igual densidad que el agua flotan a ras del agua y que los más densos que el agua se hunden. Entonces el profesor media la discusión y plantea la pregunta: ¿el agua caliente será menos densa que el agua fría y por eso flota a través del agua fría hasta separarse en la parte superior de ésta, como lo hace el aceite? Diversos estudiantes responden que sí.

A continuación tenemos las preguntas de la sección de discusión y cuestiones:

a. ¿El aumento de la temperatura afecta la densidad de una sustancia?

Estudiantes y profesor llegan al acuerdo de que sí.

b. ¿Afecta a la densidad del agua?

Los estudiantes, en participaciones distribuidas por el grupo, contestan que sí la afecta. Algunos agregan que la densidad se hace mayor, otros que se hace menor.

c. ¿Afecta a la densidad del aire?

Esta pregunta también necesita que los estudiantes hagan la

transferencia de lo que se ha discutido y acordado acerca del agua caliente y el agua fría, porque no dan una respuesta inmediata, ni siquiera de forma impulsiva. Después de meditarlo, dos o tres estudiantes responden que la temperatura si afecta la densidad del aire, como el humo caliente que sube.

d. ¿Por qué puede ascender un globo de cantoya?

El profesor hace mediación de la transferencia planteando la pregunta: ¿un globo de cantoya tiene aire caliente o frío en su interior? Después de discutir brevemente cómo se hace un globo de cantoya, los alumnos conocen que el aire dentro del globo está caliente y dado que es aire caliente su densidad disminuye y eso hace que el globo suba.

e. ¿Qué le ocurre a la densidad del agua cuando llega a la superficie del agua en las botellas?

Los estudiantes responden que es menor que la del agua fría, que por eso flota.

f. ¿Por qué se colorea el agua fría de arriba hacia abajo?

En participaciones distribuidas por el grupo, responden que el agua caliente se enfría y se mezcla con la demás agua fría.

g. ¿Qué nombre recibe este fenómeno?

El profesor le da el nombre: transmisión del calor por convección.

Como resultado de este ejemplo podemos decir que habría sido valioso grabar las discusiones, para tener evidencia de la forma de trabajo. Desgraciadamente no se realizó, pero podría realizarse en futuras aplicaciones. Esto ayudaría al profesor en el trabajo de mejorar la propuesta didáctica.

Como vemos en el último ejemplo, que hemos puesto detalladamente, podemos decir que ECBI funcionará si se hace la mediación de la transferencia de conceptos e información acordada, de unas ideas hacia otras, de unos fenómenos hacia otros; la conexión de unos conceptos con otros, etc.; y también si se hace el cierre de la sesión. El cierre de la sesión sirve como ancla dentro de la vorágine de preguntas y razonamientos realizados. Al realizar el cierre de la sesión, los estudiantes dan evidencia de las ideas que han pasado por alto; del orden en que recuerdan, porque responden qué se ha visto, al azar: mencionan lo último que se discutió o lo primero y luego algunas otras ideas, en desorden. En este punto, el profesor pide que se

vaya recordando en orden (y que vayan tomando sus notas en ese orden). En participaciones distribuidas por el grupo, los estudiantes van haciendo la lista de lo que se ha visto y el profesor anota en el pizarrón las ideas vertidas en orden temporal. Al final plantea la pregunta (en el caso que venimos discutiendo): ¿por qué sube el agua caliente por el agua fría? Algunos estudiantes responden que porque su densidad es menor que el agua fría, los menos que porque su densidad es mayor.

4.3.6. Construcción de un calorímetro. ¿Cómo responden los estudiantes a este tipo de actividades?

En el capítulo III se ha detallado esta experiencia de aprendizaje en la experiencia No. 10. Los estudiantes toman este tipo de actividad como recreativa; hay una participación colaborativa entre todos: estudiantes y profesor dado que hay que cortar, forrar y unir las paredes del calorímetro. Las preguntas generadoras de la discusión:

¿Qué utilidad tiene el uso de vasos en el interior del calorímetro?, ¿por qué se forran de aluminio el interior de las paredes?, ¿por qué se utilizan paredes de 2 cm de espesor?, ¿por qué se utiliza unicel en la construcción?, ¿por qué se deja el color blanco en todos los componentes? Se responden como una aplicación de las tres formas de conducción del calor. Primero se recuerda cuáles son las tres formas de conducir calor y luego se va planteando cada pregunta. Los estudiantes van participando de forma distribuida en el grupo y se van estableciendo las respuestas. Se busca la transferencia del conocimiento relativo a las tres formas de conducción del calor. Las respuestas son las siguientes:

a. ¿Qué utilidad tiene el uso de vasos en el interior del calorímetro?

La respuesta la da el profesor como informativa: para poder manejar las muestras en el interior del aparato.

b. ¿Por qué se forran de aluminio el interior de las paredes?

Por la conducción del calor por radiación.

c. ¿Por qué se utilizan paredes de 2 cm de espesor?

Para aislar térmicamente el interior del aparato, donde van las muestras.

d. ¿Por qué se utiliza unicel en la construcción?

El unicel es un material térmico que "conserva el calor".

e. ¿Por qué se deja el color blanco en todos los componentes?

Para disminuir la conducción de calor por radiación.

Después de recibidas estas respuestas, el profesor, en sesión expositiva, proporciona las respuestas esperadas, sin mediación, como parte de la rutina, para no cansar a los estudiantes que han tomado esta actividad como recreativa.

Este aparato se utilizó para observar el punto de fusión del agua. En esta actividad, los estudiantes pudieron observar la utilidad del aparato en el aspecto de la seguridad que provee para realizar la actividad con hielo seco.

Durante toda la unidad de aprendizaje ECBI se han podido mantener las expectativas altas. Gracias a la rutina (explicaremos este resultado en la sección siguiente) establecida. La rutina establecida ha permitido esperar que los estudiantes se mantengan motivados, situación que se ha dado (también debido a la naturaleza de las rutinas) gracias a la naturaleza del aprendizaje mediado y de ECBI. Hubo poca deserción de la clase de Física y se ha podido tener un nivel de aprobación alto. El paquete completo: experiencia de aprendizaje mediado, ECBI y rutinas de trabajo diario y de evaluación (este concepto, "rutinas", es un resultado al que llegamos en este trabajo), permite decir que hace que se puedan cumplir la hipótesis, la meta y los objetivos planteados en este trabajo.

4.4. Perspectiva del trabajo, ¿qué podría mejorarse?

La dificultad principal, encontrada en el aprendizaje de la ciencia basado en la indagación, es la baja respuesta inicial de los estudiantes al trabajo de indagación, más allá de la recepción pasiva. Aquí es importante discutir varios puntos interesantes:

a. Un conjunto de clases expositivas, de buena calidad, acostumbran a los estudiantes a acudir a la clase y a sentarse de forma pasiva a escuchar y a tomar notas. El profesor puede hacer preguntas durante la clase expositiva, citar ejemplos interesantes, pero no pasa de ahí: la clase tiene un momento inicial y uno final; los estudiantes toman sus cosas y abandonan el salón finalmente. Esta rutina, aunque bien vista en algunos centros escolares, porque el profesor "da buenas clases", exige poca energía de los estudiantes y estos se acostumbran a dar ese mínimo nivel de energía. El examen y las

evaluaciones con instrumentos e incluso con tareas escritas y trabajos son harina de otro costal para los estudiantes. Ellos ya acomodarán sus actividades y aplicarán sus estrategias para realizar tales asignaciones, las cuales llegan a realizarse y entregarse solamente por cumplir.

b. Las actividades experimentales también tienen un principio y un final bien establecidos, la apertura y el cierre de la clase marcan dos puntos entre los cuales, el menor despliegue de energía es lo mejor que puede hacerse. El trabajo en equipo en las actividades experimentales requiere, sí, más energía de parte del profesor, para evitar que muchos estudiantes sólo asistan al desarrollo llevado a cabo por sus compañeros. Como dice Gerardo Hernández Rojas, **"Construir no es simplemente hacer;** se puede realizar una importante actividad constructiva aunque en apariencia se esté haciendo poco en el plano de la actividad manifiesta (conductual) y también puede realizarse escasa construcción del conocimiento aun cuando se realicen muchas actividades abiertas o públicas".⁴⁶ Incluso los estudiantes que trabajan más durante la actividad, llegan a estar motivados por la expectativa de que hay que armar el dispositivo, tomar medidas y registrarlas e irse. Esto puede hacerse rápidamente y llega a ser así si el profesor da una "buena introducción" y explica "detalladamente" qué es lo que hay que hacer. En este ámbito, un experimento "que no sale" es lo peor que puede pasarle al profesor.

c. Vemos entonces que los estudiantes son rutinarios -y responden muy bien a las rutinas cuando éstas tienden a ser variadas-. La dificultad encontrada para emprender el trabajo de indagación puede ser sorteada si se acostumbra a los estudiantes a una apertura de clases centrada en la discusión preliminar, un desarrollo en donde ellos construyan el dispositivo experimental a partir de sus notas previas y un cierre en donde, nuevamente, se discutan las dificultades encontradas y se proyecte el trabajo de la siguiente sesión. Este tipo de rutina también queda sancionada por el tipo de evaluación. Los estudiantes se acostumbran a cierta forma de evaluación y también hacen de ella su rutina para un despliegue mínimo de energía. Las

⁴⁶ Hernández Rojas Gerardo. *Miradas constructivistas en psicología de la educación*. Col. Paidós Educador, 188. Barcelona: Paidós, 2006, p. 15. Las negritas son del autor.

rutinas⁴⁷ no son malas (además ya sabemos que no son todo en relación con el aprendizaje), hay que establecer aquellas que favorezcan determinados tipos de enseñanza-aprendizaje. Buscamos despliegues de energía eficaces y eficientes más que solamente mínimos dados por una buena planeación y organización.

El autor de este trabajo no pudo conocer estas situaciones hasta que planteó a los estudiantes las experiencias de aprendizaje por indagación. Inclusive no podía saberlo por la pura experiencia de aprendizaje mediado que, llevada a las actividades experimentales, por sí sola no establece el nivel que requieren las experiencias de aprendizaje basadas en la indagación. El autor tuvo que tomar en cuenta esto y ser paciente: tuvo que esperar a que los estudiantes realizaran el cambio de nivel y de rutinas, lo que le tomó un tiempo de espera de por lo menos dos semanas.

Es importante saber esto porque nos hace conscientes de los niveles en los que establecemos las rutinas y la evaluación de los estudiantes. Así podemos conocer qué se puede esperar en relación con la energía que los estudiantes están dispuestos a dar con determinado tipo de enseñanza y establecer una evaluación acorde al nivel de las rutinas. De esta manera podemos saber qué podemos esperar. Un nivel alto en las rutinas permite fijar las expectativas en un nivel alto. En el momento de dar las calificaciones, los dieces o aprobados no se dejan esperar: los niveles son altos, además de que se puede ayudar más eficazmente a los estudiantes más lentos.

Una rutina que, finalmente, se ha establecido y se utilizó mucho en este trabajo fue la siguiente:

1. Inicialmente, se proporcionó a los estudiantes una hoja con una tabla en la que estaban anotados los temas, tareas extra clase y una columna con espacios para anotar la fecha en la que se realizaba la sesión. Esto contribuyó a la motivación de los estudiantes pues tenían a la mano el

⁴⁷ “La investigación sostiene que los profesores expertos utilizan tanto como es posible rutinas cotidianas”. Eggen, D. Paul, Kauchak, Donald P. *Estrategias docentes. Enseñanza de contenidos curriculares y desarrollo de habilidades de pensamiento*. 3ra. Ed. México: FCE, 2009, p. 101.

conocimiento de las actividades y tareas por realizar, además les permitió tener una referencia temporal de cuándo habían realizado qué actividad.

2. Firmar (como evaluación, pues la ejecución de la tarea se revisaba con detalle) aquellas actividades de búsqueda de información realizadas en biblioteca -el ojo experto del profesor para fijarse en el formato general y la ejecución, en los detalles, es necesaria para emplear poco tiempo y energía-; actividades experimentales que hayan requerido de una discusión amplia, y las tareas programadas dejadas en la lista o adicionales. Las tareas mal hechas se rechazaban y se invitaba al estudiante a realizarlas bien y a entregarlas en la siguiente sesión.

3. Revisión de cuadernos (como evaluación) al final de periodos cortos establecidos en la lista de actividades y tareas. Se revisaba el orden, la limpieza, el cuidado de los cuadernos y si iban anotando o no la fecha en las actividades y en la tabla.

4. Exposición periódica (como evaluación) de resultados y su análisis o de temas, conceptos, leyes o tareas. El tema a exponer se realizaba con la ayuda de un cartel previamente elaborado en borrador, revisado y puesto en limpio en papel ilustración de $\frac{1}{4}$ de tamaño; el estudiante elegía el tema.

5. Apertura de la experiencia de aprendizaje con una breve discusión de lo que se había realizado hasta la última sesión.

6. Mediación del involucramiento en las actividades de indagación. Esta fase de las actividades requería de la paciencia del profesor porque los estudiantes no se enrolaban inmediatamente, había un periodo previo de baja respuesta conductual. La mediación del involucramiento consistía en:

a. Invitar a los estudiantes a revisar qué actividad tenían que realizar en esa sesión.

b. Revisar qué expresión matemática correspondía al concepto, principio o ley involucrada por indagar.

c. Conocer qué variables se iban a medir y qué variables permanecían constantes y con qué valores.

d. Decir cómo se iban a registrar las mediciones, qué tablas tenían que elaborarse, cuál era la variable independiente y cuál la variable dependiente.

e. Realizar gráficas, si había, y discutir los resultados.

f. Qué materiales y equipo se necesitaban. Solicitarlos y recibirlos.

g. Limpiar en su caso, ordenar el equipo y entregarlo.

7. Realización de la actividad con la discusión relacionada, dada en el diseño de la experiencia.
8. Cierre de la actividad (breve), como se ha ejemplificado en la descripción No. 5 de la actividad de aprendizaje, más arriba.

Los estudiantes muestran una baja respuesta conductual, inicial, a este tipo de trabajo, incluso tienden a no hacer nada al inicio de la experiencia. Para alcanzar el nivel que requiere este tipo de actividades, se requiere de la paciencia y del trabajo más cercano del profesor con los estudiantes más lentos o menos involucrados inicialmente. En las fases posteriores del trabajo puede observarse que hay estudiantes que se resisten a cambiar de modo de actuar, quieren seguir haciendo las actividades sólo por cumplir. Abren ante ellos dos opciones: cambiar de forma habitual de actuar (caso que el profesor les hace ver) o abandonar las actividades y la clase; era en esos momentos en donde el profesor les invitaba a quedarse y les ayudaba a cambiar atendiéndolos más durante el desarrollo de cada experiencia; con estas medidas, estos estudiantes comenzaban a cambiar, poco a poco, a medida que se iban enfrentando a su resistencia al cambio. Esta ha sido una parte esencial y clave para el éxito o fracaso de la propuesta de la experiencia de aprendizaje mediado más ECBI. De no haber atendido a los estudiantes que estaban por abandonar no habríamos podido hablar de que ECBI hubiera funcionado.

Conclusiones

1. Hemos elegido ECBI como base para el desarrollo de una propuesta didáctica, por indagación, de los siguientes conceptos e ideas básicas:
 - a. Concepto de temperatura. La temperatura del ambiente y de las sustancias medidas con un termómetro.
 - b. Concepto de calor. Dirección del proceso de calor. Formas de conducción del calor.
 - c. Concepto de Calor específico. Calor específico del agua.
 - d. Puntos fijos del agua: solidificación y ebullición.
 - e. Construcción de un calentador de resistencia eléctrica.
 - f. Construcción de un calorímetro de unicel.

La enseñanza por indagación es una propuesta amplia, que en nuestro caso hemos utilizado de manera modesta. Los resultados han sido apreciables y dejan la perspectiva de poder utilizarla de manera más eficaz en futuras aplicaciones. Lo cual haremos,

sin duda.

2. La enseñanza por indagación requiere de que se siembren semillas para la indagación posterior, esto debe hacerse en sesiones de clase expositiva o como parte de indagaciones documentales previas llevadas a cabo por los estudiantes (expuestas en seminarios) que pueden convertirse en indagaciones experimentales. Estos son aspectos que habría que incluir como experiencias didácticas en el guión de la unidad didáctica. En nuestro caso hemos tenido que implementarlas como addenda a las experiencias planeadas. Concluimos que, efectivamente, la enseñanza por indagación no solo se circunscribe al ámbito experimental; este tipo de enseñanza es más amplio y puede llevarse a cabo exclusivamente en el ámbito de la indagación documental.
3. Propuestas didácticas como ECBI más la experiencia de aprendizaje mediado fijan estándares altos de ejecución de las actividades, esto requiere del uso de mayores niveles de energía que deben tender a ser eficaces y eficientes para evitar el desgaste de los actores: docente y estudiantes. Hemos visto que la eficacia y la eficiencia pueden lograrse a través de la implementación de rutinas en los niveles que requieren estos tipos de experiencias didácticas.
4. Con la utilización de la experiencia de aprendizaje mediado más ECBI no hemos buscado el cambio conceptual pues estamos conscientes de que siempre estarán presentes las prácticas culturales y la cultura en general, que se sirven del uso de esquemas alternativos -como hemos visto en lo relativo a la temperatura y el calor- para la comunicación y para explicar el mundo físico en general.
5. La práctica docente se ve enriquecida con la aplicación de esta propuesta didáctica pues se va más allá de lo rutinario de las clases expositivas, las cuales, en el largo plazo, llegan a ser cansadas y desesperanzadoras pues no logran aprendizajes que den sentido a los conocimientos de la Física y que además sean

duraderos, al menos en el mediano plazo, entre un curso de ciencias y otro.

6. A la luz de la escritura de la unidad didáctica de ECBI más la experiencia de aprendizaje mediado y su puesta en práctica, hemos observado que los libros de texto del área no ayudan a la indagación documental pues llegan a ser dispersos y desenfocados en lo relativo a exponer directa y concretamente los conceptos, leyes y principios de que tratan. Esto nos llevaría a la necesidad de escribir experiencias de aprendizaje dirigidas al conocimiento de los libros de texto y cómo buscar una información que prácticamente queda oculta para los estudiantes novatos que, además, no saben mucho o nada de los conceptos, leyes y principios que se manejan o manejarán en las experiencias didácticas actuales y posteriores. Esta situación recargaría la unidad didáctica. No se trata de agregar más y más experiencias didácticas para suplir las deficiencias estructurales de los libros de texto relacionados. De proceder a agregar más y más experiencias didácticas se perderían los objetivos que se persiguen en determinado caso. Tendríamos que plantear otros objetivos. Para el caso que hemos desarrollado quedaríamos muy lejos de trabajar las ideas básicas que hemos planteado en esta unidad didáctica.
7. Hemos hecho explícitas diversas categorías que formarían parte del pensamiento de los estudiantes que participan en el estudio de diversos fenómenos, en particular el estudio de los fenómenos relacionados con el calor y la temperatura. Este hecho nos ha facilitado el camino en la construcción de experiencias didácticas que toman en cuenta aspectos diversos como el de los esquemas alternativos. ECBI es un modelo que nos lleva de la mano a un análisis amplio y profundo de las experiencias didácticas; no hay parte del análisis que resulte de más en el desarrollo de nuestra propuesta didáctica; con esto en mente hemos podido configurar los estados cognitivos del estudiante, aspecto fundamental de toda propuesta didáctica actual; la motivación o simplemente la

comunicación con los estudiantes depende de que haya contacto con su forma de pensar y de ver el mundo, con mayor razón si estudiamos las prácticas culturales de un tema tan cotidiano como los fenómenos relacionados con el estudio de la Termodinámica, tan cotidiano como prepararse un café "quebrantado", en donde esta palabra: "quebrantado", se refiere a la temperatura de confort en el consumo de bebidas y alimentos.

8. Hemos obtenido amplitud de campo mental porque fue posible trabajar con diversas categorías de corte fundamental como la categoría lexical que hace referencia a las nuevas palabras utilizadas en el aprendizaje de la teoría física, considerada como objeto de aprendizaje. La estructura construida ha permitido observar con más detalle a los estudiantes en su proceso de aprehensión de la teoría del calor y la temperatura estudiada.
9. La implementación de la unidad didáctica ECBI más la experiencia de aprendizaje mediado ha funcionado porque hemos planteado y exigido altos niveles de desempeño de los estudiantes. Decimos que ha funcionado porque los resultados han sido positivos, hemos enfrentado a los estudiantes a sus esquemas alternativos; les hemos llevado a saber buscar y reconocer información; les hemos mostrado cómo reconocer un fenómeno en un experimento; les hemos enseñado a exponer los resultados de sus indagaciones y conocimientos adquiridos en seminarios y en sesiones de evaluación. En general, ECBI más la experiencia de aprendizaje mediado han funcionado porque hemos ayudado, de cerca, a los estudiantes en su búsqueda de sentido del mundo físico que les rodea; aún más, les hemos propuesto un sentido a través de conocimientos que son valiosos no solamente porque son modelos funcionales de la realidad física sino porque se construyen en comunidades de las que pueden formar parte ellos mismos.

Bibliografía

1. Pozo; J.I. *No es oro todo lo que reluce ni se construye (igual) todo lo que se aprende: contra el reduccionismo constructivista*. Anuario de Psicología, 1996, No. 69, 127-139.
2. Hernández Rojas Gerardo. *Miradas constructivistas en psicología de la educación*. Col. Paidós Educador, 188. Barcelona: Paidós, 2006.
3. Hernández Rojas, Gerardo. *Paradigmas en psicología de la educación*. Col. Paidós Educador, 131. Barcelona: Paidós, 1998.
4. Feuerstein y el Aprendizaje Mediado en Serrano, Manuel y Rosabel Tormo. *Revisión de programas de desarrollo cognitivo. El programa de enriquecimiento instrumental (PEI)*. Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa // 2000// Volumen 6// Número 1_1 ISSN 1134-4032 // D.L. SE-1138-94
5. Zemansky, Mark W. *Heat and Thermodynamics*. 1937, 5ta ed., 1968. Tokyo: Mc Graw-Hill.
6. Benveniste, Émile. *Problemas de lingüística general, Vol. I*. 1971. 24ª ed.. México: Siglo XXI, 2007.
7. Alatorre, Antonio. *El heliocentrismo en el mundo de habla española*. Col. Cenzontle. México: FCE, 2011.
8. Mc Crory, P. (2011). Developing interest in science through emotional engagement. In W. Harlen (Ed) ASE Guide to Primary Science Education. Hatfield: ASE.
9. *Taking Inquiry-Based Science Education into Secondary Education. A global conference*. Reports of the IAP Science Education Program. YORK, UNITED KINGDOM, OCTOBER 27-29 2010.
10. Wyne Harlen. Evaluación y Educación en Ciencias Basada en la Indagación: Aspectos de la Política y la Práctica. Publicado por Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme (SEP). Wyne Harlen 2013.
11. Designing and Implementing Inquiry-Based Science Units for Primary Education. Pollen Seed Cities for Science. A COMMUNITY APPROACH FOR A SUSTAINABLE GROWTH OF SCIENCE EDUCATION IN EUROPE.

12. *Educación y Cultura. Un debate necesario en América Latina*. María Inés Castro, coord. México: UNAM, IISUE, Educación, 2012.
13. Hewitt, Paul G. *Física Conceptual*. Tercera edición. 1999. México: Addison Wesley Longman, 1999.
14. García Hourcade, J. L., & Rodríguez de Ávila, C. (1988). Ideas previas, esquemas alternativos, cambio conceptual y el trabajo en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 161-166.
15. Martínez, J. M., & Pérez, B. A. (1997). Estudio de propuestas alternativas en la enseñanza de la termodinámica básica. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(3), 287-300.
16. GUERRERO, Salvador Jara. Calor y Temperatura. Esquemas alternativos en estudiantes de preparatoria. *Revista Mexicana de Física*, 1991, vol. 37, no 4, p. 688-696.
17. Méndez, Juan Manuel Álvarez. *Evaluar para conocer, examinar para excluir*. Madrid: Morata, 2001.
18. Carbajosa, Diana. "Debate desde paradigmas en la evaluación educativa." *Perfiles educativos* 33.132 (2011): 181-190. IISUE-UNAM.
19. Pozo, Juan Ignacio. *Aprendices y maestros. La psicología cognitiva del aprendizaje*. 2da. ed. 1996. España: Alianza Editorial, 2008.
20. Eggen, D. Paul, Kauchak, Donald P. *Estrategias docentes. Enseñanza de contenidos curriculares y desarrollo de habilidades de pensamiento*. 3ra. Ed. México: FCE, 2009.

Mesografía

1. <http://www.wordreference.com/definicion/calor>
2. <http://www.wordreference.com/definicion/temperatura>