



# La Energía en la Interacción Térmica

I. Revisión del currículo oficial de E.S.O y Bachillerato en relación al contenido de la Energía en la interacción Térmica.

II. Revisión histórica de los conceptos de calor, temperatura y energía.

III. Análisis del contenido.

III.1 Estructuración y secuenciación.

III.2 Ubicación curricular en la E.S.O. y Bachillerato.

IV. Revisión y análisis conceptual.

IV.1 Revisión de la problemática conceptual.

IV.2 Análisis y propuestas de definición de términos.

IV.3. El contenido en los libros de texto: revisión y tratamiento.

V. Diagnóstico conceptual del alumno.

VI. Diagnóstico de cambios conceptuales de acuerdo con las concepciones detectadas en los alumnos.

VII. Diseño y propuestas de actuación didáctica que promuevan los cambios conceptuales previstos.

VIII. Bibliografía.

**Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales**

**Prof. Agustín Cervantes Madrid**





## I. Revisión del currículo oficial de ESO y Bachillerato en relación con el contenido de la energía en la interacción térmica.

A continuación vamos a revisar el currículo oficial de la Etapa Educativa de Secundaria centrándonos en los objetivos y contenidos de las Áreas curriculares en donde se contemple el tratamiento de la energía en la interacción térmica. Revisaremos el currículo oficial de competencia estatal, y por tanto de ámbito nacional, plasmado en sendos Reales Decretos de enseñanzas mínimas para ESO y Bachillerato, publicados en el BOE, y las correspondientes Órdenes autonómicas andaluzas que desarrollan los currículos de ambas etapas, publicados en el BOJA.

### **Educación Secundaria Obligatoria**

(Según L.O.E., L.O. 2/2006)

**Ámbito estatal:** R. D. 1631/2006 de 29 de Diciembre por el que se establecen las enseñanzas mínimas de la E.S.O (BOE núm. 5 de 5 de Enero 2007).

**Edades:** 12 – 16 años.

**Ciclos:** 1º y 2º.

**Cursos o niveles:** 4.

**Carácter de la Etapa Educativa:** Obligatoria y gratuita.

### **Fines de la ESO**

La finalidad de la Educación Secundaria Obligatoria consiste en lograr que los alumnos adquieran los elementos básicos de la cultura, especialmente en sus aspectos humanístico, artístico, científico y tecnológico; desarrollar y consolidar en ellos hábitos de estudio y de trabajo; prepararles para su incorporación a estudios posteriores y para su inserción laboral, y formarles para el ejercicio de sus derechos y obligaciones en la vida como ciudadanos.

## Objetivos generales de la ESO

(Recopilación de objetivos de carácter científico y tecnológico)

- e) Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Adquirir una preparación básica en el campo de las tecnologías, especialmente las de la información y la comunicación.
- f) Concebir el conocimiento científico como un saber integrado que se estructura en distintas disciplinas, así como conocer y aplicar los métodos para identificar los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia.
- g) Desarrollar el espíritu emprendedor y la confianza en sí mismo, la participación, el sentido crítico, la iniciativa personal y la capacidad para aprender a aprender, planificar, tomar decisiones y asumir responsabilidades.
- k) Conocer y aceptar el funcionamiento del propio cuerpo y el de los otros, respetar las diferencias, afianzar los hábitos de cuidado y salud corporales e incorporar la educación física y la práctica del deporte para favorecer el desarrollo personal y social. Conocer y valorar la dimensión humana de la sexualidad en toda su diversidad. Valorar críticamente los hábitos sociales relacionados con la salud, el consumo, el cuidado de los seres vivos y el medio ambiente, contribuyendo a su conservación y mejora.

## Competencias básicas

En el Anexo I del mencionado Decreto se establece: *En el marco de la propuesta realizada por la Unión Europea, y de acuerdo con las consideraciones que se acaban de exponer, se han identificado ocho competencias básicas:*

1. Competencia en comunicación lingüística.
2. Competencia matemática.
3. Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico.
4. Tratamiento de la información y competencia digital.
5. Competencia social y ciudadana.
6. Competencia cultural y artística.
7. Competencia para aprender a aprender.
8. Autonomía e iniciativa personal.

## Organización curricular por cursos de la ESO (LOE)

Cursos 1º, 2º y 3º	
<b>Materias de los tres cursos</b> (No todas se cursan cada año)	<b>Materias obligatorias en los tres cursos</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>☐ Ciencias de la naturaleza.</li><li>☐ Ciencias sociales, geografía e historia.</li><li>☐ Educación física.</li><li>☐ Educación para la ciudadanía y los derechos humanos.</li><li>☐ Educación plástica y visual.</li><li>☐ Lengua castellana y literatura y, si la hubiere, ☐ Lengua cooficial y literatura.</li><li>☐ Lengua extranjera.</li><li>☐ Matemáticas.</li><li>☐ Música.</li><li>☐ Tecnologías.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>☐ Ciencias de la naturaleza.</li><li>☐ Ciencias sociales, geografía e historia.</li><li>☐ Educación física.</li><li>☐ Lengua castellana y literatura y, si la hubiere, ☐ Lengua cooficial y literatura.</li><li>☐ Lengua extranjera.</li><li>☐ Matemáticas.</li></ul>



- En uno de los tres primeros cursos todos los alumnos cursarán la materia de **Educación para la ciudadanía y los derechos humanos**.
- Las administraciones educativas podrán disponer que en el tercer curso la materia de **Ciencias de la naturaleza** se desdoble en **Biología y Geología**, por un lado, y **Física y química** por otro. En todo caso, la citada materia mantendrá su carácter unitario a efectos de promoción.
- En cada uno de los cursos primero y segundo los alumnos cursarán un máximo de dos materias más que en el último ciclo de Educación primaria.
- Los alumnos podrán cursar **alguna materia optativa** de acuerdo con el marco que establezcan las administraciones educativas. La oferta de materias en este ámbito de optatividad deberá incluir una segunda **Lengua extranjera y Cultura clásica**. Las administraciones educativas podrán incluir la segunda lengua extranjera entre las materias a las que se refiere el apartado 1 de este artículo.
- Sin perjuicio del tratamiento específico en algunas de las materias de la etapa, **la comprensión lectora, la expresión oral y escrita, la comunicación audiovisual, las tecnologías de la información y la comunicación, y la educación en valores se trabajarán en todas ellas**. (Harían referencia a lo que antes se denominaba Áreas o contenidos transversales).

#### 4º Curso

##### Materias obligatorias

- ☐ Ciencias sociales, Geografía e Historia.
- ☐ Educación ético-cívica.
- ☐ Educación física.
- ☐ Lengua castellana y Literatura y, si la hubiere, ☐ Lengua cooficial y Literatura.
- ☐ Matemáticas.
- ☐ Primera lengua extranjera.

##### 3 Materias a elegir entre

- ☐ Biología y Geología.
- ☐ Educación plástica y visual.
- ☐ **Física y Química.**
- ☐ Informática.
- ☐ Latín.
- ☐ Música.
- ☐ Segunda lengua extranjera.
- ☐ Tecnología.

- Las administraciones educativas podrán disponer que la materia de Matemáticas se organice en dos opciones en función del carácter terminal o propedéutico que dicha materia tenga para cada alumno.
- En la materia de Educación ético-cívica se prestará especial atención a la igualdad entre hombres y mujeres.
- Igualmente que antes, la comprensión lectora, la expresión oral y escrita, la comunicación audiovisual, las tecnologías de la información y la comunicación, y la educación en valores se trabajarán en todas ellas.
- Los alumnos podrán cursar una o más materias optativas, de acuerdo con el marco que establezcan las administraciones educativas.

## Área curricular: CIENCIAS DE LA NATURALEZA

### Objetivos

La enseñanza de las Ciencias de la naturaleza en esta etapa tendrá como finalidad el desarrollo de las siguientes capacidades:

1. Comprender y utilizar las estrategias y los conceptos básicos de las ciencias de la naturaleza para interpretar los fenómenos naturales, así como para analizar y valorar las repercusiones de desarrollos tecnocientíficos y sus aplicaciones.

2. Aplicar, en la resolución de problemas, estrategias coherentes con los procedimientos de las ciencias, tales como la discusión del interés de los problemas planteados, la formulación de hipótesis, la elaboración de estrategias de resolución y de diseños experimentales, el análisis de resultados, la consideración de aplicaciones y repercusiones del estudio realizado y la búsqueda de coherencia global.

3. Comprender y expresar mensajes con contenido científico utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad, interpretar diagramas, gráficas, tablas y expresiones matemáticas elementales, así como comunicar a otros argumentaciones y explicaciones en el ámbito de la ciencia.

4. Obtener información sobre temas científicos, utilizando distintas fuentes, incluidas las tecnologías de la información y la comunicación, y emplearla, valorando su contenido, para fundamentar y orientar trabajos sobre temas científicos.

5. Adoptar actitudes críticas fundamentadas en el conocimiento para analizar, individualmente o en grupo, cuestiones científicas y tecnológicas.

6. Desarrollar actitudes y hábitos favorables a la promoción de la salud personal y comunitaria, facilitando estrategias que permitan hacer frente a los riesgos de la sociedad actual en aspectos relacionados con la alimentación, el consumo, las drogodependencias y la sexualidad.

7. Comprender la importancia de utilizar los conocimientos de las ciencias de la naturaleza para satisfacer las necesidades humanas y participar en la necesaria toma de decisiones en torno a problemas locales y globales a los que nos enfrentamos.

8. Conocer y valorar las interacciones de la ciencia y la tecnología con la sociedad y el medio ambiente, con atención particular a los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad y la necesidad de búsqueda y aplicación de soluciones, sujetas al principio de precaución, para avanzar hacia un futuro sostenible.

9. Reconocer el carácter tentativo y creativo de las ciencias de la naturaleza, así como sus aportaciones al pensamiento humano a lo largo de la historia, apreciando los grandes debates superados de dogmatismos y las revoluciones científicas que han marcado la evolución cultural de la humanidad y sus condiciones de vida.

### Contenidos relacionados con: La energía en la interacción térmica

#### Ciencias de la naturaleza

#### Curso 2º

#### **Bloque 2. Materia y energía.**

La energía en los sistemas materiales.

La energía como concepto fundamental para el estudio de los cambios. Valoración del papel de la energía en nuestras vidas.

Análisis y valoración de las diferentes fuentes de energía, renovables y no renovables.

Problemas asociados a la obtención, transporte y utilización de la energía.

Toma de conciencia de la importancia del ahorro energético.



### **Bloque 3. Transferencia de energía.**

Calor y temperatura.

El calor como agente productor de cambios. Distinción entre calor y temperatura.

Reconocimiento de situaciones y realización de experiencias sencillas en las que se manifiesten los efectos del calor sobre los cuerpos.

Interpretación del calor como forma de transferencia de energía.

Valoración de las aplicaciones de la utilización práctica del calor.

#### **Criterios de evaluación**

1. Utilizar el concepto cualitativo de energía para explicar su papel en las transformaciones que tienen lugar en nuestro entorno y reconocer la importancia y repercusiones para la sociedad y el medio ambiente de las diferentes fuentes de energía renovables y no renovables.

Se pretende evaluar si el alumnado relaciona el concepto de energía con la capacidad de realizar cambios, si conoce diferentes formas y fuentes de energía, renovables y no renovables, sus ventajas e inconvenientes y algunos de los principales problemas asociados a su obtención, transporte y utilización. Se valorará si el alumnado comprende la importancia del ahorro energético y el uso de energías limpias para contribuir a un futuro sostenible.

2. Resolver problemas aplicando los conocimientos sobre el concepto de temperatura y su medida, el equilibrio y desequilibrio térmico, los efectos del calor sobre los cuerpos y su forma de propagación.

Se pretende comprobar si el alumnado comprende la importancia del calor y sus aplicaciones, así como la distinción entre calor y temperatura en el estudio de los fenómenos térmicos y es capaz de realizar experiencias sencillas relacionadas con los mismos. Se valorará si sabe utilizar termómetros y conoce su fundamento, identifica el equilibrio térmico con la igualación de temperaturas, comprende la transmisión del calor asociada al desequilibrio térmico y sabe aplicar estos conocimientos a la resolución de problemas sencillos y de interés, como el aislamiento térmico de una zona.

### **Curso 4º**

### **Física y Química**

#### **Bloque 3. Profundización en el estudio de los cambios.**

Energía, trabajo y calor:

Valoración del papel de la energía en nuestras vidas.

Naturaleza, ventajas e inconvenientes de las diversas fuentes de energía.

Conceptos de trabajo y energía. Estudio de las formas de energía: cinética y potencial gravitatoria. Potencia.

Ley de conservación y transformación de la energía y sus implicaciones.

Interpretación de la concepción actual de la naturaleza del calor como transferencia de energía.

Las ondas: otra forma de transferencia de energía.

#### **Criterios de evaluación**

4. Aplicar el principio de conservación de la energía a la comprensión de las transformaciones energéticas de la vida diaria, reconocer el trabajo y el calor como formas de transferencia de energía y analizar los problemas asociados a la obtención y uso de las diferentes fuentes de energía empleadas para producirlos.

Este criterio pretende evaluar si el alumnado tiene una concepción significativa de los conceptos de trabajo y energía y sus relaciones, siendo capaz de comprender las formas de energía (en particular, cinética y potencial gravitatoria), así como de aplicar la ley de conservación de la energía en algunos ejemplos sencillos. Se valorará también si es consciente de los problemas globales del planeta en torno a la obtención y uso de las fuentes de energía y las medidas que se requiere adoptar en los diferentes ámbitos para avanzar hacia la sostenibilidad.

## **Bachillerato**

**(Según la LOE, L.O. 2/2006)**

**Ámbito estatal:** R. D. 1467/2007 de 2 de noviembre por el que se establece la estructura del Bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas (BOE núm. 266 de 6 de Noviembre de 2007).

**Edades:** 16 – 18 años.

**Ciclos:** 1.

**Cursos:** 2.

**Carácter de la Etapa Educativa:** No obligatoria.

### **Finalidades del Bachillerato**

Esta etapa tiene como finalidad proporcionar al alumnado formación, madurez intelectual y humana, conocimientos y destrezas que les permitan progresar en su desarrollo personal y social e incorporarse a la vida activa y a la educación superior.

### **Objetivos generales del Bachillerato**

(Recopilación de objetivos de carácter científicos y técnicos)

- g) Utilizar con solvencia y responsabilidad las tecnologías de la información y la comunicación.
- i) Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales y dominar las habilidades básicas propias de la modalidad elegida.
- j) Comprender los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos. Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida, así como afianzar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente.
- k) Afianzar el espíritu emprendedor con actitudes de creatividad, flexibilidad, iniciativa, trabajo en equipo, confianza en uno mismo y sentido crítico.
- n) Afianzar actitudes de respeto y prevención en el ámbito de la seguridad vial.

### **Ordenación por Modalidades**

El nuevo Bachillerato se ordena en tres modalidades para los dos cursos correspondientes, en los cuales se establecen materias comunes, materias específicas de cada modalidad y materias optativas.

\* Modalidad de Artes

\* Modalidad de Ciencias y Tecnología

\* Modalidad de Humanidades y Ciencias Sociales



## Modalidad de Ciencias y Tecnología

### Materias Comunes

- Ciencias para el mundo contemporáneo
  - Educación física
  - Filosofía y ciudadanía
  - Historia de la filosofía
  - Historia de España
- Lengua castellana y Literatura y, si la hubiere,
  - Lengua cooficial y Literatura.
  - Lengua extranjera

... Y al menos las materias de Historia de la filosofía, Historia de España, Lengua castellana y Literatura y Lengua extranjera deberán impartirse en Segundo de Bachillerato.

### Materias de Modalidad

- Biología
- Biología y Geología
- Ciencias de la Tierra y medioambientales
  - Dibujo técnico I y II
  - Electrotecnia
  - Física
  - Física y Química
  - Matemáticas I y II
  - Química
- Tecnología industrial I y II

• Los alumnos deberán cursar en el conjunto de los dos cursos del bachillerato un mínimo de seis materias de modalidad, de las cuales al menos cinco deberán ser de la modalidad elegida.

• Las administraciones educativas distribuirán las materias de modalidad en los dos cursos que componen el bachillerato garantizando que aquellas materias que, en virtud de lo dispuesto en el Anexo I, requieran conocimientos incluidos en otras materias se oferten con posterioridad. Solo podrán cursarse dichas materias tras haber cursado las materias previas con las que se vinculan o haber acreditado los conocimientos necesarios.

### Asignaturas optativas

Las administraciones educativas regularán las materias optativas del bachillerato, de tal forma que el alumno o la alumna pueda elegir también como materia optativa al menos una materia de modalidad.

## Área curricular: FÍSICA Y QUÍMICA

### Objetivos

La enseñanza de la Física y Química en el Bachillerato tendrá como finalidad contribuir al desarrollo de las siguientes capacidades:

1. Conocer los conceptos, leyes, teorías y modelos más importantes y generales de la física y la química, así como las estrategias empleadas en su construcción, con el fin de tener una

visión global del desarrollo de estas ramas de la ciencia y de su papel social, de obtener una formación científica básica y de generar interés para poder desarrollar estudios posteriores más específicos.

2. Comprender vivencialmente la importancia de la física y la química para abordar numerosas situaciones cotidianas, así como para participar, como ciudadanos y ciudadanas y, en su caso, futuros científicos y científicas, en la necesaria toma de decisiones fundamentadas en torno a problemas locales y globales a los que se enfrenta la humanidad y contribuir a construir un futuro sostenible, participando en la conservación, protección y mejora del medio natural y social.

3. Utilizar, con autonomía creciente, estrategias de investigación propias de las ciencias (planteamiento de problemas, formulación de hipótesis fundamentadas; búsqueda de información; elaboración de estrategias de resolución y de diseños experimentales; realización de experimentos en condiciones controladas y reproducibles, análisis de resultados, etc.) relacionando los conocimientos aprendidos con otros ya conocidos y considerando su contribución a la construcción de cuerpos coherentes de conocimientos y a su progresiva interconexión.

4. Familiarizarse con la terminología científica para poder emplearla de manera habitual al expresarse en el ámbito científico, así como para poder explicar expresiones científicas del lenguaje cotidiano y relacionar la experiencia diaria con la científica.

5. Utilizar de manera habitual las tecnologías de la información y la comunicación, para realizar simulaciones, tratar datos y extraer y utilizar información de diferentes fuentes, evaluar su contenido y adoptar decisiones.

6. Familiarizarse con el diseño y realización de experimentos físicos y químicos, utilizando la tecnología adecuada para un funcionamiento correcto, con una atención particular a las normas de seguridad de las instalaciones.

7. Reconocer el carácter tentativo y creativo del trabajo científico, como actividad en permanente proceso de construcción, analizando y comparando hipótesis y teorías contrapuestas a fin de desarrollar un pensamiento crítico, así como valorar las aportaciones de los grandes debates científicos al desarrollo del pensamiento humano.

8. Apreciar la dimensión cultural de la física y la química para la formación integral de las personas, así como saber valorar sus repercusiones en la sociedad y en el medio ambiente, contribuyendo a la toma de decisiones que propicien el impulso de desarrollos científicos, sujetos a los límites de la biosfera, que respondan a necesidades humanas y contribuyan a hacer frente a los graves problemas que hipotecan su futuro.

## Contenidos relacionados con: La energía en la interacción térmica

### Física y Química Contenidos

#### 4. La energía y su transferencia: trabajo y calor:

- Revisión y profundización de los conceptos de energía, trabajo y calor y sus relaciones. Eficacia en la realización de trabajo: potencia. Formas de energía.
- Principio de conservación y transformación de la energía. Primer principio de la termodinámica. Degradación de la energía.

#### Criterios de evaluación

4. Aplicar los conceptos de trabajo y energía, y sus relaciones, en el estudio de las transformaciones y el principio de conservación y transformación de la energía en la resolución de problemas de interés teórico práctico.

Se trata de comprobar si los estudiantes comprenden en profundidad los conceptos de energía, trabajo y calor y sus relaciones, en particular las referidas a los cambios de energía cinética, potencial y total del sistema, así como si son capaces de aplicar el principio de



conservación y transformación de la energía y comprenden la idea de degradación. Se valorará también si han adquirido una visión global de los problemas asociados a la obtención y uso de los recursos energéticos y los debates actuales en torno a los mismos, así como si son conscientes de la responsabilidad de cada cual en las soluciones y tienen actitudes y comportamientos coherentes.

### Área curricular: FÍSICA

(Esta materia requiere conocimientos incluidos en Física y Química)

#### Objetivos

La enseñanza de la Física en el bachillerato tendrá como finalidad contribuir a desarrollar en el alumnado las siguientes capacidades:

1. Adquirir y poder utilizar con autonomía conocimientos básicos de la física, así como las estrategias empleadas en su construcción.
2. Comprender los principales conceptos y teorías, su vinculación a problemas de interés y su articulación en cuerpos coherentes de conocimientos.
3. Familiarizarse con el diseño y realización de experimentos físicos, utilizando el instrumental básico de laboratorio, de acuerdo con las normas de seguridad de las instalaciones.
4. Expresar mensajes científicos orales y escritos con propiedad, así como interpretar diagramas, gráficas, tablas, expresiones matemáticas y otros modelos de representación.
5. Utilizar de manera habitual las tecnologías de la información y la comunicación para realizar simulaciones, tratar datos y extraer y utilizar información de diferentes fuentes, evaluar su contenido, fundamentar los trabajos y adoptar decisiones.
6. Aplicar los conocimientos físicos pertinentes a la resolución de problemas de la vida cotidiana.
7. Comprender las complejas interacciones actuales de la Física con la tecnología, la sociedad y el ambiente, valorando la necesidad de trabajar para lograr un futuro sostenible y satisfactorio para el conjunto de la humanidad.
8. Comprender que el desarrollo de la Física supone un proceso complejo y dinámico, que ha realizado grandes aportaciones a la evolución cultural de la humanidad.
9. Reconocer los principales retos actuales a los que se enfrenta la investigación en este campo de la ciencia.

#### Contenidos relacionados con: La energía en la interacción térmica

##### Física

##### Contenidos

No existen. El contenido de la materia de Física se diseña como continuación del de Física y Química, desarrollándose los siguientes bloques: 1. Contenidos comunes. 2. Interacción gravitatoria. 3. Vibraciones y Ondas. 4. Óptica. 5. Interacción electromagnética y 6. Introducción a la Física Moderna.

## Área curricular: Química

(Esta materia requiere conocimientos incluidos en Física y Química)

### Objetivos

La enseñanza de la Química en el bachillerato tendrá como finalidad el desarrollo de las siguientes capacidades:

1. Adquirir y poder utilizar con autonomía los conceptos, leyes, modelos y teorías más importantes, así como las estrategias empleadas en su construcción.

2. Familiarizarse con el diseño y realización de experimentos químicos, así como con el uso del instrumental básico de un laboratorio químico y conocer algunas técnicas específicas, todo ello de acuerdo con las normas de seguridad de sus instalaciones.

3. Utilizar las tecnologías de la información y la comunicación para obtener y ampliar información procedente de diferentes fuentes y saber evaluar su contenido.

4. Familiarizarse con la terminología científica para poder emplearla de manera habitual al expresarse en el ámbito científico, así como para poder explicar expresiones científicas del lenguaje cotidiano, relacionando la experiencia diaria con la científica.

5. Comprender y valorar el carácter tentativo y evolutivo de las leyes y teorías químicas, evitando posiciones dogmáticas y apreciando sus perspectivas de desarrollo.

6. Comprender el papel de esta materia en la vida cotidiana y su contribución a la mejora de la calidad de vida de las personas. Valorar igualmente, de forma fundamentada, los problemas que sus aplicaciones pueden generar y cómo puede contribuir al logro de la sostenibilidad y de estilos de vida saludables.

7. Reconocer los principales retos a los que se enfrenta la investigación de este campo de la ciencia en la actualidad.

### Contenidos relacionados con: La energía en la interacción térmica

#### Química Contenidos

#### 4. Transformaciones energéticas en las reacciones químicas. Espontaneidad de las reacciones químicas:

– Energía y reacción química. Procesos endo y exotérmicos.

Concepto de entalpía. Determinación de un calor de reacción. Entalpía de enlace e interpretación de la entalpía de reacción.

– Aplicaciones energéticas de las reacciones químicas. Repercusiones sociales y medioambientales.

– Valor energético de los alimentos: implicaciones para la salud.

– Condiciones que determinan el sentido de evolución de un proceso químico. Conceptos de entropía y de energía libre.

#### Criterios de evaluación

4. Explicar el significado de la entalpía de un sistema y determinar la variación de entalpía de una reacción química, valorar sus implicaciones y predecir, de forma cualitativa, la posibilidad de que un proceso químico tenga o no lugar en determinadas condiciones.

Este criterio pretende averiguar si los estudiantes comprenden el significado de la función entalpía así como de la variación de entalpía de una reacción, si determinan calores de reacción, aplican la ley de Hess, utilizan las entalpías de formación y conocen y valoran las implicaciones que los aspectos energéticos de un proceso químico tienen en la salud, en la economía y en el medioambiente. En particular, se han de conocer las consecuencias del uso de combustibles fósiles en el incremento del efecto invernadero y el cambio climático que está



teniendo lugar. También se debe saber predecir la espontaneidad de una reacción a partir de los conceptos de entropía y energía libre.

El calendario de aplicación de la nueva ordenación del Sistema Educativo, mediante la LOE, aparece en el R. D. 806/2006 (BOE nº 167 de 30 Junio de 2006) y en él se establece, en lo referente a la ESO y el Bachillerato, el siguiente calendario:

### Calendario LOE

ESO	Curso académico	Bachillerato	Curso académico
1º y 3º	2007/08	1º	2008/09
2º y 4º	2008/09	2º	2009/10

## Educación Secundaria Obligatoria (Ámbito autonómico) (Según L.O.E., L.O. 2/2006)

**Ámbito autonómico andaluz:** ORDEN de 10 de agosto de 2007 por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en Andalucía (BOJA núm. 171 de 30 de Agosto de 2007).

La normativa de la Comunidad Autónoma de Andalucía asume como contenidos propios los del R.D. de ámbito estatal, estableciendo en su art. 2 lo siguiente:

### Artículo 2. Componentes del currículo.

1. Las competencias básicas de la Educación Secundaria Obligatoria son las establecidas en el Anexo I del Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la educación secundaria obligatoria, y en el artículo 6.2 del Decreto 231/2007, de 31 de julio.

2. Los objetivos, contenidos, y criterios de evaluación para cada una de las materias de la educación secundaria obligatoria son los establecidos en el Anexo II del Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre y en el Anexo I de la presente Orden en el que se establecen las enseñanzas que son propias de la Comunidad Autónoma.

3. En el desarrollo y concreción de los aspectos del currículo dispuestos en el Real Decreto 1613/2006, de 29 de diciembre, se tendrá en cuenta que la flexibilidad que dicho Real Decreto establece para la ordenación de los contenidos en bloques temáticos dentro de cada ciclo, permite que los centros puedan agrupar los contenidos en distintas opciones.

4. Los contenidos propios de la Comunidad Autónoma de Andalucía versarán sobre el tratamiento de la realidad andaluza en sus aspectos geográficos, económicos, sociales, históricos y culturales, así como sobre las contribuciones de carácter social y científico que mejoran la ciudadanía, la dimensión histórica del conocimiento y el progreso humano en el siglo XXI.

## Área curricular: CIENCIAS DE LA NATURALEZA

Así mismo, los contenidos propios del Área de Ciencias de la Naturaleza se desarrollan bajo la perspectiva de lo que acabamos de decir y en 6 núcleos temáticos:

1. El paisaje natural andaluz.
2. La biodiversidad en Andalucía.
3. El patrimonio natural andaluz.
4. El uso responsable de los recursos naturales.
5. La crisis energética y sus posibles soluciones.
6. Los determinantes de la salud.

## Bachillerato (Ámbito autonómico) (Según LOE, L.O. 2/2006)

**Ámbito autonómico andaluz:** ORDEN de 5 de Agosto de 2008 por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en Andalucía (BOJA núm. 169 de 26 de Agosto de 2008).

Al igual que sucede con la ESO, los contenidos de Bachillerato vienen asumidos literalmente del decreto de ámbito estatal.

## Área curricular: FÍSICA Y QUÍMICA

El currículo de Física y Química de Bachillerato incluye los objetivos, contenidos y criterios de evaluación establecidos para esta materia en el Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, junto con las aportaciones específicas que para la Comunidad Autónoma de Andalucía se desarrollan a continuación.

... Los contenidos de esta materia se distribuyen entre las dos disciplinas que la integran y reúnen la triple característica de ser básicos, suponer un nuevo paso en la aproximación al estado actual de ambas ciencias y poseer un gran poder explicativo. Se presentan agrupados en los siguientes núcleos temáticos:

1. Aproximación al trabajo científico. Ciencia, tecnología y sociedad.
2. Los movimientos y las causas que los modifican.
3. Energía y su transferencia: trabajo y calor.
4. ¿Cómo influye la energía eléctrica en nuestra forma de vivir?
5. Naturaleza de la materia.
6. Reacciones químicas.
7. Introducción a la química orgánica.



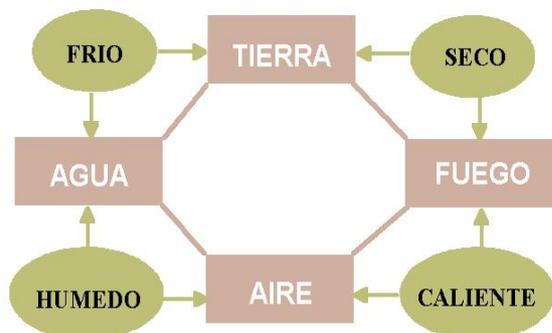
## II. Revisión histórica de los conceptos de calor, temperatura y energía.

Desde tiempos muy remotos el hombre ha tenido conocimiento, al menos desde un punto de vista fenomenológico, de los procesos en los que interviene el calor y los cambios de temperatura que conllevaban en su entorno más próximo. El descubrimiento del fuego debió marcar un hito transcendental en el desarrollo del hombre y, por consiguiente, llevó a la humanidad a experimentar notables cambios en su desenvolvimiento tanto en el ámbito individual como colectivo. Pero prescindiendo del vago conocimiento inicial que debió tenerse sobre estos fenómenos, que no tuvo que ser muy diferente del puramente perceptivo, debemos remontarnos a muchísimos siglos después para encontrar algunas "teorías" explicativas sobre el origen de las sensaciones térmicas que nos producen los cuerpos, así como de otros procesos relacionados con esta fenomenología.

Fueron los griegos durante el periodo de florecimiento ateniense durante los siglos VI y V a.d.C. quienes propusieron por primera vez un modelo explicativo. Empédocles de Agrigento, sobre el siglo V a.d.C., fue el precursor de la teoría de los cuatro elementos, según la cual todos los cuerpos estarían constituidos por unas cantidades variables de tierra, agua, aire y fuego que explicarían la naturaleza de los mismos y los cambios que éstos puedan sufrir. Tierra, agua y aire representan a la materia en sus tres estados, mientras que el fuego sería una sustancia inmaterial que explicaría las diferencias de temperatura. Así, un líquido viscoso como la miel contendría mucha agua, algo de tierra y muy poco aire frente a una piedra que prácticamente estaría constituida por sólo tierra. Por otro lado, cuerpos más calientes que otros poseerían mayor cantidad de fuego que éstos últimos. El fuego, a diferencia de los otros tres componentes, sería el elemento más ligero y se liberaría cuando un cuerpo se quema. Los cuerpos capaces de arder deberían ser por tanto más ligeros y contener más cantidad de fuego que los que no.

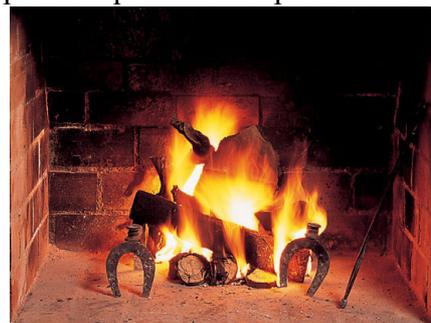
Por esta misma época, la escuela atomista de Demócrito y Leucipo había propuesto una teoría diferente para la constitución de la materia, según la cual los cuerpos estaban formados por entes indivisibles e indestructibles llamados átomos. Habría diferentes tipos de átomos y deberían ser tan pequeños que escaparían a todas nuestras percepciones sensoriales. Todas las cosas estarían constituidas por átomos y vacío. Y en el caso del fuego interno que propone Empédocles, éste sería, por tanto, una sustancia material, no perceptible directamente, atómica

en su estructura al igual que el resto de la materia, que se difundiría muy rápidamente a través de los poros de la misma y que debería poseer algún peso.



Aristóteles en el siglo IV a.d.C. recogió las antiguas ideas pitagóricas desarrolladas por Empédocles y las completó, añadiendo dos pares de cualidades antagónicas: caliente-frío y seco-húmedo, derivadas de la existencia de los cuatro elementos constitutivos de la materia. De esta forma, el fuego es cálido y seco, el aire es cálido y húmedo, el agua es fría y húmeda, mientras que la tierra es fría y seca. La temperatura entonces de los cuerpos vendría dada por las diferentes proporciones en que tales pares de cualidades participan en los mismos.

La teoría aristotélica sobre la composición de la materia predominó, como sabemos, sobre la atomista y desde entonces no apareció ninguna otra explicación sobre los fenómenos relacionados con el calor hasta el siglo XVII. La antigua explicación griega sobre los fenómenos de combustión, según la cual se liberaban los elementos ígneos que constituyen la materia, fue retomada por J.J. Becher y G.H. Stall en el siglo XVII para desarrollar lo que se conoció como la teoría del flogisto. De acuerdo con esta teoría, el flogisto sería un principio ígneo muy parecido al azufre de los alquimistas o al fuego aristotélico que contendrían todas las sustancias combustibles, las cuales lo emitirían al arder. Los cuerpos de combustión rápida eran ricos en flogisto, mientras que los de combustión lenta poseerían menor cantidad del mencionado elemento. Se admitía también que el flogisto permanecía en cantidades limitadas en los cuerpos y que éste no podría existir de forma aislada, pues sería tan absurdo pensar así como que existiese un magnetismo aislado de la materia. La combustión no representa la sola liberación de flogisto, sino la liberación del mismo desde el cuerpo que tiene más al que tiene menos, que la mayoría de las veces es el aire. La función del aire en la combustión consiste entonces en absorber el flogisto liberado por el material en combustión. De ahí que cuando el cuerpo que arde se encuentra encerrado acabe por no quemarse más puesto que el aire presenta una capacidad finita de almacenar el flogisto que se libera. Se sabía también que el aire "flogisticado" de una vasija apagaba la llama de una vela y que era incompatible con la vida, del mismo modo que lo era el aire impurificado y espirado por los animales, lo que llevó a pensar que si en la respiración se libera flogisto es que ésta debería estar relacionada con algún proceso de combustión. La teoría del flogisto perduró durante más de 100 años y fue el modelo explicativo utilizado por la Química hasta bien entrado el siglo XVIII.



Fue J. Priestley, a finales del siglo XVIII, quien se dio cuenta de ciertas contradicciones que se daban con la combustión de los metales en relación con la teoría del flogisto. Se observaba que cuando se calcinaba un metal aparecía un residuo que incluso pesaba más que el elemento metálico inicial, cosa que no cabría esperar pues debería liberarse flogisto y perder así peso, lo que llevó a pensar que el flogisto tuviera peso negativo y retomar de nuevo la idea aristotélica de "ligereza", relacionada con el fuego interno de la materia. Pero, como se sabía, esta circunstancia no se sostendría en otras combustiones como es en el caso de la madera. El mismo Priestley pudo comprobar también, durante el proceso inverso de calentamiento de las cenizas metálicas, que cuando se calentaban enérgicamente las cenizas rojas de mercurio se obtenía un gas que alimentaba la combustión y la vida más que el aire ordinario, quedando al



final un residuo metálico de mercurio puro. Si el aire ordinario siempre contiene flogisto, que proviene de la combustión y de la respiración de los animales, y es lo que hace que tenga una capacidad limitada de absorber flogisto, entonces el gas descubierto por Priestley, que alimentaba vivamente la combustión, no debería contener flogisto y lo llamó aire "desflogisticado". Priestley, de todas formas, no pudo explicar convenientemente por qué aparecía este gas, cuando en realidad debería aparecer el flogisto que contendrían las cenizas de mercurio, y no fue capaz de proponer alguna teoría alternativa a la del flogisto. En cambio, Lavoisier, que tuvo conocimiento de tales experiencias por el propio Priestley, se dio cuenta inmediatamente de la transcendencia de tales experimentos. Los repitió y diseñó otros de la misma índole para concluir, sin ningún tipo de prejuicios, que la combustión más que un proceso de desintegración o de liberación era un proceso de combinación. Al aire "desflogisticado" de Priestley lo llamó inicialmente "aire eminentemente respirable" y, posteriormente, lo denominó oxígeno por el papel que desempeñaba en la formación de los ácidos. La nueva teoría sobre la combustión, que supuso una revolución en la Química y que marcó el comienzo del posterior desarrollo de la misma, establecía por tanto, en forma resumida, lo siguiente:

1. El aire no es un elemento sino que está formado por oxígeno y otro/s gas/es.
2. La respiración, la combustión y la calcinación no son más que combinaciones de sustancias con el oxígeno.
3. Los anteriores procesos no suponen creación ni destrucción de materia alguna, pues cuando se llevan a cabo en recipientes cerrados la masa total antes y después de la transformación permanece inalterada.
4. El flogisto no es necesario para explicar ningún proceso químico y no hay razón para suponer que éste exista.

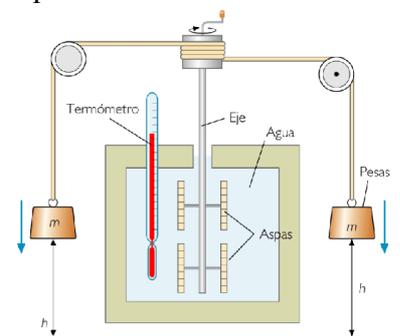
Si bien Lavoisier desterró las antiguas teorías de la combustión, él siguió creyendo en la naturaleza material del calor, un hipotético fluido al que denominó "calórico". La teoría del calórico suponía que todos los cuerpos poseerían una determinada cantidad de calórico que los mantenía calientes. El elemento así introducido era útil para explicar la mayor parte de las observaciones que se tenían, incluyendo el equilibrio térmico entre cuerpos que se ponen en contacto. Se le atribuyeron propiedades tales como que era un fluido tenue, capaz de entrar y salir por los poros más pequeños de la materia, imponderable y sin peso, semejante al fluido sutil y omnipresente de Descartes o a los diferentes éteres postulados para explicar la gravitación, la propagación de la luz o la transmisión de las fuerzas eléctricas. La teoría del calórico podía explicar el calentamiento de los cuerpos por medio de la difusión rápida del calórico a través de los poros de éstos, depositándose finalmente en una capa o atmósfera alrededor de los corpúsculos materiales (átomos). Los cambios de estado también se podían explicar pues las partículas materiales poseerían una capacidad variable de almacenamiento de calórico, pudiéndose absorber o liberar al cambiar de un estado físico a otro.

Con la introducción de la teoría atómica en la Ciencia, que venía a recuperar las antiguas teorías griegas y que marcó un nuevo auge en su desarrollo, se comienza a sospechar que la teoría del calórico no era más que una teoría especulativa, puesto que el calórico no podía existir de forma aislada ni provocaba cambios de peso en los cuerpos cuando se transfería, es decir, no había ninguna evidencia directa del mismo. El golpe definitivo lo dio B. Thompson, conde de Rumford, a finales del siglo XVIII cuando emprendió una serie de experiencias encaminadas a vislumbrar la naturaleza del calor. En el arsenal militar de Munich pudo comprobar cómo el calor se podía producir de forma ilimitada, y sin que mediase reacción química alguna, sin más que por la fricción que provocaba el barrenamiento del metal para fabricar los cañones. Colocó

un gran bloque de bronce sumergido en agua y se dispuso a horadar con el fin de poder detectar la emisión de calor. Después de media hora de barrenamiento, la temperatura del agua había subido unos  $40^{\circ}\text{C}$  y, al cabo de dos horas, el agua comenzó a hervir. Midió la cantidad de virutas desprendidas y se preguntó, ¿cómo es posible que tan pequeña cantidad de bronce provoque tan grandes emisiones de calor, por mucho que se modificase el calor específico del bronce? Y a su vez también se observaba que la masa del bloque antes y después del barrenamiento, contando las virutas desprendidas, no cambiaba. Llevado por la evidencia de los resultados experimentales, el propio Thompson escribía en 1799:

"Creo que puedo sacar la conclusión, con toda seguridad, de que todos los intentos para descubrir cualquier efecto del calor en el peso aparente de los cuerpos serán inútiles. ¿Qué es el calor entonces? No puede ser una sustancia material. Me parece difícil, sino absolutamente imposible imaginarme que el calor sea otra cosa que lo que en este experimento se pone de manifiesto, a saber, movimiento".

Las tesis del conde Rumford tuvieron un reconocimiento inmediato en el químico H. Davy pues en ese mismo año pudo mostrar cómo dos trozos de hielo a  $-2^{\circ}\text{C}$  se podían fundir simplemente cuando éstos se frotaban. Con el desarrollo de la teoría cinético-molecular de la materia, desde comienzos del siglo XIX, se cambiaron los anteriores planteamientos sobre la naturaleza del calor para encuadrarlos finalmente con los propuestos por Thompson y esta nueva teoría vino a sustituir definitivamente a la teoría del calórico. Faltaba ahora cuantificar con cierta exactitud la relación existente entre el calor y el trabajo, y viceversa. Se llevaron a cabo por diferentes investigadores muchos intentos, y de diferentes maneras, para lograr establecer la equivalencia que aparecía experimentalmente. Pero fue J.P. Joule quien determinó en 1840 el equivalente mecánico del calor, que ponía definitivamente de manifiesto la confirmación de su relación con el movimiento que propuso Thompson. Joule utilizó para este fin calorímetros en donde se encontraban aspas que giraban por la acción de pesas suspendidas mediante poleas, lo que provocaba el aumento de temperatura de la masa de agua. Pudo comprobar que el efecto calorífico no sólo se generaba por procedimientos mecánicos sino que también aparecía con el paso de la electricidad por conductores, lo que llevó a pensar que todos estos fenómenos estuviesen relacionados entre sí mediante alguna magnitud en común y que se pondría de manifiesto de varias formas y en diferentes situaciones:



elasticidad, gravedad, calor, movimiento, etc. La búsqueda del denominador común que conllevaba tales argumentos llevó a profundizar en el estudio de lo que conocemos hoy como energía.

El primero que desarrolló tales ideas fue el médico alemán J.R. Mayer en 1842 quien logró enlazar los fenómenos caloríficos con los mecánicos, igual que lo hizo Lavoisier con el calor de la combustión y el calor animal, pero en este caso sin echar mano del calórico. Observó en un viaje por los trópicos cómo la sangre venosa de sus pacientes, cuando les hacía una sangría, era más roja que en las zonas de procedencia continental. Ésto le llevó a pensar que la razón estaba en que la sangre transportaba más oxígeno que en las zonas más frías, puesto que el cuerpo, para mantener su temperatura, no necesitaba en estos lugares una combustión interna de sus nutrientes tan intensa. Esta observación accidental marcó la pauta de sus posteriores trabajos y le llevó a confirmar que tanto el calor como el trabajo eran dos aspectos diferentes de una misma realidad física y que, a su vez, eran transformables el uno en el otro y viceversa. Mayer distinguía cinco "tipos" de energía, aunque él la denominara como "fuerza": de situación, de movimiento, calor, electromagnética y química. Los diferentes tipos de la energía sufren entonces perpetuas metamorfosis y sólo su cantidad permanece constante a través de todos los



cambios. Y, a diferencia de Carnot que dos décadas antes sentaba sus estudios bajo los auspicios del calórico, establecía por primera vez las bases del principio de conservación que hoy conocemos como de la energía, aunque él la denominara, como hemos dicho, como "fuerza", afirmando con sus propias palabras lo siguiente:

"En realidad no hay sino una sola y única fuerza. En cambios eternos circula a través de la naturaleza muerta y viviente. Ningún proceso es concebible sin cambios de sus formas".

Si bien Mayer estableció este principio de conservación universal, él no lo expresó de una forma matemática. Fue también el médico alemán A. Helmholtz quien formuló de una forma precisa el principio de conservación de la energía, aunque él siguiera también llamándole "fuerza", y dedujo diferentes leyes matemáticas cuando es aplicado en los distintos campos de la Física. Desarrolló además el principio de la mínima acción que anteriormente formuló Hamilton y lo aplicó en muy diferentes situaciones. El término energía se debe al inglés W.J.M. Rankine quien en la década de los sesenta del siglo XIX lo utilizó por primera vez. Como hemos podido ver, sus antecesores no lo expresaban como tal, pero el término moderno de energía subyacía conceptualmente en la conservación de la "fuerza" de que se hablaba.

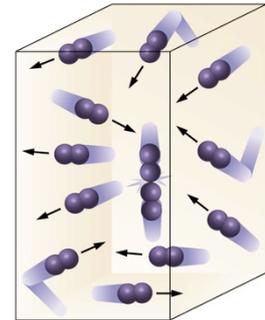
Por esta época ya quedaron sentadas las bases para el desarrollo de la Termodinámica, pues el Primer Principio de la Termodinámica no es más que la reformulación del principio de conservación de la energía. El Segundo Principio de la Termodinámica, en una de sus formulaciones, fue enunciado por primera vez por S. Carnot en 1824, antes incluso que el Primer Principio. Carnot estableció la necesidad de dos focos caloríficos para la obtención de trabajo en una máquina térmica, tomando la analogía de lo que sucede con los motores hidráulicos cuando se obtiene trabajo al caer el agua desde el nivel superior al inferior. Inicialmente el enunciado de Carnot del Segundo Principio no obtuvo toda la importancia que marcaba su formulación hasta que R. Clausius y W. Thomson, conocido como Lord Kelvin, desarrollaron a mitad del XIX las consecuencias que de él se derivaban. Clausius se dio cuenta de la importancia de la diferencia de calor entre los focos caloríficos para obtener trabajo en una máquina térmica y definió la entropía. Lord Kelvin analizó y amplió los estudios sobre la entropía de un sistema y la relacionó con el concepto de degradación de la energía. Ambos físicos se adhirieron en sus formulaciones y planteamientos y simplificaron de una forma tan sencilla los dos Principios de la Termodinámica:

- I. La energía del universo es constante.
- II. La entropía del universo tiende hacia el máximo.

Los estudios termodinámicos tuvieron una inmediata aplicación en la Química de finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX. Y en 1906, W. Nernst, por consideraciones teóricas derivadas de los intentos experimentales para conseguir licuar diferentes gases, enunciaba la inalcanzabilidad del cero absoluto, lo que suponía la formulación del Tercer Principio de la Termodinámica. Él establecía mediante el teorema que lleva su nombre que tan imposible es alcanzar el cero absoluto como conseguir que una máquina realice el movimiento perpetuo, de acuerdo con los dos primeros Principios.

Hasta ahora quedaba sólo por explicar lo que suponían conceptualmente muchas de las magnitudes físicas de las que hemos venido hablando. A estos propósitos contribuyeron el desarrollo de la teoría cinético-molecular, ya desde comienzos del siglo XIX, y de la Mecánica Estadística, desde finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX. La Mecánica Estadística surge entonces como la aplicación de los estudios termodinámicos a los sistemas bajo el punto de vista microscópico. El movimiento browniano, denominado así en honor a R. Brown, ponía de manifiesto la existencia real de las partículas en continuo movimiento como constituyentes de la

materia, cuya interpretación exacta y rigurosa la dio A. Einstein en 1905. L. Boltzmann dio a la entropía un significado racional del porqué todos los sistemas tienden a un máximo de entropía, cosa que no fueron capaces de hacer Clausius y Kelvin, relacionando ésta con la probabilidad del estado en el que se encuentre el sistema. De manera que el sistema pasa a un estado de máxima entropía al pasar de un estado menos probable a otro más probable. J.C. Maxwell, a parte de los estudios sobre electromagnetismo, también contribuyó de forma firme al desarrollo de la Mecánica Estadística con sus trabajos teóricos sobre el movimiento molecular y la distribución de sus velocidades en sistemas gaseosos. Completan estos estudios los trabajos no menos importantes de los físicos J.W. Gibbs, J.D. Van der Waals, J. Stefan, W. Wien y M. Planck, entre otros.



## IMPLICACIONES DIDÁCTICAS DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA

A continuación se expone, de una forma muy resumida pero no por ello poco interesante, las implicaciones que para el desarrollo del currículo puede tener el conocimiento de la trayectoria histórica acontecida en una determinada temática, pues como se puede ver son variadas e interesantes sus implicaciones educativas.

- Se profundiza en el conocimiento científico: génesis  $\Rightarrow$  evolución  $\Rightarrow$  estado actual.
- Resulta ser, comprobadamente, motivadora para el alumno.
- Permite la transmisión y exposición en clase de: biografías, relatos, anécdotas (“falsas”: Caída y Torre de Pisa con Galileo, las manzanas de Newton y “verdaderas”: la corona del Rey Hierón, la electricidad y las ranas de Galvani), etc.
- Se pueden reproducir experiencias que marcaron un cierto “hito histórico”, con un altísimo interés educativo para el alumno pues se trabaja: fuentes históricas, profundización del contenido, contexto histórico, dificultades acontecidas en su momento, diseño de la experiencia, previsión y resolución de problemas reales, interdisciplinaridad, etc. (Eratóstenes, Galileo, Galvani,...).
- Búsqueda de un cierto paralelismo entre las concepciones de los alumnos y la evolución histórica del conocimiento científico. (Movimiento - T. ímpetu, Caída - M. aristotélico, Calor - Calórico,...). ¿Implicaciones educativas? ¿Cómo se pueden explicar?



### III. Análisis del contenido.

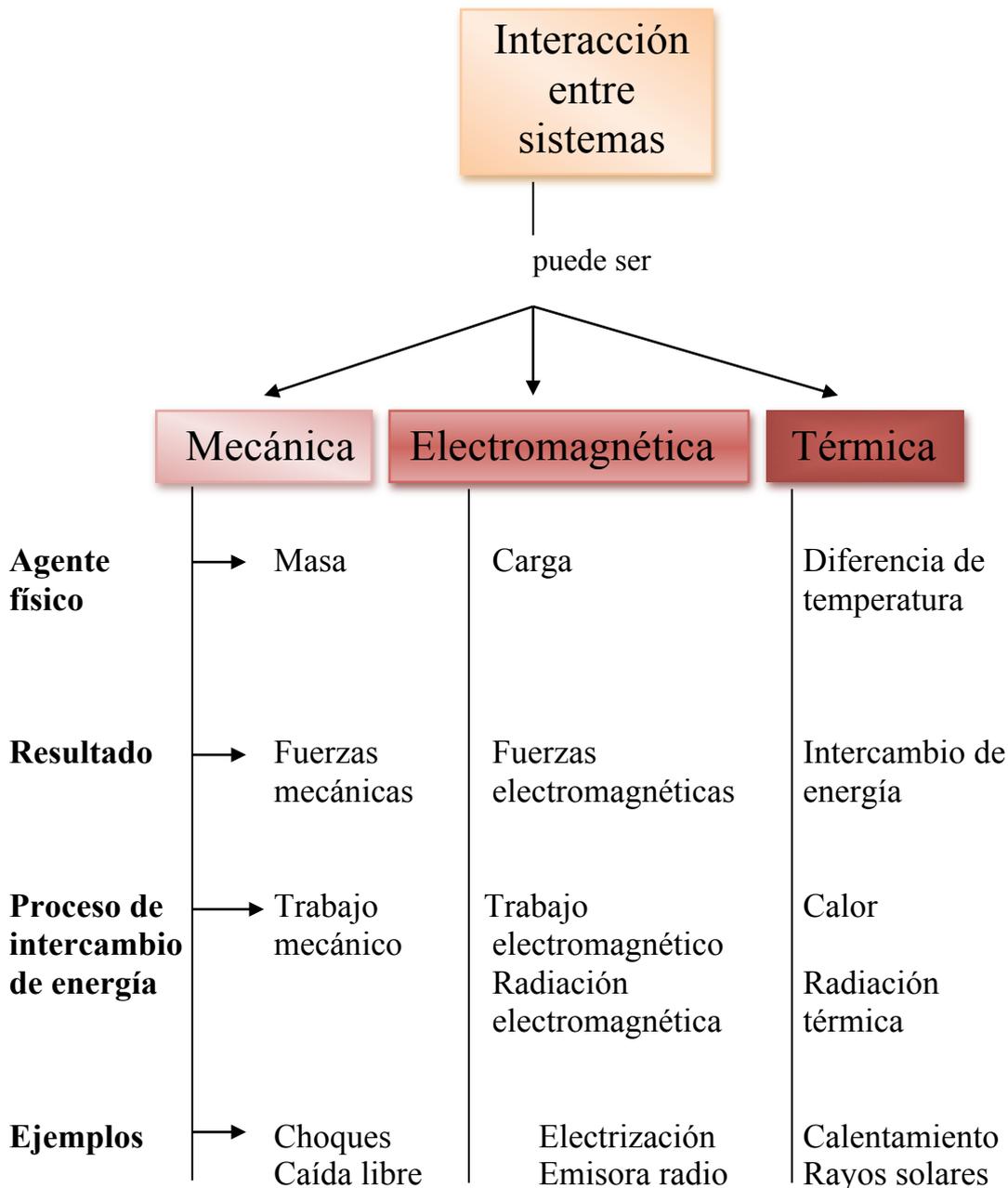
En este apartado analizaremos y revisaremos la trama conceptual, en su más amplio sentido, que aparece sobre la fenomenología relacionada con la energía en la interacción térmica. Dedicaremos dos apartados a este análisis. En el primero analizaremos y revisaremos la problemática conceptual que aparece en este tópico del currículo que, como muchos autores establecen, quizá sea uno de los más difíciles de tratar en la enseñanza dada la dificultad que entraña la conceptualización de los términos que subyacen en esta fenomenología. En el segundo, tras haber analizado el contenido en sus diferentes dimensiones, las secuencias de enseñanza que se han propuesto se ubicarán en los diferentes niveles educativos con el fin de que se ajusten lo mejor posible a las demandas cognitivas de los alumnos.

#### III.1 Estructuración y secuenciación.

Comenzaremos introduciendo el concepto de interacción térmica dentro del marco general de las interacciones que puedan sufrir los sistemas y analizaremos el contenido bajo las dimensiones curriculares de conceptos, principios, procesos y procedimientos. El contenido así analizado se estructurará y secuenciará posteriormente con el fin de que sirva de ayuda y guía al profesor a la hora de ubicarlo en los diferentes niveles de desarrollo curricular.

# INTERACCIÓN TÉRMICA

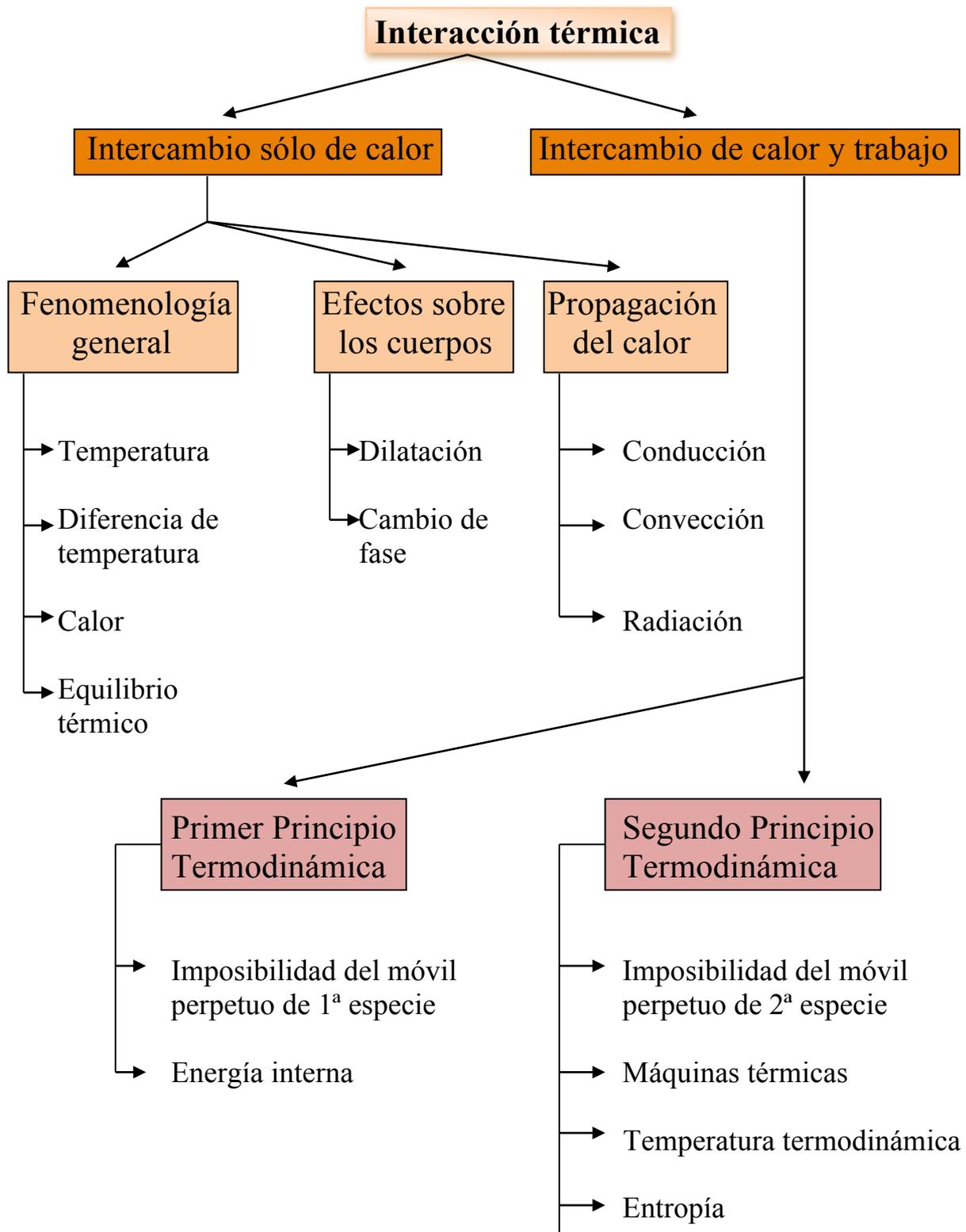
Concepto: Dos sistemas, o un sistema y el medio, sufren una **interacción térmica** cuando intercambian energía como consecuencia de su diferencia de temperatura.



O de otra forma: La **Interacción Térmica** entre sistemas es aquella interacción que tiene lugar mediante procesos distintos a los mecánicos y a los electromagnéticos



## ORGANIGRAMA GENERAL



VARIABLES TERMODINÁMICAS	CONCEPTOS	PRINCIPIOS	PROCESOS	PROCEDIMIENTOS
*Extensivas (U, V)  *Intensivas (T, P)	*Calor *Calor específico *Capacidad calorífica *Energía *Energía interna *Entropía *Pared adiabática *Pared diatérmana *Temperatura	*P. conservación de la energía *P. cero de la Termodinámica *Primer P. de la Termodinámica *Segundo P. de la Termodinámica *Tercer P. de la Termodinámica	*Cambio de fase *Calentamiento *Conducción térmica *Convección térmica *Dilatación térmica *Enfriamiento *Equilibrio térmico *Proceso reversible *Proceso irreversible *Proceso adiabático *Proceso isobárico *Proceso isocórico *Proceso isoentrópico *Proceso isotérmico *Radiación térmica	*Construcción de gráficos  *Medida de variables termodinámicas

**Variables:** Magnitudes físicas macroscópicas que describen internamente al sistema.

**Conceptos:** Categorías que cumplen unas determinadas condiciones de definición. Abstracciones de la realidad en base a criterios o juicios de semejanza.

**Principios:** Formulaciones verdaderamente demostradas que no necesitan ser demostradas.

**Procesos:** Transformaciones por las cuales los sistemas pasan de un estado a otro.

**Procedimientos:** Acciones que se realizan para la consecución o ejecución de algo.

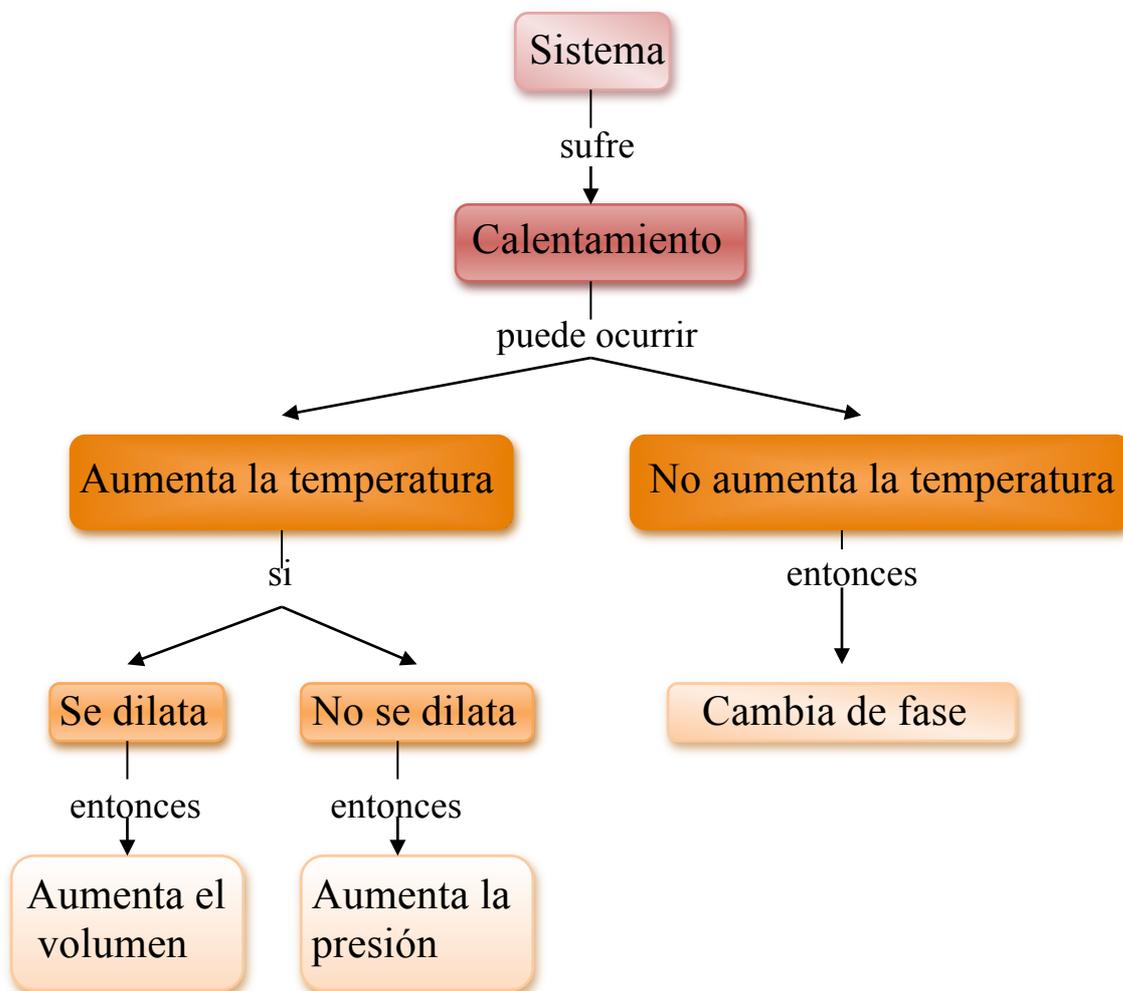


VARIABLES	CONCEPTOS	PRINCIPIOS	PROCESOS
Extensivas: Energía interna	Calor Cuerpo caliente	Cero de la termodinámica	Calentamiento Enfriamiento
Intensivas: Temperatura	Cuerpo frío Energía Temperatura	Conservación de la energía	Equilibrio térmico



## Secuencia 2: EFECTOS DEL CALOR Y DE LA TEMPERATURA

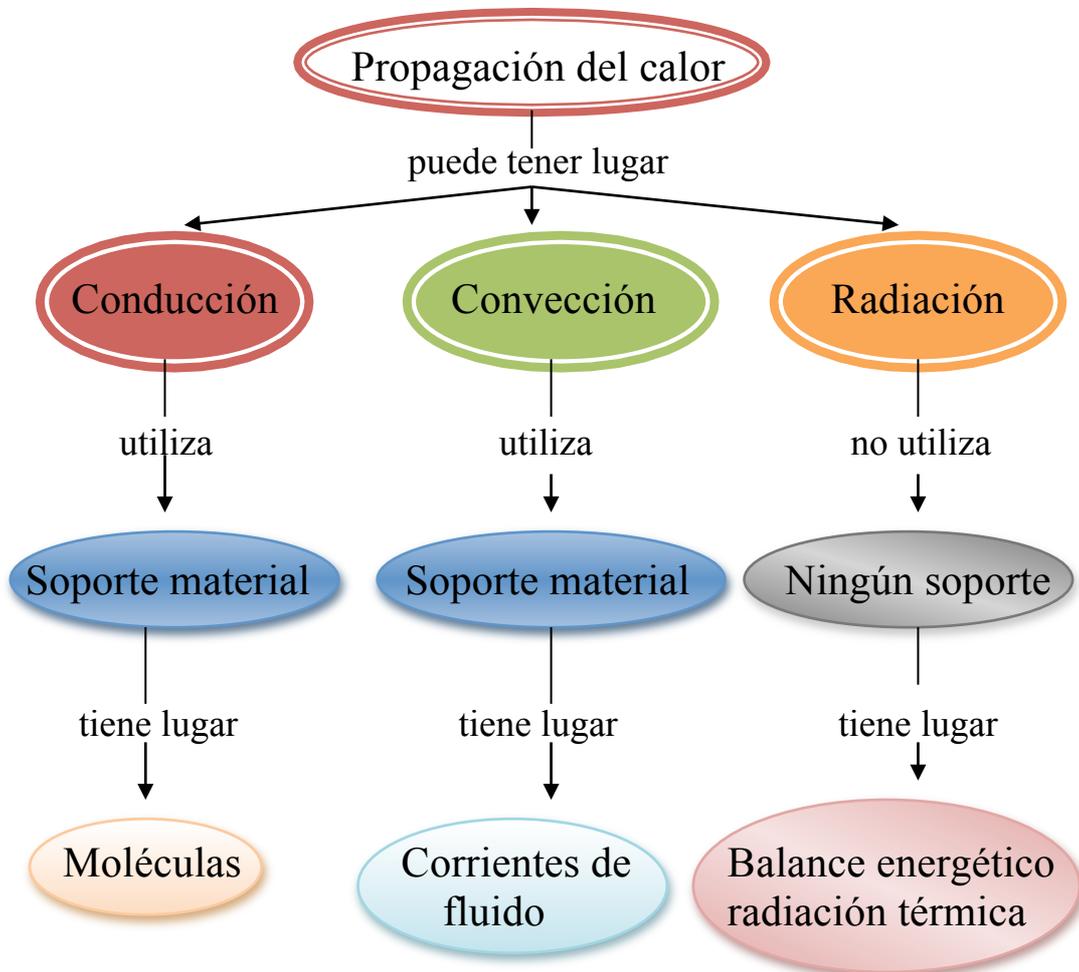
(Intercambio sólo de calor)



VARIABLES	CONCEPTOS	PRINCIPIOS	PROCESOS
Extensivas: Energía interna Volumen	Calor  Calor específico	Conservación de la energía	Cambio de fase  Calentamiento
Intensivas: Temperatura Presión	Calor latente del cambio de fase  Temperatura	Cero de la termodinámica	Dilatación térmica

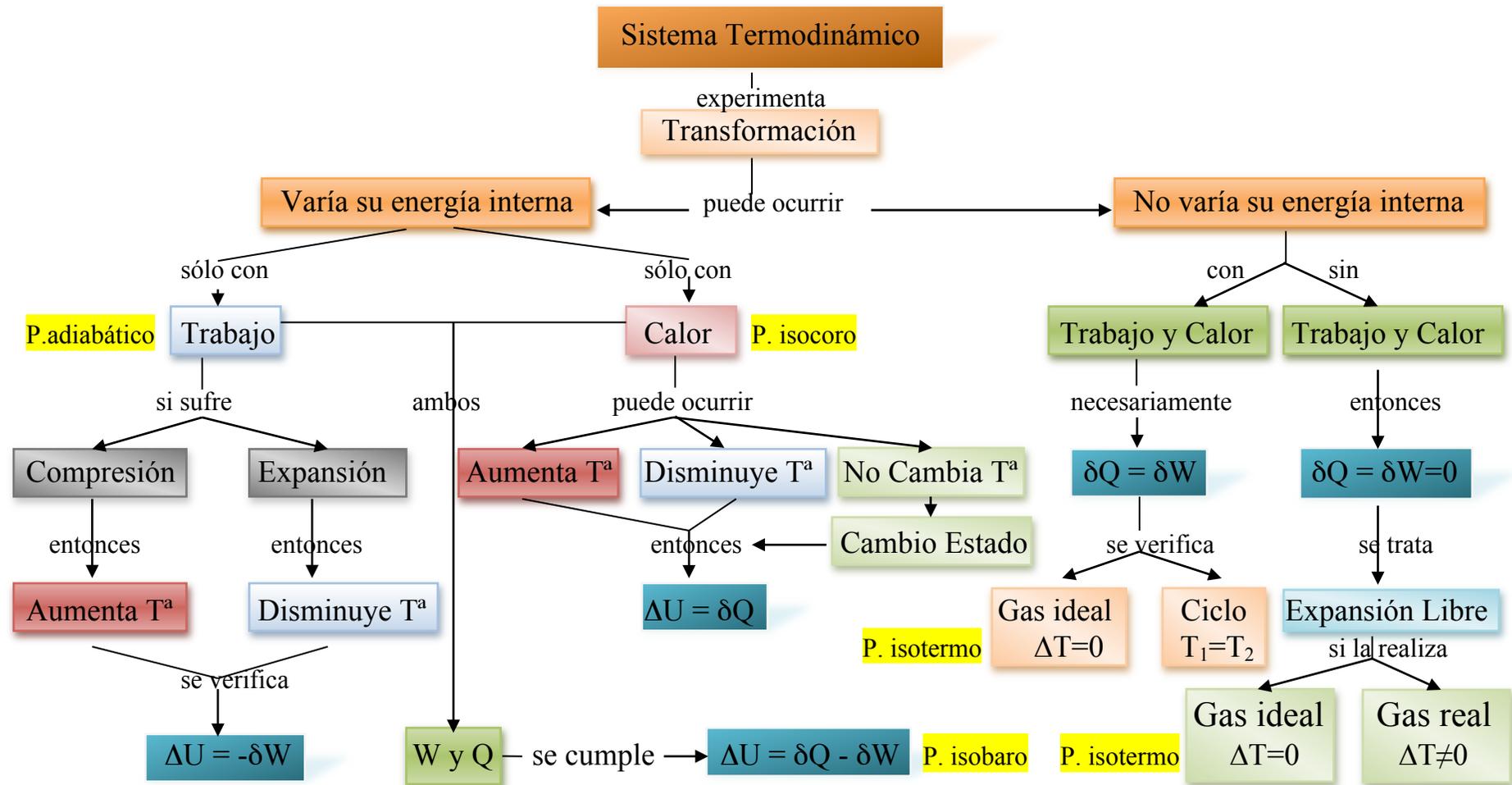
## Secuencia 3: PROPAGACIÓN DEL CALOR

(Intercambio sólo de calor)

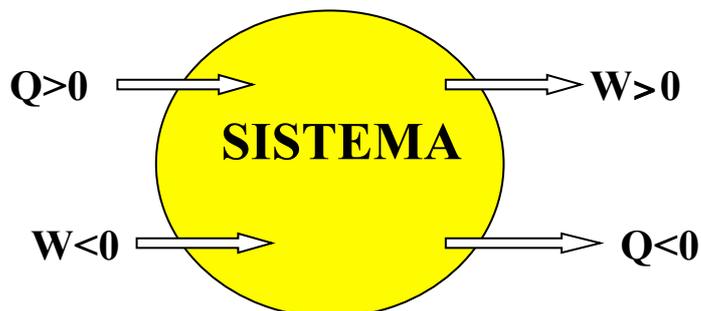


VARIABLES	CONCEPTOS	PRINCIPIOS	PROCESOS
Extensivas: Energía interna	Calor Cuerpo caliente	Conservación de la energía	Calentamiento Conducción térmica
Intensivas: Temperatura	Cuerpo frío Energía interna		Convección térmica
	Temperatura		Radiación térmica

## Secuencia 4: Relaciones entre calor y trabajo I: Primer Principio



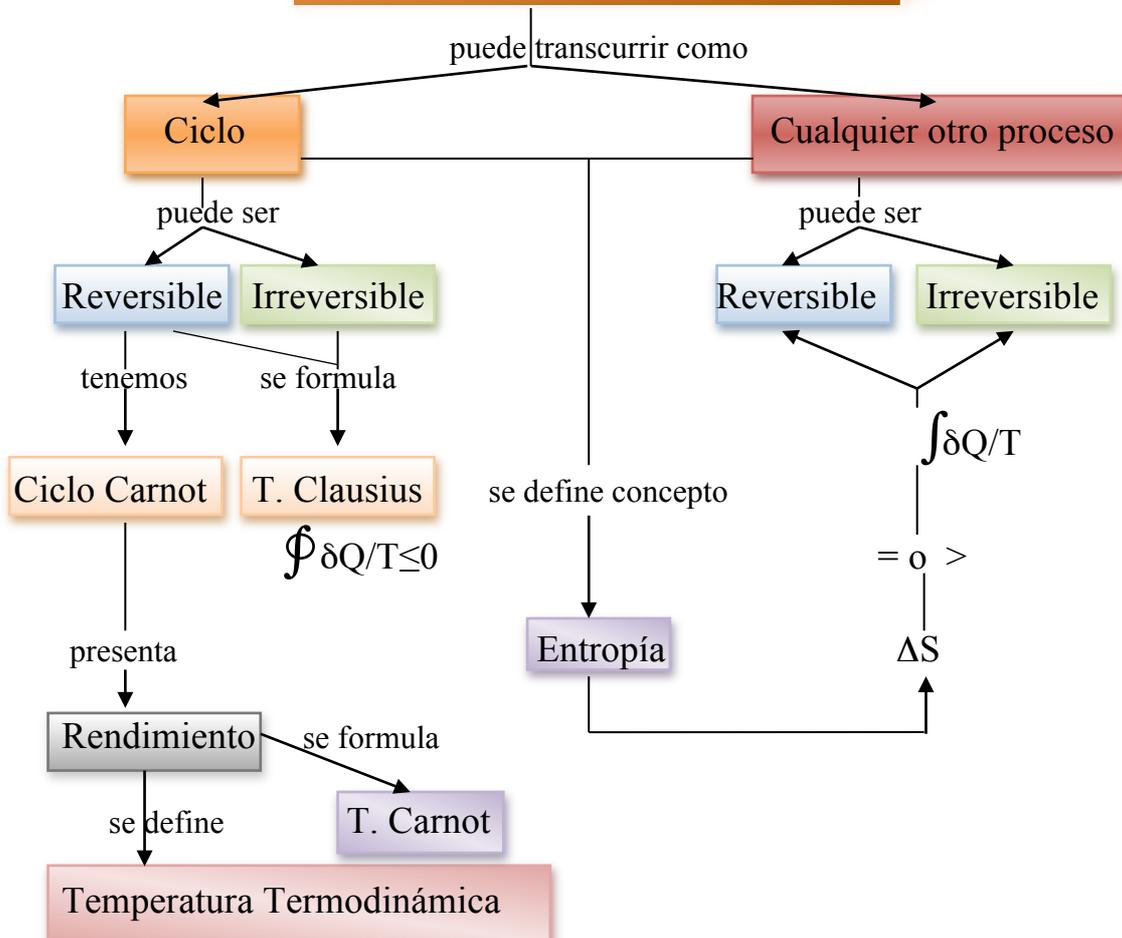
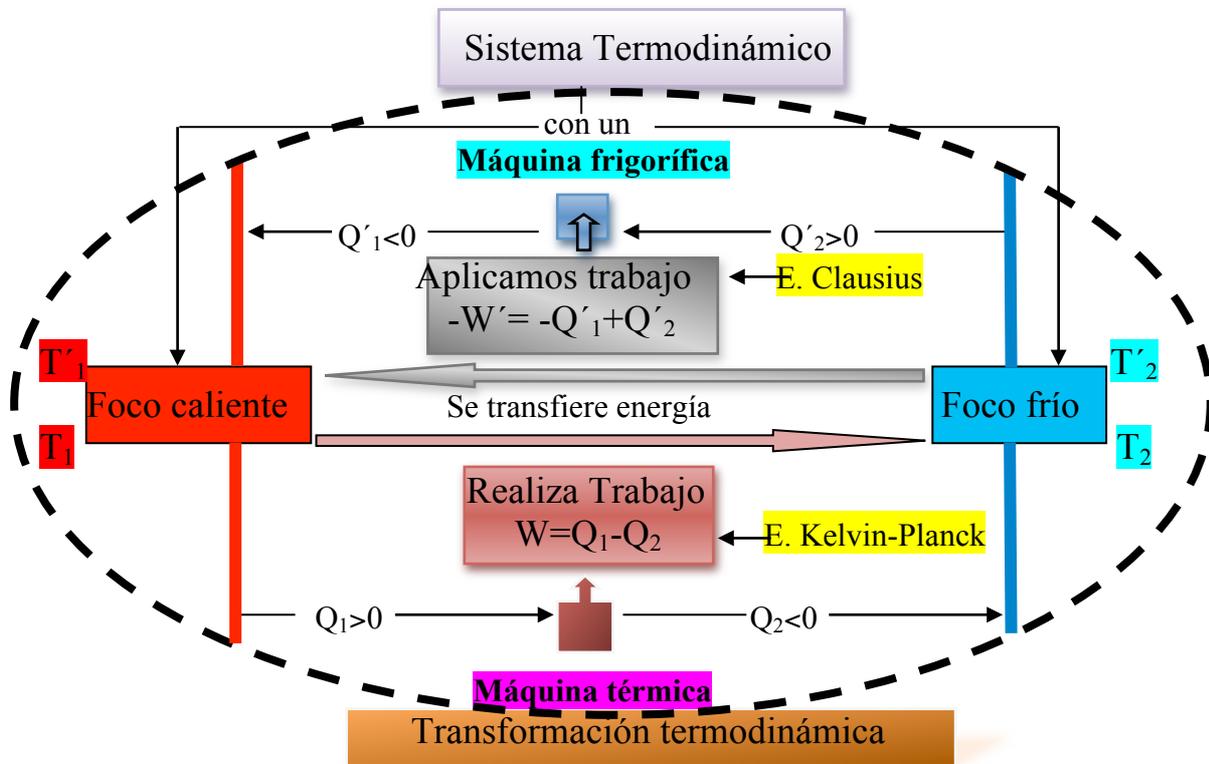
## Criterio de signos



VARIABLES	CONCEPTOS	PRINCIPIOS	PROCESOS
Extensivas: Energía interna Volumen	Calor	Primer principio	Adiabático
	Compresión		Calor
Intensivas: Temperatura Presión	Energía	Conservación de la energía	Isobárico
	Expansión		Isocórico
	Pared adiabática y diatérmica		Isotermo
	Temperatura		Trabajo
	Trabajo		



## Secuencia 5: Relaciones entre calor y trabajo II: Segundo Principio



VARIABLES	CONCEPTOS	PRINCIPIOS	PROCESOS
Extensivas: Energía interna Entropía Volumen	Calor	Conservación de la energía	Adiabático
	Energía		Abierto
Intensivas: Temperatura Presión	Foco caliente y foco frío	Segundo Principio	Calor
	Máquina termodinámica		Cerrado
	Rendimiento		Ciclo de Carnot
	Temperatura termodinámica		Isotermo
	Trabajo		Irreversible
			Reversible
			Trabajo



### III.2 Ubicación curricular en la E.S.O. y Bachillerato.

Con el análisis y estructuración del contenido que se acaba de hacer, el profesor tiene una referencia muy útil a la hora de preparar la actuación didáctica pues, a partir del mismo, se obtienen unas secuencias del contenido que pueden utilizarse como propuestas de enseñanza. Además, tales secuencias constituyen también una referencia de primera mano a la hora de preparar el diagnóstico conceptual de los alumnos de acuerdo con los conceptos, procesos, principios y procedimientos que subyacen en las mismas.

La siguiente función del profesor habrá de ser la de ubicar las secuencias en el nivel curricular objeto de la instrucción. En el apartado (I) se analizó el diseño curricular correspondiente a cada Etapa Educativa y es ahora cuando trataremos de ubicar el contenido así estructurado y secuenciado en las etapas y niveles correspondientes. Si bien nuestro centro de atención son las etapas educativas de E.S.O. y Bachillerato, no está de más mostrar cómo quedaría ubicado nuestro contenido de la “Energía en la Interacción Térmica” desde el comienzo del sistema educativo pues, como ahora vamos a ver algunos conceptos involucrados deben atacarse, al menos desde una perspectiva sensorial desde la primera etapa educativa de Educación Infantil.

## UBICACION DE LAS SECUENCIAS DE ENSEÑANZA PROPUESTAS

### **Etapa Educativa: EDUCACIÓN INFANTIL**

2º Ciclo: 3-6 años.

#### **Secuencia 1: Calor y temperatura (fenomenología general)**

(Introducción observacional)  
(Introducción perceptiva sensorial)

### **Etapa educativa: EDUCACIÓN PRIMARIA**

1º Ciclo: 6-8 años

#### **Secuencia 1. Calor y temperatura (fenomenología general)**

(Introducción observacional)

2º Ciclo: 8-10 años

#### **Secuencia 1. Calor y temperatura (fenomenología general)**

(Tratamiento cuantitativo)

3º Ciclo: 10-12 años

#### **Secuencia 2. Efectos del calor y la temperatura**

(Introducción observacional)

**Etapas educativas: EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA**

1º Ciclo: 12-14 años

**Secuencia 2. Efectos del calor y la temperatura**

(Tratamiento cuantitativo)

**Secuencia 3. Propagación del calor**

(Introducción observacional)

2º Ciclo: 14-16 años

**Secuencia 3. Propagación del calor**

(Modelos explicativos)

**Etapas educativas: BACHILLERATO**

Curso 1º (15-16 años)

**Secuencia 4. Relaciones entre calor y trabajo I (Primer Principio)**

(Introducción cuantitativa)

**Secuencia 5. Relaciones entre calor y trabajo II (Segundo Principio)**

(Introducción elemental)



## IV. Análisis y revisión conceptual.

### IV.1 Revisión conceptual.

Antes de realizar tal revisión conviene mencionar, tal y como expresan A. Brook y colaboradores (1984), que existen fundamentalmente tres campos diferentes de utilización de los términos asociados con el calor y sus derivaciones:

- 1) Metafórico: Cuando se utilizan frases idiomáticas como "hace calor", "entrar en calor", "en el calor de la discusión", "mente fría", "situación caliente", etc.
- 2) Con criterio científico pero de forma incorrecta: Cuando utilizamos estos términos incorrectamente para expresar procesos físicos reales: "el calor de un cuerpo", "energía térmica del agua caliente", "el calor se escapa por la ventana", "mantener el calor del sistema", etc.
- 3) Con criterio científico correcto que ahora trataremos de revisar.

A continuación pasaremos a revisar algunas de las diferentes definiciones que se han venido proponiendo por algunos autores sobre la fenomenología que nos ocupa, examinando en cada caso los conceptos fundamentales de toda interacción térmica como son el calor, la temperatura y la energía.

### Calor

**M.W. Zemansky (1970).** Analiza el uso y el mal uso que al término calor se le da en la enseñanza, así como también al concepto de energía interna que aparece en la Primera Ley de la Termodinámica. Establece que tanto el calor como el trabajo son dos métodos por los cuales se transfiere energía. De manera que cuando tal flujo de energía cesa, ambos términos dejan de tener significado o utilidad. Así, mediante el calor o el trabajo (como transferencias de energía) el sistema puede aumentar, disminuir o permanecer constante su energía interna y finalmente,

una vez que tal transferencia ha concluido, sólo podremos hablar de la energía interna del sistema. Analiza los malos usos más frecuentes que se les da a estos términos en los libros de Física y de Química, pudiéndose encuadrar en tres grandes tipos: 1) Mencionar "calor en un cuerpo". 2) Utilizar "heat" como verbo en vez de sólo como sustantivo para evitar la conceptualización de incorporar calor cuando se calienta un sistema (to heat a system). 3) Utilizar el concepto indefinido de "energía térmica" para referirnos como combinación de calor o de energía interna.

**J.W. Warren (1972) y (1976).** En el primero Warren analiza el significado del término calor como aquella energía transferida sólo por medio de una diferencia de temperatura. Tanto el calor como el trabajo son procesos que permiten tales transferencias de energía puesto que sus valores dependen no sólo de los estados inicial y final sino del camino seguido. De ahí que sea incorrecto hablar del calor o del trabajo que posea un cuerpo. El calor se puede propagar o transferir mediante conducción, convección y radiación, aunque la radiación sugiere algunas controversias cuando por ejemplo, se emiten o absorben ondas de radio en antenas mediante procesos de trabajo. Se asume que todos los cuerpos y sistemas poseen una determinada cantidad de energía interna, que viene representada mediante una función de estado cuando se formula la Primera Ley de la Termodinámica, y que vendría determinada por su masa, composición, temperatura y presión (y en ciertos casos por los campos eléctricos y magnéticos). En la experiencia de Joule para determinar el equivalente mecánico del calor no se transfería calor al agua sino energía mediante trabajo. Es decir, tanto el calor como el trabajo pueden producir los mismos efectos de aumento de temperatura sobre un sistema pero mediante procesos totalmente diferentes.

En el segundo trabajo analiza el origen de las frecuentes confusiones del calor como algo que poseen los cuerpos debido al tratamiento histórico que se ha dado a la enseñanza de la Termodinámica, muy influenciado por la teoría del calórico. El calor entra y sale de los cuerpos a modo de fluido y, además, seguimos manteniendo todavía conceptos históricos que ahondan en tal conceptualización como es la capacidad calorífica de un cuerpo.

**R. Shaw (1974).** En su artículo "¿Cómo enseñar el calor en la escuela?" estudia la problemática de la enseñanza del calor. Comienza hablando de la confusión existente en el uso de la palabra calor que se utiliza para designar con el mismo término dos cosas diferentes: energía e interacción (proceso). Desde su punto de vista no habría ninguna razón especial para denominar calor a aquella energía que se transfiere cuando se da una determinada interacción, puesto que de energía se trata. Ahora bien, sí nos puede interesar distinguir que tal transferencia puede darse de diferente forma como ocurre cuando comprimimos un gas o cuando se ponen en contacto dos cuerpos a diferente temperatura. Es aquí donde se distinguen tales términos de transferencia mediante trabajo o mediante calor, aunque puedan dar como resultado neto la misma cantidad de energía intercambiada en cada proceso. Shaw propone que no debería enseñarse la palabra calor en la escuela dadas las dificultades que ésta conlleva y utilizar diferentes alternativas en los términos y procesos en los que éste aparece. Así, hablar de calor como energía que se transmite y distinguirla, cuando sea necesario, del trabajo de una forma simple y concisa, no hablar de calentar el agua sino de aumentar su temperatura, etc.

**M.K. Summers (1983).** Establece que el calor es sin lugar a dudas el tópico de mayor dificultad conceptual que existe en el currículo de enseñanza secundaria. Buena prueba de ello lo pone de manifiesto las muy diversas y variadas definiciones y conceptualizaciones que dan los autores de los libros de texto y los mismos profesores en estos niveles, que resultan en muchos casos confusas y erróneas. Sugiere que la confusión que se tiene del término calor como "algo" que poseen los cuerpos, e identificado también muchas veces con la energía interna, se debe a la



utilización de éste como sustantivo (heat en inglés). Propone entonces hablar sólo del proceso de calentamiento (heating) y no del nombre de calor. Para él el calentamiento (heating) es el nombre que se le da al proceso por el cual la energía interna se transfiere como consecuencia de una diferencia de temperatura. En este proceso no hay un calor (heat) transferido sino energía interna transferida y que lo podría inspirar el propio término calor utilizado como sustantivo. En esta línea también, el calor (heat) no es aquéllo que hace ponerse las cosas más calientes. De forma análoga habla de tratar working para evitar la idea de trabajo almacenado o poseído. Analiza finalmente diferentes procesos en los que se intercambia energía con aumento de temperatura en los que no intervienen ningún proceso de calentamiento.

**J.M. Domínguez y A. de Pro (1998).** Tanto el calor como el trabajo no son funciones de estado, por lo que no tiene sentido hablar de cuánto calor tiene un cuerpo. A menudo se les identifica con formas de energía y esto puede inducir a identificarlos como funciones de estado. Tanto uno como otro está definido en términos de procesos de manera que, antes o después del proceso, el calor y el trabajo no existen. Asumen el análisis que hace I.N. Levine (1995) en su libro de Fisicoquímica, en el que se dice literalmente que "el calor es una transferencia de energía entre el sistema y el entorno, debido a una diferencia de temperatura. Calor y trabajo son formas de transferencia de la energía". La definición anterior conlleva: 1) El trabajo es una transferencia de energía debida a la acción de fuerzas desde el punto de vista macroscópico. 2) El calor es una transferencia de energía debida a la acción de fuerzas a nivel molecular (cuando dos cuerpos a diferente temperatura se ponen en contacto, las colisiones entre sus moléculas provocan una transferencia de energía del cuerpo de mayor temperatura al de menor, el calor sería entonces trabajo desde el punto de vista molecular. 3) El calor y el trabajo son medidas de transferencia de energía y los dos tienen las mismas unidades que la energía.

**E. Alomá y M. Malaver (2007).** Analizan las definiciones que aparecen en los textos de Termodinámica que se utilizan en Ingeniería sobre calor, trabajo, energía y el Teorema de Carnot. Tras una revisión previa de los trabajos que han analizado esta problemática conceptual, comparan las definiciones propuestas en tales textos universitarios con las que proponen diferentes autores de referencia para ellos como son Levine (1996) o Michel y D'Alexandro Martínez (1994), entre otros. Destacan que en sólo un texto de los ocho revisados se propone una definición de energía (capacidad para realizar trabajo) frente al resto que no aparece definida. La mayoría de los textos establecen el calor como una transferencia de energía que muchas veces se confunde como una forma de energía en la mayoría de los casos. Los autores aceptan como calor la transferencia de energía y no como término de energía pues serían equivalentes y podría conllevar la concepción de que el calor se encuentra dentro de los cuerpos o sistemas. Algunas veces aparecen contradicciones en los textos pues, si bien se dice que el calor no se encuentra dentro de un sistema, se menciona que el calor se transfiere de un cuerpo a otro. Otros textos hablan de calor cedido, calor latente, calor residual, calor suministrado, etc. que estarían invitando al lector a pensar en términos del calórico. Finalmente, los autores mencionan que se puede establecer una definición del calor como una transferencia de energía entre dos sistemas; el calentamiento se presenta cuando hay adición de energía y el enfriamiento cuando existe una disminución de energía

## Temperatura

**R.M. Helsdon (1972) y (1982).** En ambos artículos analiza el significado de la Ley Cero de la Termodinámica, que no por ser tan evidente debe suponerse como obvia o de escasa importancia. Dice que en sus largos años de enseñanza de la Termodinámica muy pocos libros presentan el concepto de temperatura de una forma simple, lógica y objetiva. Propone seis pasos o etapas mediante las cuales a los alumnos se les aproxima el concepto de temperatura a través

de los conceptos de equilibrio térmico, igualdad y diferencia de temperatura, la Ley Cero y la medida de temperatura (mediante un termómetro de gas a volumen constante).

**M.K. Summers (1983).** Summers trata también el concepto de temperatura en el ya mencionado artículo que es de sumo interés para clarificarnos estos conceptos termodinámicos. Menciona que no es exactamente correcto decir que la temperatura de un cuerpo sea proporcional a la energía cinética de sus moléculas. Sí es del todo cierto que la temperatura de un gas ideal es proporcional a la energía cinética media de sus moléculas ( $\langle e_c \rangle = 3/2 K T$ ), lo que no se puede decir lo mismo para gases y sustancias reales. En general, sí ocurre que para un determinado sistema o cuerpo un incremento de su energía interna (suma de cinética y potenciales) conlleva un incremento de temperatura siempre y cuando no cambie de estado. Por el contrario, podemos encontrarnos que dos sustancias o cuerpos diferentes pueden poseer la misma energía cinética media por molécula y encontrarse a distinta temperatura. El error que muchas veces se observa es debido, según el autor, a extrapolar a las sustancias reales lo que le ocurre a los gases ideales y piensa, por ello, que la Teoría Cinética de gases no es el mejor vehículo para desarrollar los conceptos termodinámicos.

**J.M. Domínguez y A. de Pro (1998).** En este trabajo sobre diagnóstico conceptual los autores también analizan el concepto de temperatura y establecen. "En cuanto al concepto de temperatura diremos que es una magnitud intensiva, relacionada directamente con la energía cinética molecular media de las partículas y, en consecuencia, con la agitación de las mismas".

## Energía

Hemos visto cómo los conceptos de calor y temperatura aparecen ligados entre sí y cómo a su vez aparece el concepto de energía, bien en su concepción más general o en alguna de sus manifestaciones (cinética, potencial, interna). Veamos ahora la problemática conceptual que plantea el término energía que, desde el punto de vista histórico, ha venido desarrollándose desde dos perspectivas antagónicas.

### Punto de vista materialista

**S. Carnot (1824).** Sadi Carnot hablaba ya del flujo calórico como una interpretación material de la energía cuando se propagaba en una máquina térmica desde el foco caliente al foco frío para realizar trabajo, a modo de lo que le sucede al agua cuando cae desde una determinada altura.

**Coriolis (comienzos siglo XIX).** Coriolis fue otro de los defensores de la perspectiva materialista que tanto auge tuvo desde comienzos del siglo XIX. Manifestaba que la transmisión del trabajo en una máquina se realizaba a modo de un flujo de fluido, como si de un líquido se tratase, que se podía almacenar incluso hasta que otra vez se transmitiera cuando de nuevo funcionase la máquina.

**R. Duit (1987).** Escribe un interesante artículo sobre las dos perspectivas diferentes de la energía, analizando algunas posturas desde el punto de vista histórico. Defiende la perspectiva materialista de la energía puesto que no es contradictoria con el propio concepto físico y es compatible en el contexto clásico de la Física, pues da fructíferas analogías. En cambio, en la Física Cuántica y Relativista tal perspectiva no tiene cabida dadas las consideraciones epistemológicas que en ellas subyacen. Presenta igualmente un planteamiento no excluyente con



la perspectiva conceptualista, defendiendo sobre todo las tesis de Feynman que después veremos, aunque establece que la idea cuasimaterial de la energía proporciona a los alumnos más jóvenes un modelo más cercano para su comprensión.

## Perspectiva conceptualista

**G. Helm (1887).** Desde mediados del siglo XIX algunos científicos comenzaron a poner ciertas objeciones a considerar a la energía como una sustancia material. Tales ideas fueron desarrollándose paralelamente a la interpretación mecánica del calor frente a la ya antigua teoría del calórico. Helm fue uno de los primeros defensores de la teoría conceptualista estableciendo que la energía, a modo de las ideas platónicas sobre los conceptos y los objetos, estaría en un nivel superior de abstracción frente a las manifestaciones concretas de ésta que corresponderían con el mundo de los sentidos.

**M.W. Zemansky (1970).** El autor examina, como hemos dicho anteriormente, el uso y mal uso del término calor en la enseñanza de la Física. Establece que, paradójicamente, la primera Ley de la Termodinámica es más complicada de comprender que la segunda por el concepto de energía interna. Término éste que muchas veces es reemplazado por "energía térmica" o simplemente calor. Por otro lado el término energía es un término tan familiar que pensamos que sentimos su significado sin tener siquiera que definirlo. Establece que no hay una definición de energía en general. La energía interna se puede introducir cuando el alumno es capaz de comprender que un sistema pase de un estado inicial (i) a otro final (f) de muy diversas formas mediante transferencia de calor y trabajo. Entonces la diferencia  $Q-W$  es siempre la misma, independientemente de los procesos llevados a cabo, y dependerá de los valores que tome una función  $U$ , denominada energía interna. Igualmente, establece en la formulación de la Primera Ley que en realidad a la función energía interna se le debería llamar función de trabajo adiabático, puesto que es eso lo que representa. Menciona que muchas veces se habla de "energía térmica" como un concepto de lo más oscuro, misterioso y ambiguo que podamos imaginar para expresar dos cosas completamente diferentes, unas veces energía interna y otras calor. Con el término "energía térmica" se quiere expresar erróneamente muchas veces aquella energía puesta en juego en relación con cambios de temperatura.

**R.P. Feynman (1971).** Feynman escribe un interesante artículo sobre la conceptualización de la energía desde el punto de vista conceptualista. Utiliza una analogía muy sugerente sobre el niño "Daniel El travieso" en la que presenta sus planteamientos sobre la energía. Textualmente dice: *"... Hay un hecho, o si se prefiere, una ley que gobierna todos los fenómenos naturales conocidos hasta la fecha. No se conoce excepción a esta ley -es exacta hasta donde sabemos-. La ley se llama "conservación de la energía". Establece que hay cierta cantidad que llamamos energía que no cambia en los múltiples cambios que ocurren en la Naturaleza. Esta es una idea muy abstracta, porque es un principio matemático; significa que hay una cantidad numérica que no cambia cuando algo ocurre. No es la descripción de un mecanismo, o de algo concreto; ciertamente es un hecho raro que podamos calcular cierto número y que cuando terminemos de observar, que la Naturaleza haga sus trucos, y calculemos el número otra vez, éste será el mismo. (Algo así como el alfil en un cuadro negro, que después de cierto número de movimientos -cuyos detalles son desconocidos- queda en el mismo cuadro. Es una ley de esta naturaleza)".* Finaliza diciendo que *"... Es importante darse cuenta que en la Física actual no sabemos lo que es la energía. No tenemos un modelo de energía formado por pequeñas gotas de un tamaño definido. No es así. Sin embargo, hay fórmulas para calcular cierta cantidad numérica que cuando las juntamos todas nos da siempre el mismo número. Es abstracto en el sentido que no nos informa el mecanismo o las razones para las diversas fórmulas".*

**R.U. Sexl (1981).** Plantea que la energía representa una abstracción y que, como tal, no es posible dar ninguna definición operacional que conlleve los criterios de igualdad y multiplicidad, a diferencia de lo que muchas veces se hace con multitud de conceptos. No existe ningún aparato de medida que nos dé el valor de la energía de un sistema. Critica la definición típica de la energía como capacidad de un sistema para desarrollar trabajo, puesto que, según él, no sería aplicable a la termodinámica puesto que según el Segundo Principio toda la energía interna de un sistema no se podría transformar completamente en trabajo. La respuesta a lo que sería la energía no tiene una respuesta fácil. Propone como una posible solución el "modelo de lenguaje dual", como planteamiento filosófico frente al fracaso del operacionalismo, para la interpretación de la Ciencia. Desde esta perspectiva existiría un "lenguaje teórico" relacionado con la trama conceptual de las leyes teóricas y un "lenguaje observacional" relacionado con las leyes empíricas relativas a las cantidades observables. Las leyes de Maxwell y la energía pertenecerían al lenguaje teórico mientras que la ley de Ohm y la caída libre serían casos reales o empíricos del lenguaje observacional. Propone como metodología didáctica que la energía se plantee a partir de casos concretos como pueda ser, en primera instancia, la caída de un cuerpo y calcular cierta cantidad que permanece siempre constante conforme pierde el cuerpo altura y seguir de esta forma con otros casos análogos. Después de varios ejemplos se debe plantear entonces que siempre aparece una cierta cantidad que se conserva para otros muchos sistemas físicos. Esa cantidad representaría una abstracción, un modelo (un "Gestalt") que aparece en cualquier cuerpo o sistema.

**J.W. Warren (1982).** El autor escribe un artículo muy interesante sobre la problemática planteada en cuanto a la naturaleza de la energía se refiere. Comienza diciendo que existen, como hemos podido ver, dos posturas antagónicas sobre tal naturaleza. Desde el punto de vista materialista la energía tendría una existencia real y palpable, sería como un fluido o sustancia que se pondría de manifiesto cuando una persona anda o cuando una máquina funciona por medio de sus engranajes y cadenas de transmisión. Tal fluido estaría almacenado en los combustibles y en los alimentos, de manera que los cuerpos, mediante su consumo, se podrían mover. Desde el punto de vista conceptualista la energía sería una idea abstracta que han inventado los científicos para facilitarles el estudio y la investigación cuantitativa de los diferentes fenómenos que nos rodean. Se definiría como la capacidad de desarrollar trabajo y la importancia del concepto radica en el hecho de que se deriva una ley de conservación que se cumple rigurosamente para cualquier tipo de fenómeno estudiado. No se trata de un concepto sencillo, a diferencia de como se trata comúnmente en nuestra vida cotidiana, sino de un concepto avanzado que sólo debería aprenderse cuando el estudiante comprende las ideas básicas de fuerza, trabajo y de conservación y ya posee un cierto nivel de comprensión de la Física elemental. Menciona también que es incorrecto decir que la energía se transforma en calor o en trabajo pues éstos dos últimos representan procesos por los cuales la energía se transfiere. Y puesto que la energía representa un concepto de muy alto nivel, el autor acaba recomendando que no se introduzca en los niveles elementales del currículo sino posteriormente cuando los alumnos tienen afianzado el concepto de trabajo a partir del cual se define la energía.

**S. Pétursson (2003).** Sin entrar en la dialéctica sobre las dos perspectivas de la energía, analiza tres casos en los que interviene la energía en su artículo denominado "*Tres formas de Energía*". Menciona cómo la Termodinámica es fundamental para el estudio de la Química no sólo en lo que se refiere a la energía puesta en juego en las reacciones químicas, sino también a las diferentes funciones termodinámicas como son la entropía, la entalpía o la energía libre que intervienen en la reversibilidad de las reacciones, en su espontaneidad, en el equilibrio y en los calores de reacción. Analiza tres sencillos ejemplos en los que interviene la energía mediante procesos diferentes: 1) Calentamiento de una masa de agua. 2) Elevación de un cuerpo hasta una determinada altura. 3) Trabajo desarrollado en la expansión de un cilindro. Con la comparación



de los resultados que obtiene, el mencionado autor resalta la baja cantidad de energía que se pone en juego cuando realizamos determinados esfuerzos, a menos en lo que se refiere a incrementos de energía potencial, frente a la cantidad de calor empleado cuando bebemos un vaso de agua fría. Finalmente determina la energía que nos aportan los alimentos, en condiciones de metabolismo basal y en actividades físicas ligeras, para poner de manifiesto el gran gasto energético que hacemos frente a los cálculos de los tres ejemplos descritos.

**M. A. Domínguez y M. S. Stipcich (2010).** En este trabajo las autoras hacen un repaso a las aportaciones que diferentes autores han venido realizando sobre la problemática de la energía, los cuales parte de ellos también los hemos revisado aquí, en cuanto a las ideas que poseen los alumnos y los profesores, el tratamiento didáctico que se da en los libros de texto y algunas alternativas para su desarrollo. Destacan como síntesis para abordar los fenómenos en los que interviene la energía las siguientes consideraciones: asociar la energía con los cambios que provoca, presentar situaciones que promuevan construcciones del conocimiento, introducir el concepto de energía como instrumento y no de forma operativa o cuantitativa, presentarla como una propiedad de los sistemas y no en cuerpos supuestamente aislados, introducir tanto el trabajo y el calor como procesos de intercambio de energía y, finalmente, presentar cómo la energía se degrada en tales procesos. De esta forma, proponen un marco de actuación didáctica basado en la secuenciación de situaciones que giran alrededor de tres ejes fundamentales: Sección A: *Aproximación a una descripción de energía. Tipos de energía. Energía mecánica: conservación* (con 9 situaciones). Sección B: *Formas de intercambio de energía* (formada por 5 situaciones). Sección C: *Conservación, transformación y degradación de la energía* (con 6 situaciones). En la Sección A se presenta al alumno actividades que tienden a identificar aspectos relacionados con la energía. En la Sección B se proponen otras actividades encaminadas a diferentes procesos por los cuales se intercambia la energía. Y en la Sección C se plantean actividades para comprender que la energía se conserva en todo sistema cerrado.

**A. García-Carmona y A. Criado (2013).** Realizan una revisión actualizada de la problemática que ha venido apareciendo sobre el término energía en cuanto a: su conceptualización, conveniencia o no de hablar de “tipos” de energía, de transferencias o transformaciones y el cómo la energía se transfiere. Se plantean, sobre la base de los trabajos preliminares, que en parte aquí se han revisado y que aparecen en nuestra bibliografía, las mismas vicisitudes que encontraron muchos autores anteriores y que parece ser que aún no hemos podido solucionar, al menos desde un punto de vista conceptual como para llevar a cabo un tratamiento óptimo, desde el punto de vista didáctico, de esta fenomenología. De esta manera, se analiza la falta de consenso que, ni desde el punto de vista científico, se tiene de energía y mencionan cómo la inmensa mayoría de los libros de texto universitarios de Termodinámica revisados evitan dar una definición de la misma, centrándose en sus características y tipos. Plantean el debate, aún todavía no resuelto, de hablar o no de tipos de energía pues se pueden contemplar tantos especialistas detractores como defensores para esta denominación. En cuanto a transferencias o transformaciones de energía, relatan cómo la denominación de estos procesos van unidos al posicionamiento que los investigadores adoptan en relación a utilizar el término “tipos de energía”. Es decir, quienes no están a favor de hablar de tipos de energía apuestan por utilizar el término transferencias de energía, más que transformaciones de la misma, mientras que los que defienden el uso de tipos de energía sí contemplan el uso de transformaciones de energía para referirse a las que tienen lugar cuando la energía se transforma en un tipo u otro. Existe otra posición intermedia en la que los investigadores no son partidarios de hablar de tipos de energía pero no son tan drásticos como para no utilizar el término transformaciones de la misma. Sí mencionan que existe un acuerdo unánime a la hora de cómo la energía se puede transferir mediante dos procesos distintos: calor y trabajo. Otra cosa es la polémica de si se acepta la radiación como otro proceso de transferencia de energía, pues podría plantearse que transcurre

mediante calor y/o trabajo. Sí se menciona la recomendación de diferentes autores de que sólo se hable de calor y trabajo como únicas transferencias de energía en los niveles básicos del currículo. Nosotros podríamos plantear también aquí la adecuación o no del uso del término “radiación del calor” al igual que otros autores lo han planteado y/o cuestionado. Plantean los autores que, para comprender mejor el principio de conservación de la energía, los alumnos deberían familiarizarse más con el concepto de degradación de la energía y, así, poder entender cómo en toda transferencia de energía hay parte que no es aprovechable o reutilizable de nuevo. De esa manera, se interpretaría mejor lo que comúnmente se afirma: *si la energía ni se crea ni se destruye, entonces ¿cómo es que se “gasta”?* Finalmente, hacen una propuesta para su tratamiento didáctico en la E. Primaria en el contexto de su aplicación en las Máquinas, como contenido curricular de esta etapa educativa.

## IV.2 Propuestas de definición de términos.

Según lo que hemos visto, las distintas definiciones que se dan en relación a los conceptos que aparecen cuando un sistema sufre una interacción térmica presentan ciertas matizaciones, cuando no polémica, sobre cómo éstos deben ser considerados y tratados. Si bien, tal y como expresa R. Shaw, no tenemos por qué identificar con un nombre nuevo aquella energía que en un determinado proceso se intercambia puesto que de energía al fin y al cabo se trata, sí consideramos útil, y así se acepta por la mayoría, que identifiquemos como calor a la energía puesta en juego cuando dos sistemas la intercambian como consecuencia única de que se encuentran a diferente temperatura. A continuación se van a proponer algunas definiciones sobre los conceptos de temperatura, energía y calor, que pueden ser útiles a la hora de desarrollarlos en los diferentes niveles del currículo y que, como podemos ver, sintetizan las diferentes perspectivas que han desarrollado los diferentes autores de la literatura revisada. Diremos que muchas de estas propuestas, dados los niveles del currículo en donde se van a implantar, no son más que aproximaciones conceptuales a los conceptos que la Termodinámica moderna acepta como válidos.

### Temperatura

#### i) Desde el punto de vista sensorial:

*La temperatura es una magnitud física por la cual caracterizamos a los cuerpos a través de sensaciones subjetivas tales como caliente, templado, frío, etc.*

Hemos de destacar que tales sensaciones térmicas, de carácter subjetivo, están relacionadas directamente con la temperatura y no con el calor, como muchas veces se dice. Además son diferentes de aquellas otras que nos producen también los cuerpos, como son el color, la textura, la forma, etc. Y no se pueden utilizar como herramienta comparativa de la temperatura de los cuerpos (tocar acero – tocar lana).

#### ii) En relación con el Principio Cero:

*Cuando dos cuerpos se ponen en contacto, después de un cierto tiempo, adquieren siempre una propiedad física común. Esa propiedad física común viene determinada por una magnitud física intensiva que se denomina temperatura. Es decir, aún siendo y manteniéndose diferentes todas las magnitudes que caracterizan a esos cuerpos, se tiene garantizado que ambos alcanzarán siempre la misma temperatura.*

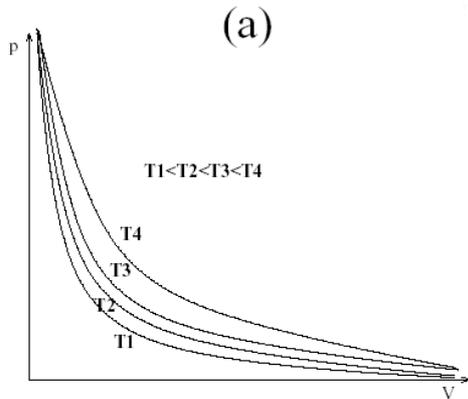
Si ponemos en contacto dos cuerpos que posean diferente tamaño, masa, color, forma, etc., después de un cierto tiempo se podrán aún mantener diferentes tales características pero tendremos la total seguridad de que ambos presentan una característica común que vendrá determinada por el mismo valor de su



temperatura. Diremos en este caso que los dos cuerpos han alcanzado lo que se denomina el equilibrio térmico.

**iii) En relación con las isothermas de un gas ideal:**

*Siempre es posible encontrar diferentes estados de equilibrio térmico entre dos gases ideales sin más que modificar las variables presión (P) y volumen (V) de uno de ellos en relación con el estado en el que se encuentre el otro. Tales estados de equilibrio determinan en el diagrama (P,V) una curva denominada isoterma que caracteriza los diferentes estados de equilibrio térmico entre ambos gases. Pues bien, tal isoterma viene caracterizada mediante una magnitud física escalar que es la temperatura, de manera que todos los estados de equilibrio determinados por la isoterma se encuentran a la misma temperatura.*



*Sea un gas en el estado descrito mediante las variables presión y temperatura (P<sub>1</sub>,V<sub>1</sub>). Podemos encontrar siempre otro gas que se encuentre en equilibrio térmico con el anterior sin más que variar las condiciones de presión y volumen. Es decir, existen diferentes estados descritos mediante (P<sub>1</sub><sup>'</sup>,V<sub>1</sub><sup>'</sup>), (P<sub>1</sub><sup>''</sup>,V<sub>1</sub><sup>''</sup>), (P<sub>1</sub><sup>'''</sup>,V<sub>1</sub><sup>'''</sup>),...,(P<sub>1</sub><sup>j</sup>,V<sub>1</sub><sup>j</sup>) que determinan una línea isoterma de temperatura T<sub>1</sub>. Si el primer gas cambia a otro estado descrito mediante (P<sub>2</sub>,V<sub>2</sub>), podemos también encontrar sucesivos estados del segundo gas que se encuentren en equilibrio térmico con el estado anterior, descritos como (P<sub>2</sub><sup>'</sup>,V<sub>2</sub><sup>'</sup>), (P<sub>2</sub><sup>''</sup>,V<sub>2</sub><sup>''</sup>), (P<sub>2</sub><sup>'''</sup>,V<sub>2</sub><sup>'''</sup>),...,(P<sub>2</sub><sup>j</sup>,V<sub>2</sub><sup>j</sup>) que determinarán ahora una nueva isoterma caracterizada por el valor de temperatura T<sub>2</sub>.*

Si el primer gas cambia a otro estado descrito mediante (P<sub>2</sub>,V<sub>2</sub>), podemos también encontrar sucesivos estados del segundo gas que se encuentren en equilibrio térmico con el estado anterior, descritos como (P<sub>2</sub><sup>'</sup>,V<sub>2</sub><sup>'</sup>), (P<sub>2</sub><sup>''</sup>,V<sub>2</sub><sup>''</sup>), (P<sub>2</sub><sup>'''</sup>,V<sub>2</sub><sup>'''</sup>),...,(P<sub>2</sub><sup>j</sup>,V<sub>2</sub><sup>j</sup>) que determinarán ahora una nueva isoterma caracterizada por el valor de temperatura T<sub>2</sub>.

**iv) Temperatura termodinámica a partir del Teorema de Carnot:**

*Una máquina térmica que funcione como un ciclo de Carnot posee un rendimiento que es independiente del fluido que se utilice para intercambiar el calor entre los dos focos. La temperatura termodinámica de cada foco se define entonces a partir de los calores puestos en juego en el foco caliente (Q<sub>1</sub>) y en el foco frío (Q<sub>2</sub>) como*

$$(T_1 - T_2) / T_1 = (Q_1 - Q_2) / Q_1$$

Un ciclo de Carnot consta de cuatro procesos reversibles en los que hay dos procesos isotermos y otros dos adiabáticos. El rendimiento del ciclo es independiente del tipo de fluido que se utilice para desarrollar trabajo (W) a partir del calor (Q<sub>1</sub>) procedente del foco caliente (hogar) y el calor (Q<sub>2</sub>) que se libera en el foco frío (el medio circundante). Este rendimiento vale  $\eta = W/Q_1 = (Q_1 - Q_2)/Q_1$  y es, como se ve, independiente del tipo de sustancia que se utilice como intercambiador de energía. Se puede demostrar que tal rendimiento, cuando consideramos como fluido a un gas ideal (PV=nRT), depende sólo de lo que se denomina como temperatura termodinámica de cada foco entre los cuales trabaja la máquina térmica y que queda definida mediante la igualdad

$$\eta = (Q_1 - Q_2)/Q_1 = (T_1 - T_2)/T_1$$

**v) Desde el punto de vista microscópico:**

*La temperatura es una magnitud macroscópica que desde el punto de vista microscópico está relacionada con la energía cinética media de las moléculas o partículas constituyentes de un sistema. Para un gas ideal, y sólo para estos gases, la temperatura se define a partir de la energía cinética media por molécula como  $\langle e_c \rangle = 3/2 K T$ .*

No está demás recordar lo comentado por M.K. Sumers respecto a la temperatura desde el punto de vista microscópico pues para sustancias reales lo anterior no tiene porqué verificarse. Sabemos que para un mismo sistema, y siempre y cuando no cambie de estado, un aumento de su temperatura conllevará un aumento de la energía cinética media por molécula, pero eso no quiere decir que la energía cinética media por molécula sea proporcional, y por tanto sirva como magnitud comparativa, cuando consideramos cuerpos o gases reales.

## Energía

Hemos podido ver en el apartado anterior la polémica que existe sobre la interpretación del concepto de energía. Aquí no queremos entrar en tales consideraciones que, como se ha visto, no se han traducido todavía en una salida plausible que resuelva las dos interpretaciones dicotómicas. En nuestro caso apostaremos por la interpretación conceptualista de la energía pues, tal y como afirma R. Duit, parece tener menos limitaciones de aplicación en los diferentes dominios de la Física. A su vez, nos parece muy acertado el planteamiento que hace Feynman sobre la dificultad conceptual del término, lo cual queda muy claro con la analogía que plantea. No obstante, y siendo conscientes de todas las dificultades y limitaciones que plantea la interpretación conceptualista de la energía, trataremos de dar una "pseudodefinition" de la misma que permita al alumno poder disponer de una interpretación un tanto operacional.

### **Interpretación conceptualista:**

*La energía es aquella magnitud física que está relacionada con la capacidad que pueda tener un cuerpo para desarrollar trabajo.*

La pseudodefinition anterior contempla a la energía como un concepto de alto nivel, cuya interpretación y conceptualización última puede ser de difícil comprensión. No decimos que la energía sea la capacidad para desarrollar trabajo, tal y como muchos autores establecen, sino que está relacionada con esa capacidad. Con ello nos evitamos la difícil interpretación de lo que significa ser una capacidad, aunque somos también conscientes que la que se propone también presenta otras tantas dificultades de interpretación, pero nos facilita el disponer de una herramienta intelectual a la hora de comparar la posesión de energía por parte de los cuerpos. De esta forma, si un cuerpo posee más energía que otro, entendemos con ello que uno será capaz de (podrá) desarrollar más trabajo que el otro, lo cual no quiere decir que ni siquiera lo vayan a desarrollar alguna vez. Pero tenemos garantizado que si así lo hicieran el de mayor energía desarrollará más trabajo. Somos conscientes también, y dentro de la línea marcada por Feynman así lo asumimos, de que en realidad no sepamos lo que es la energía pero disponer de ella ha sido uno de los acontecimientos mejores que le hayan podido suceder a la Física, pues se dispone de un principio de conservación sin el cual quizá poco habríamos logrado en la comprensión del mundo que nos rodea.

### **Principio de conservación:**

*En todo sistema aislado la energía permanece constante.*

Con esta sencilla y corta definición se encuadra uno de los mayores logros que han alcanzado los científicos en todos los tiempos. Con ella queremos decir que aún habiendo transformaciones dentro del sistema por las cuales las diferentes manifestaciones de la energía puedan cambiar, por ejemplo la energía cinética, sí tenemos garantizado que la suma total de los términos que contribuyan a la energía total del sistema permanecerá inalterable mientras el mismo permanezca aislado.

### **Energía interna de un sistema:**

*La energía interna de un sistema es una función termodinámica que describe internamente el estado energético en el que se encuentra el sistema.*

Todo sistema termodinámico viene descrito macroscópicamente por una función de estado que nos da cuenta de la energía que posee desde el punto de vista interno. Es decir, la energía interna de un sistema representa aquella energía diferente a la energía externa que tiene como consecuencia de su movimiento respecto de un sistema de referencia o de su localización bajo la acción de un campo de fuerzas.

### **Energía interna en relación a los procesos de calor y trabajo:**

*La variación de energía interna que experimenta un sistema al pasar de un estado a otro es independiente de la forma como se haga y viene dada por la diferencia entre el calor y el trabajo que hayan intervenido en dicha transformación.*

Al ser la energía interna una función de estado, es decir, no viene representada mediante un proceso, depende sólo del estado inicial y final del sistema y no del camino seguido por la transformación que haya tenido lugar. Por tanto, podrán ser infinitas las transformaciones que podamos hacer mediante calor y trabajo, que lleven al sistema desde un estado inicial (i) a otro final (f), pero todas ellas suponen la misma variación de energía interna del sistema.



### **Energía interna desde el punto de vista microscópico:**

*La energía interna de un sistema desde el punto de vista microscópico viene dada por la suma de las energías cinéticas y potenciales de las partículas que lo constituyen.*

Cada partícula del sistema posee una energía cinética en relación a su movimiento interno y una energía potencial como consecuencia de las interacciones de tipo mecánico, eléctrico, etc. que puedan tener las moléculas entre sí.

## **Calor**

### **i) Desde el punto de vista de la interacción térmica:**

*Calor es la energía transferida entre dos sistemas o entre un sistema y el medio como consecuencia de una diferencia de temperatura entre ambos.*

*Calentar (enfriar) un sistema es la acción de comunicar (desprender) energía a un determinado sistema como consecuencia de una diferencia de temperatura entre éste y otro sistema, o el medio que le rodea.*

*Calentamiento (enfriamiento) es el proceso puesto en juego cuando se calienta (enfria) un sistema.*

Vemos pues que el calor es la energía que se intercambia en una interacción térmica o, lo que es lo mismo, la energía que pueden intercambiar los sistemas por medios no mecánicos ni electromagnéticos. Por ello, sólo podemos hablar de calor, o de calentar un sistema, mientras dure la mencionada interacción. De forma que una vez que cesa la interacción tales términos dejan también de tener existencia y significado. Notemos que, a diferencia de las recomendaciones de algunos autores en el ámbito anglosajón, nosotros apostamos por la utilización de los términos asociados al calor en cuanto a sustantivo, verbos y formas sustantivadas se refiere, pues en el idioma español quizá no se presenten los problemas aducidos por esos autores. En esta definición hablamos de energía en su acepción más general y no de energía interna, a diferencia de lo que hace M.K. Summers, puesto que hay procesos en los que interviene el calor y se desarrolla trabajo, como son los que tienen lugar a presión constante, en los que la energía transferida al sistema como consecuencia de una diferencia de temperatura no se invierte únicamente en modificar la energía interna del sistema.

### **ii) Desde el punto de vista del trabajo adiabático:**

*El calor puesto en juego en un sistema al experimentar cualquier transformación viene dado por la diferencia entre el trabajo desarrollado en dicha transformación y el supuesto trabajo adiabático necesario para que el sistema experimente la misma transformación de idénticos extremos.*

Esta definición está basada en el enunciado del Primer Principio de la Termodinámica, en el que subyace una definición precisa de cantidad de calor tal y como la formuló el mismo Max Born en 1921. Como la energía interna es una función de estado, siempre es posible encontrar una transformación adiabática que lleve al sistema de un estado inicial (i) a otro final (f) mediante la realización de trabajo, que en este caso dependerá sólo de ambos extremos. Entonces la variación de energía interna que experimenta el sistema en esa transformación adiabática será precisamente igual al trabajo desarrollado, al que se denomina como trabajo adiabático ( $\Delta U = -\delta W_{\text{adia.}}$ ). En cualquier otra transformación el sistema podrá experimentar tanto procesos de calor como de trabajo, cuyo balance energético vendrá dado por el Primer Principio como  $\delta Q = \Delta U + \delta W$ . Con lo que el calor entonces se puede definir tan sólo por medio de cantidades de trabajo desarrolladas, que fue lo que hizo precisamente M. Born.

### **iii) Desde el punto de vista microscópico:**

*El calor desde el punto de vista microscópico supone una transferencia de energía a nivel molecular como consecuencia de las colisiones que tienen lugar entre dos cuerpos que se encuentren a diferente temperatura.*

Esta definición un tanto desconocida por los enseñantes pues es poco tratada en los libros de texto, supone, en cierta forma, el nexo de unión entre el calor, lo que representa la temperatura a nivel particulativo y lo que supone el trabajo a nivel de fuerzas moleculares.

## Comentarios y observaciones en relación a las definiciones propuestas

Una vez propuestas tales definiciones conviene, en aras a su clarificación y comprensión, que hagamos algunos comentarios en relación con ciertos fenómenos que ocurren a nuestro alrededor y que muchas veces son mal interpretados desde el punto de vista de la Termodinámica.

### Calor, temperatura y transferencia de energía

La energía interna de un sistema se puede modificar mediante procesos de calor o de trabajo. En un proceso de calentamiento se transfiere energía desde el cuerpo de mayor temperatura al de menor, es decir, del cuerpo caliente al frío. Pero esta dirección de la transferencia sólo se da así cuando hablamos de procesos de calor. En otros procesos es posible transferir espontáneamente energía del sistema frío al caliente, tal y como ocurre en un recipiente con dos gases a diferente temperatura y separados por una pared adiabática, en el que el gas frío se encuentra a una presión mayor que el gas caliente. En este caso se intercambiará energía interna entre los dos sistemas, cuando se retire la pared de separación, no como consecuencia de una diferencia de temperatura sino por un proceso de trabajo.

### Compresión adiabática de un gas

Cuando comprimimos adiabáticamente un gas aumentamos su energía interna mediante el trabajo externo que se realiza y, como consecuencia de ello, aumenta la temperatura del sistema. Pues bien, en este caso no podemos hablar de que el gas se haya calentado porque no ha habido ningún proceso de calor, en el que se intercambie energía como consecuencia de una diferencia de temperatura.

### Fenómenos de rozamiento

Los fenómenos en los que intervienen fuerzas de rozamiento, tales como el frenado de un coche o el frotamiento de las manos, no llevan asociados ningún proceso de calentamiento del sistema en cuestión. El trabajo desarrollado por las fuerzas de rozamiento sobre el sistema (disco del freno, superficie de la mano) se invierte en aumentar la energía interna de éste y, como consecuencia, aumenta su temperatura. Después de haber aumentado la temperatura del sistema, sí podrán darse fenómenos en los que intervenga el calor cuando se intercambie energía, por ejemplo, entre el disco del freno y el medio, como consecuencia de que ambos están a diferente temperatura.

### Resistencia eléctrica y calor

Los sistemas de calefacción eléctricos utilizan resistencias eléctricas para calentar el ambiente mediante el consumo de energía eléctrica. Cuando se conectan a la red observamos que la resistencia eléctrica que poseen aumenta de temperatura y en algunos casos llegan a ponerse incluso al rojo. Pues bien, en este caso tampoco podemos hablar del calentamiento de la resistencia eléctrica. El aumento de temperatura que ha experimentado se ha debido al aumento de su energía interna como consecuencia de la transferencia de energía debida al trabajo eléctrico desarrollado por las cargas eléctricas al paso por la resistencia. Sólo cuando la resistencia se encuentra a diferente temperatura respecto del medio puede intercambiar energía como calor mediante conducción, convección o radiación.



## Cambios de estado

Muchas veces se asocia que todos los procesos de calentamiento o de enfriamiento conllevan un aumento o disminución de la temperatura del sistema. Lo anterior es siempre cierto si el sistema no cambia de estado o, mejor dicho, de fase. Supongamos que tenemos en un vaso una mezcla de agua líquida a  $0^{\circ}\text{C}$  y de hielo también a  $0^{\circ}\text{C}$ . Si calentamos el vaso mediante una llama lo que hacemos es comunicar energía a la mezcla de agua, que se encuentra en las dos fases, como consecuencia de la diferencia de temperatura existente entre la llama y ésta. Esta energía transferida, que como hemos establecido se denomina calor, se invierte en aumentar la energía interna de la mezcla que hay en el vaso y no conlleva, tal y como se observa, ningún aumento de temperatura mientras haya hielo cambiando de fase. El aumento de la energía interna del sistema se invierte en desarrollar trabajo para romper los enlaces intermoleculares del agua en la fase sólida y no supone, de esta forma, ningún aumento de la temperatura de la mezcla. Por tanto no podemos hablar de ningún proceso de calor cuando el agua de la fase sólida está cambiando a la fase líquida.

## Calor en cálculos calorimétricos

Otra interesante observación que hace M.K. Summers es el reforzamiento que se hace en considerar al calor como algo que se posee cuando hablamos de "calor cedido igual a calor ganado". Si bien desde el punto de vista calorimétrico no presenta ninguna dificultad calcular la temperatura final de una mezcla a través de la expresión anterior, debemos indicar que es del todo incorrecta. Ya se ha dicho que el calor existe como tal durante el proceso en el que se da una interacción térmica y que, por tanto, no se cede ni se absorbe. Es la energía la que se transfiere o intercambia entre dos sistemas cuando existe una diferencia de temperatura. Por tanto, debemos hablar en estos casos de "energía cedida igual a energía ganada" y, sólo cuando el proceso se realiza a volumen constante, podremos entonces decir "energía interna cedida igual a energía interna ganada".

## Radiación térmica y calor radiado

Muchas veces se habla de calor radiado como una de las tres formas de propagarse el calor y conviene hacer algunas matizaciones. Sabemos que todo cuerpo, por encontrarse a una determinada temperatura  $T$ , radia energía según la ley de Stefan-Boltzmann. Este fenómeno se denomina radiación térmica y la energía radiada es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura. De esta forma, la energía que radia todo cuerpo no se debe a una diferencia de temperatura entre éste y el medio, por lo que no tendría sentido hablar del calor radiado puesto que estrictamente no hay ningún proceso de calor, ya que incluso la radiación térmica se da aún estando el cuerpo en el vacío. Así, al hablar del "calor del Sol" no estamos expresando de una forma muy ortodoxa la energía procedente del Sol que nos llega a la Tierra por radiación. No obstante, podríamos admitir el término de calor radiado por un cuerpo como el balance energético entre la radiación térmica emitida por éste y la energía absorbida por el mismo como consecuencia de la radiación que emite el medio que le rodea.

## Manifestaciones de la energía

Hemos podido ver la problemática aún no resuelta sobre las dos interpretaciones que se han venido dando de la energía desde comienzos del siglo XIX. Nosotros hemos optado por una interpretación conceptualista de la misma y, como tal, eso supone que a la energía la consideremos como una abstracción, una idea o un concepto. Esta interpretación conlleva por tanto la no aceptación de ninguna materialización de la misma cuando consideremos a los

cuerpos como objetos portadores de energía. Muchas veces se habla de formas de energía para hacer referencia a las diferentes consideraciones por las cuales los cuerpos pueden tener energía, es decir, por su movimiento, por su localización en un campo gravitatorio, por su elasticidad, etc. Y surgen entonces, tal y como se expresa en muchos libros, las diferentes formas de energía: energía cinética, energía potencial gravitatoria, energía potencial elástica, etc. Pues bien, desde el punto de vista conceptualista, el término formas de energía no resulta ortodoxo o, si se quiere, aceptable pues la energía no tendría una existencia real y no podría presentar forma alguna puesto que supone una idealización, una abstracción. Desde nuestro punto de vista sería más acertado hablar de manifestaciones de la energía en vez de formas de energía para querer expresar las diferentes situaciones por las cuales los cuerpos pueden poseer energía. Quizá se pueda comprender un poco mejor esta puntualización si consideramos el siguiente símil. Cuando hablamos de agua no distinguimos de qué tipo de agua se trata, si procede de un lago, de un río, de la lluvia, etc. y todos sabemos que estamos hablando del líquido elemento como una sustancia que químicamente se formula como  $H_2O$ . Pues de la misma manera que no hablamos de formas del agua para manifestar las diversas procedencias que ésta puede tener, debería igualmente descartarse el término formas de energía para significar las diferentes manifestaciones por las cuales los cuerpos poseen energía.



## V. Diagnóstico conceptual del alumno.

En la década de los años setenta se plantearon, fundamentalmente en el ámbito anglosajón, una serie de trabajos encaminados a resolver el problema de cómo deberían introducirse determinados conceptos de la Termodinámica en los currículos de enseñanza primaria y secundaria. Los primeros estudios se centraron en la detección de cuáles eran las concepciones que poseían los alumnos sobre los términos calor y temperatura, así como algunas propiedades asociadas a éstos. Una década posterior, en nuestro ámbito nacional, surgió la necesidad de indagar tales concepciones conforme fueron apareciendo en la enseñanza las nuevas perspectivas de desarrollo curricular basadas en los modelos de cambios conceptual. Desde entonces ha aparecido una muy amplia bibliografía, tanto a nivel nacional como internacional, que recoge no sólo el diagnóstico conceptual de los alumnos sino también algunas propuestas de actuación didáctica basadas en tales modelos. A continuación seleccionaremos algunos trabajos que han venido apareciendo desde entonces, y que pueden considerarse como elementos de estudio de referencia, para comenzar a introducirnos en la investigación de una de las temáticas que quizá ha resultado presentar a los alumnos unos mayores niveles de dificultad conceptual.

### Calor y temperatura

La mayoría de los trabajos emprendidos en este campo se han focalizado en indagar si los alumnos diferencian los conceptos de calor y temperatura, si el calor lo identifican como proceso y no como una propiedad interna de la materia, tal y como muchas veces los alumnos la conciben, o si la temperatura la entienden como una propiedad intensiva de la materia.

**S. Strauss (1977).** Es uno de los primeros autores que investiga la propiedad intensiva de la temperatura en una amplia muestra de 200 alumnos con edades comprendidas entre los 4 y los 13 años. Diseñó una serie de cuestionarios en los que se les pedía a los alumnos que predijeran la temperatura final de una mezcla de iguales cantidades de agua fría. Encontró una curva en forma de U en relación con las respuestas correctas dadas en función de la edad. Curiosamente, los alumnos más jóvenes daban respuestas correctas (igual temperatura que la inicial), los alumnos

de edad intermedia respondían, por el contrario, que la mezcla tendría una "temperatura dos veces más fría", mientras que los mayores respondían correctamente. Este sorprendente resultado lo interpretó Strauss como el resultado común de la comprensión de las cantidades físicas intensivas. Aparece inicialmente un conocimiento intuitivo, que supone una incapacidad de cuantificar las cantidades de agua, que es reemplazado por el desarrollo del razonamiento cuantitativo parcial, cuando los volúmenes se identifican como determinantes del cambio de temperatura, y finalmente se llega al razonamiento cuantitativo completo cuando la temperatura se concibe como una magnitud intensiva, es decir, independiente de la cantidad de agua considerada.

**G.L. Erickson (1979, 1980)** en sendos estudios llevados a cabo con alumnos con edades comprendidas entre los 6 y 13 años, y centrandó la atención en 10 alumnos de 12 años, utiliza el método de "entrevistas clínicas al modo piagetiano" para indagar las ideas de los alumnos sobre los fenómenos de dilatación, la fusión, la transmisión del calor y la mezcla de cantidades de agua a diferente temperatura. Según sus resultados, algunos alumnos daban características materiales al calor como algo parecido al aire o al vapor (lo que se ve en el verano en las carreteras). Asociaban a los cuerpos una determinada cantidad de calor y de frío cuya existencia se postulaba como independiente a la vez que opuesta ("todos los cuerpos poseen una determinada cantidad de calor y de frío"). La temperatura es el resultado entonces de la "mezcla del calor y del frío" existente dentro de los cuerpos. La transmisión del calor a través de una barra metálica la concebían como la acumulación de éste en el extremo de la barra para ir propagándose como un fluido hacia el otro extremo. Otros alumnos pensaban que el calor viajaba por los "espacios de aire" que debían existir dentro de la barra. En su estudio posterior, Erickson amplía el trabajo haciendo un análisis cuantitativo de las respuestas dadas por los alumnos con el fin de poder obtener una mayor generalización de los resultados. Y clasifica las respuestas dadas en relación a los fenómenos en los que interviene el calor dentro de tres puntos de vista diferentes: 1) el basado en la teoría del calórico, como sustancia material, 2) el cinético, en relación con el movimiento y la agitación de las partículas, aunque se dan en una pequeña proporción en los alumnos y 3) el basado en lo que denomina punto de vista particulares de los alumnos ("el calor a través de los huecos de la materia", "dos tipos de calor: el frío y el caliente"). Concluye estableciendo que los resultados, puestos de manifiesto mediante este modo de indagación, son generalizables a la población de alumnos de estas edades y no se deben a una simple consecuencia del método experimental utilizado en las entrevistas clínicas desarrolladas.

**R. Stavy y B. Berkovitz (1980).** Ambos autores emprendieron una investigación de la misma índole que la llevada a cabo por Strauss. Tomaron una muestra de 77 niños de entre 9 y 10 años que ya habían mostrado una comprensión de la conservación de la cantidad de líquido y les administraron un pretest y un postest, después de haber sido entrenados mediante tareas que conllevaban situaciones de conflicto cognitivo. Otros alumnos sirvieron de grupo de control y no recibieron ninguna preparación previa. Los conflictos cognitivos aparecían en los alumnos bajo dos aspectos distintos: 1) Respuestas verbales cualitativas correctas frente a respuestas numéricas cuantitativas incorrectas (estructuras cognitivas incompatibles o contradictorias). 2) Respuestas verbales incompatibles frente a la realidad física. Se observaba que muchos alumnos respondían correctamente a las preguntas cualitativas, la mezcla de iguales cantidades de agua fría daría agua igual de fría, pero, por el contrario, cuando la prueba era cuantitativa y se les decía que el agua estaba a 10°C entonces respondían que la mezcla se encontraría a 20°C. Otras pruebas involucraban cantidades de agua a diferente temperatura. Como resultado final, los autores concluyen que se dan unos mejores rendimientos en la comprensión de la temperatura como magnitud física intensiva en el grupo que recibieron entrenamiento por conflicto cognitivo, frente a los alumnos que no lo recibieron.



**M. Shayer y H. Wylam (1981)** realizan un estudio descriptivo sobre las concepciones que poseen un grupo de unos 160 alumnos, con edades comprendidas entre los 9 y 13 años, sobre el calor y la temperatura. Sus resultados les llevan a pensar que los aprendizajes de los alumnos no siguen modelos tan diferentes como para que sea imposible describirlos bajo un modelo común. Encuentran que tal modelo común de pensamiento puede venir sostenido por el modelo desarrollado por J. Piaget en vez del que, desde perspectivas completamente diferentes, elaboró D.P. Ausubel. Clasifican las respuestas dadas por los alumnos por categorías que corresponderían a las etapas de desarrollo cognitivo descritas por Piaget, de forma que el profesor, en el proceso de enseñanza, deberá seleccionar el contenido teniendo en cuenta que las demandas cognitivas de éste se aproximen a las características cognitivas de los alumnos. Posteriormente **M. Shayer y P. Adey (1984)** amplían el estudio inicialmente emprendido a gran parte de los contenidos de Física, Química y Biología. Publican sus trabajos en un interesante libro en el que taxonomizan los esquemas mentales de los alumnos de 10 a 16 años del sistema educativo inglés, en relación con estas disciplinas, así como también las demandas cognitivas del contenido en estos niveles educativos, es decir, el nivel de complejidad cognitiva requerido por las materias del currículo.

**R. Driver y T. Russell (1982)**. En este trabajo se hace un pormenorizado estudio sobre una muestra de 324 alumnos de 8-9, 11-12 y 13-14 años acerca de las concepciones que tenían sobre la temperatura, el calor y los cambios de estado, diseñándose para ello 22 tareas de tipo diagnóstico. Entre los resultados obtenidos cabe mencionar que un 20% del grupo de 8-9 años distinguen entre calor y temperatura, mientras que para los alumnos de 13-14 años el porcentaje es del 50%. Muy pocos alumnos del total, tan sólo el 10%, son capaces de predecir que la temperatura del agua, durante el cambio de estado de fusión, permanecerá constante. Por el contrario, la mayoría del grupo de 13-14 años sí consideran que la temperatura de fusión y de ebullición del agua es independiente de la masa de hielo y de agua existente, lo que no les ocurre a los alumnos más jóvenes. Observan el hecho curioso de que los alumnos presentan una serie de esquemas alternativos comunes en las respuestas dadas a las tareas, de manera que éstos se pueden generalizar. Ello implica que los alumnos, en general, construyen su propio modelo de cómo funciona el mundo de una forma muy similar a como lo han hecho en las diferentes estrategias individuales identificadas.

**A. Brook y otros (1984)**. Este trabajo se enmarca dentro de los diferentes estudios que se han llevado a cabo por el equipo de la Universidad de Leeds, dirigido inicialmente por R. Driver. Documentan las ideas que tienen los alumnos de secundaria sobre los cambios de estado, conducción del calor y calor y temperatura. El estudio se basó fundamentalmente en las respuestas dadas por los alumnos de 15 años a las cuestiones que se les plantearon y que se les detallaban muy detenidamente con el fin de comprender el fenómeno físico puesto en juego, aunque también se analizaron las dadas por los alumnos de 11 y 13 años. Notaron que los procesos de transferencia del calor se comprendían mejor cuando éstos llevaban asociados cambios en la temperatura del sistema que los que no. Algunos alumnos asociaban tanto "al calor como al frío" características de un fluido, entendiéndose éstos como sustancias opuestas, y sugerían que habían cuerpos que eran intrínsecamente calientes o fríos dependiendo de su naturaleza ("los metales son fríos porque son sustancias frías", "la lana es caliente porque abriga"). Pocos alumnos postulan la constancia de la temperatura durante un cambio de estado y la inmensa mayoría de ellos no dan respuestas explicativas a los fenómenos de transferencia del calor y de cambio de estado en términos del comportamiento molecular de la materia.

**J.M. Martínez y B.A. Pérez (1997)**. Este estudio se diseña con el fin de facilitar la construcción de conceptos y procesos de la Termodinámica elemental mediante el diseño de 5 propuestas de secuenciación curricular, tomando una muestra de 134 alumnos argentinos con edades comprendidas entre los 14 y 18 años. Comenzaron analizando la secuencia clásica de

desarrollo del contenido: temperatura, Termometría, dilatación térmica, calor, etc. y diagnosticaron las concepciones de los alumnos antes y después de la instrucción mediante un test de opciones múltiples. Las respuestas dadas se pueden encuadrar en diferentes categorías según la temática estudiada:

1) Diferenciación entre calor y energía. "Calor es energía que está en los cuerpos". "El calor puede transferirse de un cuerpo a otro". "El calor está ligado a una manera (forma) de transferir energía.

2) Diferenciación entre calor y temperatura. "El calor está asociado a las diferencias de temperatura". "La temperatura mide el calor que está en los cuerpos". "La temperatura permite predecir el equilibrio térmico entre sistemas".

3) Diferenciación entre temperatura y energía interna. "La temperatura es proporcional a la energía cinética molecular promedio". "La temperatura varía en un cambio de fase". "La energía interna es constante en un cambio de fase".

4) Afianzamiento del modelo molecular. "La temperatura es una medida de la agitación molecular". "La energía interna aumenta con la movilidad molecular de la fase". "La energía interna es energía que está en los cuerpos, los cuales están formados por moléculas". "Al transportar calor se transporta energía vía movimientos moleculares".

**K. Carlton (2000).** En este interesante artículo analiza tanto las dificultades que presentan a los profesores los términos calor, temperatura y energía en su tratamiento didáctico como las dificultades conceptuales que les presentan a los alumnos. Estudia las concepciones de sus propios alumnos universitarios, que se gradúan para ser futuros profesores, y establece que la Física térmica es una disciplina conocida y diferenciada del resto de la Física pues sus términos nos son muy familiares desde muy temprana edad. Esta circunstancia, a diferencia de lo que deberíamos pensar, más que una ventaja muchas veces presenta un inconveniente pues los individuos no construyen el significado de los conceptos elementales termodinámicos de una forma como desearían los profesores de ciencia. Comienza revisando la bibliografía existente sobre las concepciones que tienen los alumnos sobre el calor y la temperatura, poniéndose de manifiesto las dificultades que se les presentan a los alumnos hasta incluso las edades de 16 años. Una de las razones que propone para conceptualizar la temperatura es que ésta, a diferencia de otras magnitudes físicas, no se puede medir directamente y resalta también las propias discrepancias observadas entre los mismos profesores a la hora de ponerse de acuerdo en aceptar ciertas definiciones para los términos calor, temperatura o energía en sus diferentes aspectos. El autor propone como metodología de enseñanza-aprendizaje el agrupamiento de los alumnos, tal y como él lo hace en sus clases, para que éstos escriban una serie de definiciones consensuadas sobre la temperatura y el calor. Detecta que son concepciones muy generalizadas entre sus alumnos el decir que "el calor es la energía de un cuerpo caliente" y que "la temperatura es la medida de ese calor". Después invita a sus alumnos a que reflexionen sobre las diferentes propuestas formuladas y les propone alguna experiencia personal en relación con las sensaciones térmicas que se obtienen del agua a diferente temperatura. Una vez resuelto el conflicto entre sensaciones y valores de la temperatura del agua, pasa a trabajar el principio cero de la termodinámica con cuerpos que se encuentran en un mismo recinto para acabar con el análisis de la transferencia de calor cuando se da un cambio de fase, como es el caso de hielo y agua a 0°C. Es de destacar que el profesor utiliza los términos "heat energy" no para referirse a energía calorífica, que sería del todo incorrecto tal y como proponía M.K. Zemanski, sino para designar a la energía que se transfiere en un proceso de calor. En sus conclusiones establece que tras seguir los alumnos el proceso de instrucción diseñado, la mayoría de los mismos son capaces de discutir y entender el significado de equilibrio térmico, de calor y de temperatura. Resalta



finalmente que es peligroso pensar que, porque un alumno sea capaz de recitar las definiciones y conceptos que aparecen en los libros de texto, éste sea capaz de entenderlos realmente, por lo que propone que sean desafiados y evaluados en situaciones reales y experimentales en donde ellos tengan que hacer propuestas explicativas de cómo transcurren tales situaciones.

## Energía

Existen también en este dominio gran cantidad de trabajos exploratorios sobre las ideas de los alumnos acerca de la energía, unas veces relacionadas con procesos mecánicos y otras con procesos en los que interviene el calor. Veamos algunos de estos trabajos en orden cronológico de cómo fueron apareciendo.

**J. Salomon (1983, 1983bis).** En uno de sus artículos estudia las respuestas dadas por los alumnos de tres clases del 4º año del sistema educativo inglés, con edades de 14 y 15 años, sobre preguntas relativas a situaciones en las que se pone de manifiesto la energía mediante dibujos de aparatos y máquinas funcionando. Una cuestión se refiere al funcionamiento de un taladro cuando horada un trozo de madera. Los alumnos consideran la cuestión como muy sencilla a la hora de calcular el trabajo realizado y responden correctamente en torno al 80%. A su vez, también debían formular los cambios energéticos que ellos pensaban que podían haber tenido lugar. Las respuestas mayoritarias iban encaminadas en el planteamiento de una simple cadena de cambios consecutivos tal como sigue: energía eléctrica → energía cinética → "energía calorífica" (heat energy). Además, algunos alumnos añadían otras palabras entre paréntesis queriendo completar su explicación y que fueron muy útiles a la hora de profundizar en sus ideas sobre los cambios energéticos acontecidos. Del análisis realizado se pone de manifiesto que los alumnos piensan en dos dominios diferentes: el simbólico y el de la vida cotidiana, los cuales se entrecruzan. Desde el dominio de la vida cotidiana se llega mediante abstracción al dominio simbólico mediante un encadenamiento de hechos. Por ejemplo, el dominio simbólico de la energía cinética conlleva los sucesos del dominio cotidiano como son el hecho de que el taladro gire, que vibre, que haga ruido, que la broca horade, que se haga el agujero y que aparezcan las birutas. En el otro de sus artículos se indagan las ideas que tienen los niños del 1º, 2º y 3º año sobre la energía, pero esta vez se les pide simplemente que escriban tres o cuatro frases en las que ellos usarían la palabra energía. En una primera instancia se clasificaron las repuestas en dos grandes grupos: asociaciones con actividades vitales y aquéllas asociaciones no vitales. Muchos niños decían que "la energía es lo que hace que todo se mueva". Aparece en todos los grupos una marcada tendencia a considerar a la energía en términos de actividades relacionadas con la vida frente a las que no y esta tendencia es más acentuada en el grupo de niñas de cada nivel. También las niñas eran las que más asociaban la energía con términos relacionados con la salud, "los ancianos no tienen mucha energía", mientras que los niños tendían a relacionarlas con las actividades deportivas y de esfuerzo, "yo necesito mucha energía para jugar al fútbol". También aparecían términos como "la energía es la fuente de la vida", "todo el mundo necesita energía" o "necesitamos nuevas fuentes de energía". Al Sol se le considera como una fuente de energía de vital importancia para la vida diciendo muchos alumnos "toda la energía viene del Sol". Después del análisis inicial se centraron en los ejemplos de términos de energía que dieron los 128 alumnos del cuarto año antes y después de la enseñanza. Pudieron observar cómo después de la instrucción las situaciones que se ponían en relación con la energía se aproximaban más con los nuevos términos físicos aprendidos tales como energía cinética, calor, energía nuclear, energía química o electricidad. En el grupo de alumnos más destacados se manejaban menos términos en relación con las anteriores consideraciones (mecanismos vitales), mientras que en los grupos de alumnos intermedios y menos destacados la diferencia no era tan grande pues seguían apareciendo muchos de los términos que con anterioridad formulaban en relación las actividades humanas. Recalcan finalmente la marcada diferencia que existe en relación con la energía entre

lo que podíamos denominar como el conocimiento fuera de la escuela y el conocimiento científico.

**D.M. Watts (1983).** En este artículo se describen los diferentes puntos de vista que tienen los alumnos sobre la energía que, como menciona el autor, es difícil de no encontrar en alguna parte de todos los cursos de Ciencia. Diseñó una serie de entrevistas en las que se mostraban a los alumnos varias fichas en las que aparecían dibujos describiendo diferentes situaciones tales como un trozo de hielo fundiéndose, un circuito eléctrico, una persona comiendo, etc. Tomó en total una muestra de 40 alumnos pertenecientes al 3º, 4º y 5º año del nivel O y al 6º año del nivel A de Física. Las respuestas las clasifica dentro de 7 esquemas conceptuales:

1. La energía centrada en los seres humanos (visión antropocéntrica y antropomórfica).
2. La energía como depositaria de actividad, como un agente causal.
3. Como un ingrediente desencadenante, no como un agente causal, es decir, como un reactivo que dispara el mecanismo de algo.
4. En relación con la propia actividad que los cuerpos realizan. La energía no se distingue del movimiento en sí.
5. Como un producto. A diferencia del esquema 3 de ingrediente, la energía es el producto de una determinada situación que deja de existir cuando ésta acaba, por ejemplo, con el humo en la combustión o el sudor en el ejercicio.
6. Como un combustible que permite funcionar las cosas.
7. A modo de un flujo que se transfiere. Por ejemplo, en los electrones que se mueven en un circuito eléctrico.

**J. Bliss y J. Ogborn (1985).** Toman los autores una muestra de 17 chicas de edades de 13 y 14 años a las que se les presentaba un cuestionario antes de empezar la instrucción, en el que aparecían diez diferentes situaciones representadas mediante dibujos: planta, futbolista, velero, tren, televisión, etc. Se les decía a las alumnas que escogieran las tres situaciones que representarían mejor cómo es necesaria la energía y que explicaran brevemente su respuesta. Se observa que las situaciones mayoritariamente elegidas se centran en las actividades u objetos relacionados con la vida, futbolista y planta, seguidas de una lámpara y una radio. Comparan los resultados con las categorías propuestas por Watts y ellos las clasifican en vez de 7 en 4 categorías como son:

1. En relación con los seres animados.
2. En relación con la actividad o el movimiento.
3. En relación con la funcionalidad o la necesidad de que algo funcione.
4. Como recurso o fuente energética.

**R. Driver y L. Warrington (1985)** emprenden un estudio exploratorio sobre si la conservación de la energía se utiliza en la solución de problemas escritos de tipo práctico. Se diseñaron cuatro tareas que pasaron a un grupo de 28 alumnos con edades de 13 años, 16 años y 18 años, quienes previamente habían estudiado las ideas más importantes que sobre la energía se imparten en sus programas de Física. Los alumnos fueron entrevistados presentándoles las cuatro tareas diseñadas mediante unos dispositivos que podían manipular y que hacían referencia a un sistema de poleas, una palanca, un plano inclinado y una turbina de agua. En general los alumnos



hacían en sus explicaciones pocas referencias explícitas a la energía (menos del 10%) y mucho menos aún a la conservación de la misma. No analizaban las tareas como sistemas con una entrada y una salida de energía y en donde se desarrollaba trabajo. Una de las razones por las cuales los alumnos no utilizan casi nunca el principio de conservación de la energía puede estar, según las autoras, en que en la enseñanza se introduce y no se asocia desde el principio con su conservación. Los docentes y científicos hablan de la utilización de la energía en las transformaciones pero sólo se refieren a su conservación cuando se cuantifica ésta, de manera que se les presenta a los alumnos el principio de conservación como una herramienta muy útil para estos casos. De ahí que muchas veces "la energía se pierda" en los sistemas mecánicos cuando se dan fricciones. Finalmente señalan que aunque la muestra sea pequeña estos resultados no son únicos y pueden representar las ideas de la generalidad de los alumnos de estas edades.

**C.R. Ault Jr, J.D. Novak y B. Gowin (1988).** En este trabajo los autores utilizan la técnica de construcción de mapas V, basada en la técnica V de Gowin, a partir de las entrevistas realizadas a los estudiantes sobre conceptos en relación con la energía. Este estudio se encuadra en un proyecto más amplio (Audio-Tutorial Elementary Science Program: ATESP) llevado a cabo sobre una muestra inicial de 248 alumnos de 2º Grado (USA), de los que se siguieron a 70 estudiantes durante dos o más años. El estudio particular sobre la energía se realizó con tres alumnos a los que se les hizo el análisis mencionado desde el 6º al 8º Grado. De sus resultados podemos destacar que aparecen concepciones como que "la energía se encuentra en algunas cosas", a modo del planteamiento de fuentes que señala Watts y que tiene una existencia material como una sustancia o un combustible. También la energía no se considera como tal a menos que se use, por ejemplo, "justo cuando una luz se enciende". Otro alumno, en cambio, sostiene la noción de energía potencial y de la conservación de la energía mecánica cuando el agua cae. Los autores concluyen que las ideas de estos alumnos entrevistados se pueden resumir en estos apartados:

1. La energía es el agente por el cual las cosas suceden. Se resalta que muchas veces se asocia a la energía el significado de fuerza, gravedad, trabajo o potencia, apareciendo tales términos poco diferenciados.
2. Aparece también la noción de que la energía es como un combustible (fuel) que está dentro de los cuerpos o como una fuerza que se consume con el movimiento.
3. La energía parece tener un significado de "simetría" en toda transformación. Nada se gana ni nada se pierde en todo cambio, aunque no se hable en términos de medida de energía.
4. La energía es un concepto que aparece en todos los niveles de los alumnos, consiguiéndose mayores abstracciones conforme se sube de nivel.

**H.-S. Lee y O.L. Liu (2009).** Las autoras realizan un completo y amplio estudio sobre las concepciones de energía que tienen los alumnos del nivel medio en los EE.UU. de Norteamérica en una muestra de 2688 estudiantes, pertenecientes a 12 Escuelas de 5 Estados en los que intervinieron 29 profesores en su formación. Seleccionaron 10 ítems, basados en pruebas estandarizadas publicadas en estudios previos, cuyos contenidos hacían referencia a: fuentes, transformación y conservación de la energía. La prueba a la que debían responder los alumnos estaba estructurada de manera que las respuestas para cada ítem se daban mediante elección múltiple y en la que se debía explicar o justificar su elección. De esta manera, los investigadores podían no sólo analizar la corrección de las respuestas sino también, y eso era lo más importante, el *nivel de integración del conocimiento* que posee el alumno mediante una clasificación de:

Irrelevante (sin justificar o con justificación fuera de contexto), Sin Conexión (al modelo explicativo científico de la idea propuesta), Conexión Parcial (no se justifica del todo la idea), Conexión Completa (una simple conexión entre las ideas propuestas) y Conexión Compleja (cuando aparecen más de una conexión entre las ideas propuestas). Pudieron comprobar cómo los alumnos que intervinieron en este estudio respondieron en un tanto por ciento mayor a los mismos ítems que respondieron los alumnos en estudios anteriores. Los porcentajes de aciertos en lo que se refiere a las respuestas de elección múltiple fueron relativamente altos, 72% el ítem que más se contestó de forma correcta frente al 31% del que menos, estando el resto en un 54% de media de aciertos. En cambio, en cuanto al nivel integrador del conocimiento se refiere, y que viene justificado en la respuesta que se pide, los porcentajes son mucho menores. En promedio a los 10 ítems estudiados, un 13,7% fueron repuestas en blanco, un 9,5% fueron Irrelevantes, un 45,7% Sin Conexión, un 22,5% con Conexión Parcial, un 7,6% con Conexión Completa y tan sólo un 1,3% fueron con Conexión Compleja. En la discusión de sus resultados destacan que los niveles de integración global del conocimiento de los alumnos, es decir, las relaciones propuestas para explicar los fenómenos relativos a fuentes, transformación y conservación de la energía son mediocres. Sugieren que las demandas de integración del conocimiento para la conservación de la energía son mucho mayores que para las correspondientes a la identificación de fuentes de energía o las asociadas con formas de energía. Sólo cuando los estudiantes tienen integradas ciertas ideas sobre fuentes y transformaciones de la energía ellos podrán aprender de una forma más integradora lo que significa el principio de conservación de la energía, conectando de esta forma múltiples ideas. Pero no es precisamente así como los contenidos se desarrollan para que los aprendan los alumnos. Otra consideración importante es que, puesto que el término de energía es un tópico que aparece en los diferentes contenidos de ciencias (Biología, Física, ...), para que pueda ser integrado mejor por los alumnos debería enseñarse en esos contextos en que aparece, relacionándolo con los procesos científicos particulares en el que surge.



## VI. Diagnóstico del cambio conceptual.

Una vez que los alumnos han sido diagnosticados sobre la fenomenología que nos ocupa o, en todo caso, se conocen las ideas que poseen por medio de una revisión conceptual como la que se ha realizado, el profesor deberá preparar el proceso de instrucción. Como hemos podido ver, muchas de las concepciones que tienen los alumnos no están de acuerdo con los criterios aceptados por la Ciencia y deberemos, entonces, intentar provocar los adecuados cambios conceptuales que las aproximen a los puntos de vista científicos. Es ahora cuando el profesor deberá diagnosticar cuáles serán los cambios conceptuales que los alumnos deberán experimentar para, de esta forma, diseñar las estrategias y tareas que mejor les puedan ayudar a realizar tales cambios. Una vez que hemos analizado las concepciones que los alumnos poseen, vamos a diseñar una serie de cambios conceptuales que esperamos tengan lugar de acuerdo con las secuencias de enseñanza que inicialmente presentamos a la hora de estructurar y secuenciar el contenido.

## Secuencia 1. Calor y temperatura: Fenomenología general

### Cambio conceptual

Concepciones	Edad	Punto de vista científico
* Concepción “antropomorfa” de la temperatura. * Concepción intrínseca de cuerpos calientes y fríos.	8-12 8-14	* Distinción entre sensación térmica y temperatura. * Cuerpo a mayor temperatura (caliente) frente a cuerpo a menor temperatura (frío).
* Cuerpos en un mismo lugar se encuentran a diferente temperatura.	8-14	* Principio Cero y equilibrio térmico.
* Calor como algo material (pesa) que se posee y se transfiere como un fluido.	8-14	* Calor como energía transferida como consecuencia de una diferencia de temperatura. * El calor no se almacena en los cuerpos.
* Cambio de la temperatura al mezclar cantidades de agua a la misma temperatura	8-12	* La temperatura como magnitud física intensiva.
* Cambio de la temperatura de los cuerpos cuando cambian de forma	8-10	* La temperatura como magnitud independiente de la forma.
* Diferencia de temperatura para objetos iguales pero de diferente color.	8-10	* La temperatura como magnitud independiente del color.

### Demandas cognoscitivas

- 1) Capacidades de observación y de experimentación.
- 2) Conservación de la cantidad de sustancia.
- 3) Control de una sola variable en un sólo sentido.
- 4) Seriación (sucesión) de procesos.
- 5) Razonamiento lógico concreto inicial.



## Secuencia 2. Efectos del calor y de la temperatura

### Cambio conceptual

Concepciones	Edad	Punto de vista científico
* El calor penetra en los cuerpos y los dilata. * El calor provoca cambios de peso en los cuerpos.	8-14 8-10	* La dilatación térmica como consecuencia del aumento de temperatura. * El calor no se almacena. * No todo aumento de temperatura conlleva una dilatación (proceso isocoro).
* Todo sistema que se caliente aumenta siempre de temperatura.	8-16	* Todo calentamiento no implica aumento de temperatura. * Los cuerpos pueden aumentar su temperatura mediante procesos de calor o trabajo.
* La temperatura durante un cambio de estado varía cuando se “introduce” más calor (otro mechero). * La temperatura durante un cambio de estado varía al introducir más cantidad de sustancia.	8-14 8-14	* Constancia de la temperatura durante un cambio de estado. * La temperatura del cambio de estado como una propiedad física característica de toda sustancia.
* El calor y la temperatura como términos con igual o análogo significado.	8-14	* El calor como energía en un proceso. * La temperatura como magnitud que determina los procesos de calor.

### Demandas cognitivas

- 1) Control simultáneo de más de una variable.
- 2) Conservación de la cantidad de sustancia.
- 3) Reversibilidad de los procesos.
- 4) Razonamiento lógico concreto avanzado.

### Secuencia 3. Propagación del calor

#### Cambio conceptual



Concepciones	Edad	Punto de vista científico
* La conducción del calor como transporte de materia a través del cuerpo. * La conducción del calor como propagación de la llama por el cuerpo.	8-12  8-10	* La conducción del calor como transporte de energía de molécula a molécula.
* Ausencia, en general, del conocimiento de la convección del calor. * Propagación del calor mediante rayos de calor. * No distinción entre conducción y convección.	8-14	* La convección del calor como transporte de energía mediante corrientes de fluido.
* Necesidad de un medio material para la propagación del calor por radiación.	12-16	* La radiación térmica como balance energético entre emisor y el medio. * Propagación de la radiación por el vacío

#### Demandas cognoscitivas

- 1) Control de más de dos variables.
- 2) Dominio de la naturaleza particulativa de la materia.
- 3) Capacidad de abstracción de la realidad física.
- 4) Capacidad de razonamiento formal inicial.



**Secuencia 4. Relaciones entre calor y trabajo I:  
Primer Principio de la termodinámica**

**Cambio conceptual**



<b>Concepciones</b>	<b>Edad</b>	<b>Punto de vista científico</b>
* La energía se “transforma” en trabajo y viceversa.	14-16	*El calor y el trabajo como procesos por los cuales se transfiere la energía.
* La energía se “transforma” en calor y viceversa.	14-16	* La energía no se transforma en calor ni en trabajo ni viceversa.
* El calor y/o el trabajo siempre provocan cambios de temperatura.	12-16	* Procesos isotermos mediante calor y/o trabajo. * Primer principio de la Termodinámica

**Demandas cognoscitivas**

- 1) Control de más de dos variables.
- 2) Distinción entre diferentes procesos termodinámicos.
- 3) Capacidad de abstracción de la realidad física.
- 4) Capacidad de razonamiento formal inicial y medio.

## Secuencia 5. Relaciones entre calor y trabajo II: Segundo Principio de la termodinámica

### Cambio conceptual

Concepciones	Edad	Punto de vista científico
* Posibilidad de obtener cíclicamente trabajo a partir de calor mediante un sólo foco (móvil perpetuo de 2ª especie).	16-17	* Enunciados de kelvin-Planck y de Clausius del II Principio.
* Posibilidad de transformar íntegramente calor en trabajo entre dos focos.	16-17	* Imposibilidad del móvil perpetuo de 2ª especie.
* Foco caliente como responsable único de la transferencia de energía. Foco frío como refrigerante (su existencia se postula como no necesaria).	16-17	* Necesidad termodinámica de disponer de dos focos para obtener trabajo.
* Posibilidad de obtener un rendimiento del 100% en una máquina térmica. * Influencia del fluido, como mejora, en el rendimiento de una máquina térmica.	16-17	* Imposibilidad termodinámica de obtener un rendimiento del 100% en una máquina térmica. * Máximo rendimiento para una máquina en un ciclo de Carnot funcionando entre los mismos focos. * El rendimiento de una máquina térmica es independiente del fluido utilizado

### Demandas cognoscitivas

- 1) Control simultáneo de más de dos variables.
- 2) Control de los resultados en la inversión de los procesos.
- 3) Experimentación abstracta formal.
- 4) Capacidad de razonamiento lógico-matemático de alto nivel.



## VII. Diseño de propuestas de actuación didáctica que promuevan los cambios conceptuales diagnosticados.

Una vez diagnosticados los cambios conceptuales que deberán experimentar los alumnos cuando sus ideas no se correspondan con los criterios adoptados por la Termodinámica, se deben diseñar una serie de pautas de intervención didáctica que les ayuden a conseguir dichos cambios. Como se ha visto en el apartado (I), deberemos plantear un modelo de actuación basado en el cambio conceptual en el que se recogerán una serie de estrategias y de tareas que permitan la construcción de los nuevos contenidos o, en su caso, aplicar en diferentes contextos las ideas de los alumnos cuando éstas han resultado plausibles. Nosotros en este último apartado diseñaremos una serie de estrategias de enseñanza-aprendizaje, que corresponderán a cada una de las secuencias de contenido que hemos contemplado en el análisis del mismo, y nos centraremos sólo en los fenómenos relacionados con el calor y la temperatura, es decir, en los relativos a las tres primeras secuencias.

Una revisión de la literatura sobre los modelos de cambio conceptual nos lleva a confirmar que todos, independientemente de las perspectivas particulares por las que apuesten, se desarrollan en lo que se denominan “tres estados” o tres grandes bloques de intervención didáctica.

### FASES DE ACTUACIÓN EN LOS MODELOS “TRES ESTADOS” DE CAMBIO CONCEPTUAL

1. Exploración y experimentación de la validez de las concepciones de los alumnos en diferentes situaciones.
2. Interpretación y búsqueda de soluciones ante aquellas situaciones que no pueden ser explicadas mediante los modelos o esquemas de razonamiento.
3. Introducción y aplicación del modelo científico como propuesta alternativa a las concepciones de los alumnos.

Un modelo de actuación didáctica basado en el cambio conceptual puede ser el que se propone a continuación, en el cual juegan un papel muy importante las estrategias y tareas que pretenden promover los cambios conceptuales diagnosticados.

## MODELO DE CAMBIO CONCEPTUAL

1. Orientación del tema objeto de estudio (motivación).
2. Diagnóstico conceptual.
  - \* Diseño y aplicación de una prueba escrita.
  - \* Entrevista clínica.
  - \* Indagación a través del gran grupo (nivel de la clase).
  - \* Revisión de la bibliografía existente.
3. Diagnóstico del cambio conceptual.
4. Diseño de estrategias de enseñanza-aprendizaje que promuevan los cambios diagnosticados.
5. Evaluación del aprendizaje.
  - \* Prueba objetiva de contenidos (evaluación sumativa).
  - \* Seguimiento del alumno en el desarrollo de las tareas (evaluación formativa).
  - \* Revisión por parte del alumno de los cambios conceptuales experimentados.
  - \* Aplicación a nuevas situaciones.

## Estrategias de enseñanza-aprendizaje

**Conceptuación (C. Coll, 1990):** Secuencias integradas de procedimientos que se eligen para facilitar la adquisición, el almacenamiento y la utilización de la información.

### Conllevan procedimientos tales como:

- \* Ordenación y secuenciación de tareas.
- \* Orientación en la planificación del trabajo.
- \* Introducción de diferentes puntos de vista (incluidos los científicos).
- \* Aproximación a los conceptos de la ciencia (aprendizaje verdadero y potente).
- \* Realización de actividades teóricas, prácticas y experimentales.
- \* Elaboración de cuadros-resumen del contenido y de los resultados del aprendizaje.

Tales estrategias conllevan, a su vez, la realización por parte del alumno de diferentes tareas.



## Tareas

**Conceptuación (C. Coll, 1990):** Conjunto coherente de actividades que conducen a un resultado final observable.

**Clasificación:**

- \* Conflicto cognitivo.
- \* Simple comprobación.
- \* Previsión.
- \* Clarificación y reorganización.

## PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

### Secuencia 1: CALOR Y TEMPERATURA (FENOMENOLOGÍA GENERAL)

6 Estrategias y 16 Tareas

- A. Temperatura de un cuerpo frente a sensación térmica (concepción “antropomorfa” de la temperatura). 2 tareas.
- B. Concepto de diferencia de temperatura. 2 tareas.
- C. La temperatura como magnitud física intensiva. 3 tareas.
- D. La temperatura como magnitud independiente de la forma y del color de los objetos. 5 tareas.
- E. El calor no se almacena en los cuerpos. 2 tareas.
- F. Equilibrio térmico. 2 tareas.

### Secuencia 2: EFECTOS DEL CALOR Y DE LA TEMPERATURA

6 estrategias y 12 tareas

- A. Aumento de la temperatura de un cuerpo mediante procesos de trabajo y de calor. 2 estrategias y 4 tareas.
- B. Dilatación. 3 tareas.
- C. Procesos de calentamiento con variaciones de temperatura. 1 tarea.
- D. Procesos de calentamiento sin variaciones de temperatura: cambios de estado. 2 estrategias y 4 tareas.

### Secuencia 3. PROPAGACION DEL CALOR

3 Estrategias y 7 tareas

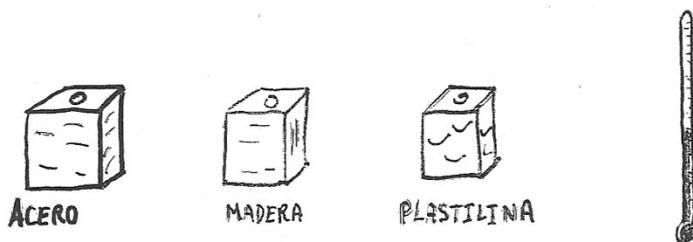
- A. Propagación del calor por conducción. 2 tareas.
- B. Propagación del calor por convección. 2 tareas.
- C. Propagación del calor por radiación. 3 tareas.

Y así sucesivamente para las siguientes secuencias propuestas...

## Secuencia 1: CALOR Y TEMPERATURA (FENOMENOLOGÍA GENERAL)

### A. TEMPERATURA DE UN CUERPO FRENTE A SENSACIÓN TÉRMICA (CONCEPCIÓN ANTROPOMORFA).

TAREA A.1. CUERPOS DISTINTOS A IGUAL TEMPERATURA PRODUCEN SENSACIONES TÉRMICAS DIFERENTES. (TIPO: CONFLICTO COGNITIVO).



Tres cubos, de acero, madera y plastilina. Son tocados y se pide que se prediga, comparativamente, la temperatura de los mismos. Se mide con un termómetro la temperatura. Se compara resultado y predicción. Interpretación.

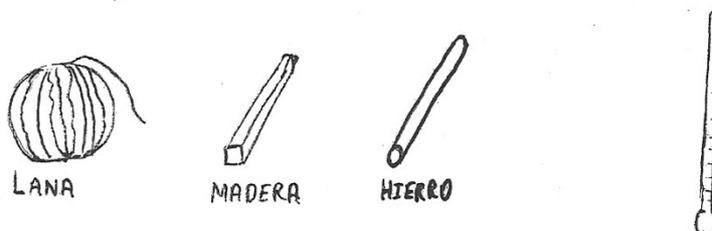
TAREA A.2. CUERPOS A DIFERENTE TEMPERATURA PRODUCEN SENSACIONES TÉRMICAS DISTINTAS. (TIPO: SIMPLE COMPROBACIÓN).



Dos cubos iguales, uno de madera y el otro de acero. El cubo de acero se sumerge en agua caliente. Se miden sus temperaturas sobre la mesa. Se predice la sensación térmica al ser tocados. Se tocan. Se compara. Se interpreta.

### B. CONCEPTO DE DIFERENCIA DE TEMPERATURA.

TAREA B.1. NO EXISTEN CUERPOS FRÍOS NI CUERPOS CALIENTES. (TIPO: CONFLICTO COGNITIVO).



Ovillo de lana, trozo de madera y de hierro. Ordenación según su supuesta diferencia de temperaturas. Medida de la temperatura. Comparación e interpretación. Repetición del proceso con cuerpos supuestamente fríos o calientes. Interpretación.



TAREA B.2. CONCEPTO DE DIFERENCIA DE TEMPERATURA. (TIPO: CLARIFICACION Y REORGANIZACION).

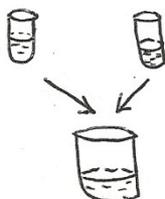


Dos cuerpos a diferente temperatura. Cubo de acero (supuestamente cuerpo frío) a mayor temperatura que cubo de madera (supuestamente cuerpo caliente). Construcción del concepto de cuerpo frío y cuerpo caliente.

Mismo proceso pero con dos cubos iguales de acero a diferente temperatura. Cuerpo frío y cuerpo caliente (independientemente de la naturaleza de la materia). Reorganización.

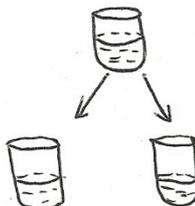
C. LA TEMPERATURA COMO MAGNITUD FÍSICA INTENSIVA.

TAREA C.1. MEZCLA DE IGUALES CANTIDADES DE AGUA A LA MISMA TEMPERATURA. (TIPO: CONFLICTO COGNITIVO).



Dos recipientes iguales de agua. Se mide la temperatura de ambos. Se mezclan en un tercer vaso y se pregunta sobre la temperatura del agua. Constatación experimental. Acomodación cognitiva.

TAREA C.2. DIVISIÓN DEL AGUA DE UN RECIPIENTE EN OTROS DOS. (TIPO: CONFLICTO COGNITIVO).



Agua en un vaso. Medida de la temperatura. Reparto por igual de la cantidad de agua en otros dos recipientes. Predicción de la temperatura del agua en cada recipiente. Medida de las temperaturas. Resolución del conflicto.

Repetición del mismo proceso pero dividiendo el agua en distintas cantidades. Clarificación.

TAREA C.3. SIMULACIÓN DEL CORTE DE UNA BARRA DE HIERRO. (TIPO: CLARIFICACIÓN Y REORGANIZACIÓN).



Una cartulina que simula una barra de hierro. Se corta en dos trozos diferentes. Predicción de la temperatura de cada trozo. Clarificación y reorganización.

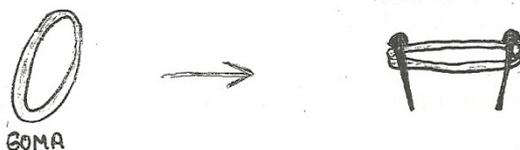
#### D. LA TEMPERATURA COMO MAGNITUD INDEPENDIENTE DE LA FORMA Y DEL COLOR DE LOS OBJETOS.

TAREA D.1. LOS CAMBIOS DE FORMA NO IMPLICAN CAMBIOS DE TEMPERATURA (I). (TIPO: SIMPLE COMPROBACIÓN).



Dos barras de plastilina. Medida de la temperatura. Una de ellas se deforma con la mano. Predicción de la temperatura de la deformada. Comprobación.

TAREA D.2. LOS CAMBIOS DE FORMA NO IMPLICAN CAMBIOS DE TEMPERATURA (II). (TIPO: CLARIFICACIÓN Y REORGANIZACIÓN).



Goma elástica antes y después de su deformación. Se pregunta sobre el posible cambio de temperatura. Clarificación conceptual y reorganización cognitiva.

TAREA D.3. CUERPOS CON DIFERENTE COLOR SE ENCUENTRAN A LA MISMA TEMPERATURA (I). (TIPO: SIMPLE COMPROBACIÓN).



Barras iguales de plastilina de diferente color. Ordenación de éstas en base a las posibles diferencias de temperaturas postuladas. Medida de la temperatura. Comprobación.



TAREA D.4. CUERPOS CON DIFERENTE COLOR SE ENCUENTRAN A LA MISMA TEMPERATURA (II). (TIPO: SIMPLE COMPROBACIÓN).



Dos recipientes con iguales cantidades de agua, uno con agua coloreada de azul y el otro de rojo. Se pregunta sobre la temperatura de ambos. Se comprueba experimentalmente la respuesta. Se mezclan ambos recipientes y se procede como antes.

TAREA D.5. LAS DIFERENCIAS DE FORMA Y DE COLOR NO IMPLICAN DIFERENCIAS DE TEMPERATURA. (TIPO: CLARIFICACIÓN Y REORGANIZACIÓN).



Barras de plastilina de diferente color. Unas se deforman, otras se unen para obtener otro color y el resto se dejan tal y como estaban. Predicción de los posibles cambios de temperatura. Clarificación y reorganización conceptual.

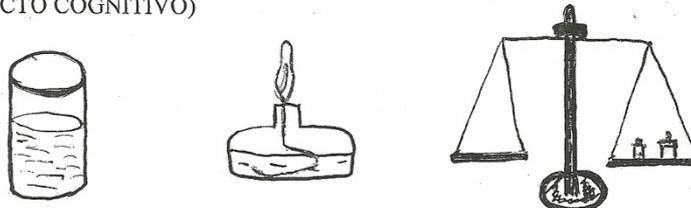
### E. EL CALOR NO SE ALMACENA EN LOS CUERPOS.

TAREA E.1. LOS CUERPOS NO CAMBIAN DE PESO AL SER CALENTADOS (I). (TIPO: CONFLICTO COGNITIVO).



Bola de acero. Medida de su peso. Calentamiento. Predicción de los cambios ocurridos. Comprobación experimental. Clarificación.

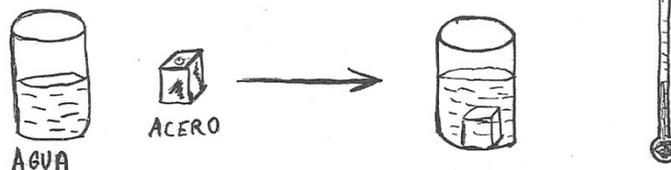
TAREA E.2. LOS CUERPOS NO CAMBIAN DE PESO AL SER CALENTADOS (II). (TIPO: CONFLICTO COGNITIVO)



Recipiente con agua. Peso de ambos. Calentamiento del agua. Predicción de los cambios ocurridos. Comprobación experimental. Clarificación y reorganización.

## F. TRANSFERENCIA DE ENERGÍA (CALOR) Y EQUILIBRIO TÉRMICO.

TAREA F.1. CUERPOS A DIFERENTE TEMPERATURA PUESTOS EN CONTACTO ADQUIEREN LA MISMA TEMPERATURA. (TIPO: SIMPLE COMPROBACIÓN).



Vaso con agua caliente. Acero a temperatura ambiente. Medida de la temperatura de ambos. Predicción de los cambios de ambos cuando se sumerja el acero en el vaso. Comprobación experimental de las hipótesis de trabajo.

TAREA F.2. CUERPOS A DIFERENTE TEMPERATURA, COLOCADOS EN EL MEDIO AMBIENTE, ADQUIEREN DESPUES DE UN CIERTO TIEMPO LA MISMA TEMPERATURA. (TIPO: CLARIFICACION Y REORGANIZACION).



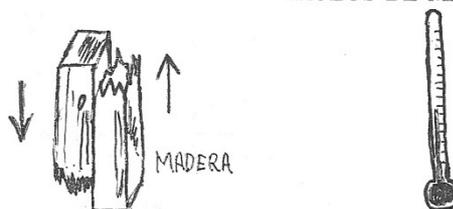
Vaso de agua fría. Vaso de agua caliente. Acero enfriado en el congelador. Medida de la temperatura de cada uno. Predicción de los posibles cambios al cabo de un cierto tiempo cuando se dejen en la mesa. Medida de la temperatura pasado un cierto tiempo. Medida final de la temperatura. Clarificación y reorganización.

## Secuencia 2: EFECTOS DEL CALOR Y DE LA TEMPERATURA

### A. AUMENTO DE LA TEMPERATURA DE UN CUERPO MEDIANTE PROCESOS DE TRABAJO Y DE CALOR.

#### A.1. AUMENTO DE LA TEMPERATURA MEDIANTE TRABAJO.

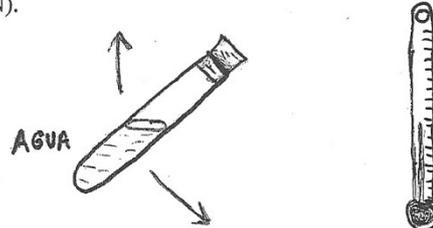
TAREA A.1.1. FROTAMIENTO DE DOS TROZOS DE MADERA. (TIPO: SIMPLE COMPROBACIÓN).



Dos trozos de madera. Medida de la temperatura intercalando el termómetro entre ambos trozos. Frotamiento de la madera. Medida de la temperatura después del proceso.



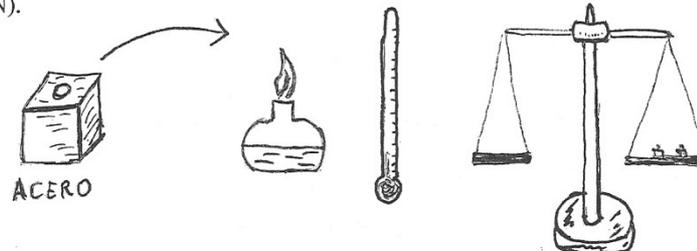
TAREA A.1.2. AGITACION DEL AGUA EN UN TUBO DE ENSAYO. (TIPO: SIMPLE COMPROBACIÓN).



Tubo de ensayo en donde se echa una pequeña cantidad de agua (la suficiente como para que el bulbo de un termómetro quede cubierto). Medida de la temperatura del agua. Agitación del tubo previamente tapado. Medida de la temperatura después del proceso.

#### A.2. AUMENTO DE LA TEMPERATURA MEDIANTE CALOR.

TAREA A.2.1. CALENTAMIENTO DE UN CUBO DE ACERO. (TIPO: SIMPLE COMPROBACIÓN).



Cubo de acero. Medida de la temperatura. Medida de su masa. Calentamiento del mismo con una llama. Medida de la temperatura y de la masa.

TAREA A.2.2. CALENTAMIENTO DEL AGUA. (TIPO: SIMPLE COMPROBACIÓN).



Vaso con agua. Medida de la temperatura. Medida de su masa. Calentamiento del agua con una llama. Medida de la temperatura y de la masa.

**OBSERVACIÓN:** Mismos efectos (aumento de la temperatura) pero mediante dos procesos distintos.

**B. EFECTO DEL AUMENTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LOS CUERPOS:  
DILATACIÓN.**

TAREA B.1. ANILLO DE GRAVESANDE. (TIPO: CONFLICTO COGNITIVO).



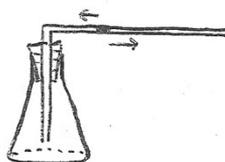
Anillo de Gravesande. Peso de la bolita de acero. Paso de la misma por el anillo. Calentamiento de la bolita. Predicción sobre el paso de la misma. Peso de la bolita. Comprobación experimental. Interpretación.

TAREA B.2. CONSTRUCCIÓN DE UN TERMÓMETRO. (TIPO: SIMPLE PREVISIÓN).



Frasco pequeño de cristal. Alcohol coloreado. Tubo delgado de vidrio. Diseño del termómetro didáctico. Previsión de resultados. Interpretación.

TAREA B.3. DILATACION DE GASES. (TIPO: CONFLICTO COGNITIVO).



Erlenmeyer. Tapón con tubo acodado y pequeña gota de agua coloreada. Medida de la masa del conjunto. Previsión de los efectos al tocar con ambas manos. Comprobación experimental y medida de la masa de nuevo.

**C. PROCESOS DE CALENTAMIENTO CON VARIACIONES DE TEMPERATURA.**

TAREA C.1. CALENTAMIENTO CON AUMENTO DE TEMPERATURA. EFECTOS: EXPANSIÓN O COMPRESION. (TIPO: SIMPLE PREVISIÓN).



Construcción del montaje experimental. Calentamiento con la mano del erlenmeyer. Control de la expansión mediante la llave. Previsión de los resultados en un caso o en otro. Verificación.



**D. PROCESOS DE CALENTAMIENTO SIN VARIACIÓN DE TEMPERATURA: CAMBIOS DE ESTADO.**

**D.1. TODA SUSTANCIA CAMBIA DE ESTADO A UNA TEMPERATURA DETERMINADA INDEPENDIEMENTE DE LA CANTIDAD DE ÉSTA.**

TAREA D.1.1. TEMPERATURA DE FUSIÓN DEL HIELO. (TIPO: SIMPLE COMPROBACIÓN).



Un trozo pequeño de hielo y otro trozo más grande. Ambos se colocan en sendos recipientes. Se mide la masa de ambos recipientes una vez introducido el hielo. Se pregunta sobre la temperatura y la masa en el proceso de fusión del hielo en ambos recipientes. Se mide la masa de ambos recipientes, así como su temperatura, durante el proceso.

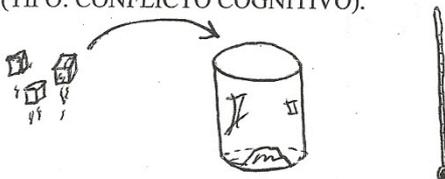
TAREA D.1.2. TEMPERATURA DE EBULLICIÓN DEL AGUA. (TIPO: SIMPLE COMPROBACION).



Dos recipientes con distintas cantidades de agua. Se mide la temperatura de ambas. Se pregunta si la temperatura del agua, en cada vaso, será diferente una vez que esté hirviendo. Se lleva a ebullición el agua de ambos recipientes. Comprobación experimental.

**D.2. DURANTE UN CAMBIO DE ESTADO LA TEMPERATURA PERMANECE CONSTANTE.**

TAREA D.2.1. INDEPENDENCIA DE LA TEMPERATURA DEL CAMBIO DE ESTADO CON LA MASA. (TIPO: CONFLICTO COGNITIVO).



Hielo fundente en un recipiente. Medida de la temperatura. Predicción de la temperatura de la mezcla de agua e hielo cuando se introduzca más hielo. Verificación experimental. Clarificación.

TAREA D.2.2. INDEPENDENCIA DE LA TEMPERATURA DEL CAMBIO DE ESTADO CON LA CANTIDAD DE CALOR COMUNICADA. (TIPO: CONFLICTO COGNITIVO).

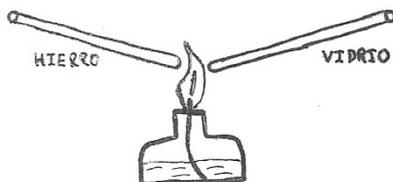


Hielo fundente en un recipiente. Medida de la temperatura. Predicción de la temperatura de la mezcla, mientras siga fundiéndose el hielo, cuando se introduzca la llama de un mechero. Comprobación experimental. Clarificación.

### Secuencia 3: PROPAGACIÓN DEL CALOR

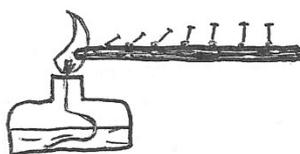
#### A. PROPAGACION DEL CALOR POR CONDUCCIÓN.

TAREA A.1. CUERPOS BUENOS Y MALOS CONDUCTORES DEL CALOR. (TIPO: SIMPLE COMPROBACIÓN).



Barra de hierro y barra de vidrio. Calentamiento de ambas. Tacto de ambas a lo largo de las barras. Previsión de la conducción de diferentes materiales. Comprobación experimental.

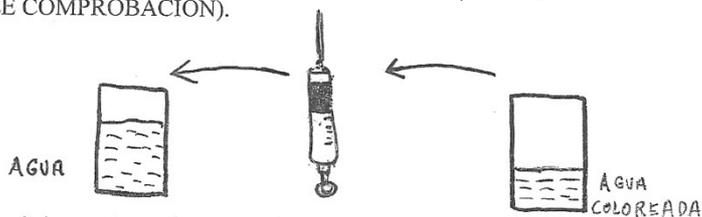
TAREA A.2. LA CONDUCCIÓN A LO LARGO DE UNA BARRA DE HIERRO. (TIPO: SIMPLE PREVISIÓN).



Barra de hierro. Ubicación de pequeñas bolitas de cera repartidas a lo largo de la barra. Inserción de alfileres en cada bolita. Previsión de los efectos de la conducción a lo largo de la barra. Verificación experimental.

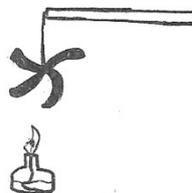
## B. PROPAGACIÓN DEL CALOR POR CONVECCIÓN.

TAREA B.1. LA CONVECCIÓN COMO MOVIMIENTO DE CORRIENTES DE FLUIDO (I). (TIPO: SIMPLE COMPROBACIÓN).



Recipiente con agua. Calentamiento de agua coloreada. Medida de la temperatura de ambas. Introducción del agua coloreada mediante una jeringuilla desde el fondo del recipiente. Observación del proceso. Clarificación.

TAREA B.2. LA CONVECCIÓN COMO MOVIMIENTO DE CORRIENTES DE FLUIDO (II). (TIPO: SIMPLE COMPROBACIÓN).



Pequeño molinillo de hojas de papel. Aproximación de las hojas de papel por encima de una llama de mechero. Observación del movimiento. Clarificación.

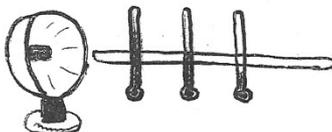
## C. PROPAGACIÓN DEL CALOR POR RADIACIÓN.

TAREA C.1. LA RADIACIÓN COMO PROPAGACIÓN DEL CALOR SIN TRANSPORTE MATERIAL. (TIPO: SIMPLE COMPROBACIÓN).



Estufa eléctrica (radiador). Observación, a través de la sensación térmica, de los efectos de la radiación del calor a una distancia de la estufa. Distinción frente a los procesos de conducción y convección, también observables.

TAREA C.2. LA RADIACIÓN EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA. (TIPO: SIMPLE COMPROBACIÓN).



Estufa eléctrica. Colocación de tres termómetros a diferentes distancias de la misma. Lectura de cada termómetro. Interpretación experimental.

TAREA C.3. ABSORCIÓN DE LA RADIACIÓN. (TIPO: SIMPLE COMPROBACIÓN).



Dos termómetros. Tela blanca y tela negra. Colocación de ambas envolviendo los bulbos de cada termómetro. Lectura de cada uno. Ubicación al Sol de ambos. Lectura de ambos. Interpretación.



## Bibliografía

- ❑ ABAD E.A. (2001). Boiling ice. *Scie. Teacher*, **68**, 44-45.
- ❑ AGUIRRE PÉREZ C. Y VÁZQUEZ MOLINÍ A. M. (2004). Consideraciones generales sobre la alfabetización científica en los museos de la ciencia como espacios educativos no formales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 3, Nº 3, 26 pp.
- ❑ ALBERT E. (1978). Development of concept heat in children. *Scie. Educ.*, **62**, 389-399.
- ❑ ALOMA, E. Y MALAVER, M. (2007). Análisis de los conceptos de *energía, calor, trabajo y el teorema de carnot* en textos universitarios de termodinámica. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), 387–400.
- ❑ ANACLETO J. AND ANACLETO J. A. C. (2008). Thermodynamical interactions: subtleties of heat and work concepts. *European Journal of Physics*, vol. 29, pp. 555–566.
- ❑ ARNOLD M. Y MILLER R. (1996). Learning true scientific “story”: A case study in the teaching and learning of elementary Thermodynamics. *Scie. Educ.*, **80**, 249-280.
- ❑ AULT C.R. Jr (1988). Constructing Vee maps for clinical interviews on energy concepts. *Scie. Educ.*, **72**, 515-545.
- ❑ AUSUBEL D.P. (1977). *Psicología educativa*. (Trillas:México).
- ❑ AYAS A, ÖZMEN H. AND ÇALIK M. (2009). Students’ Conceptions of the particulate nature of matter at Secondary and Tertiary level. *International Journal of Science and Mathematics Education*. Publicación online 11 Junio 2009, 20 páginas.

- 
- BAÑAS C., MELLADO V. Y RUIZ C. (2003). Las ideas alternativas del alumnado de primer ciclo de ESO sobre la conservación de la energía el calor y la temperatura. *Campo Abierto*, **24**, pp. 99-126.
- BAR V. y TRAVIS A.S. (1991). Children's views concerning phase change. *J. Res. Scie. Teach.*, **28**, 363-382.
- BASER M. AND GEBAN Ö. (2007) Effectiveness of conceptual change instruction on understanding of heat and temperature concepts. *Research in Science & Technological Education*, Vol. 25, No. 1, pp. 115–133.
- BÉCU-ROBINAULT K. Y TIBERGIEN A. (1998). Integrating experiments into the teaching of energy. *Int. J. Scie. Educ.*, **20**, 99-114.
- BLISS J. Y OGBORN J. (1985). Children's choices of uses of energy. *Eur. J. Sci. Educ.*, **7**, 195-203.
- BROOK A., BRIGGS H., BELL B. Y DRIVER R. (1984). Aspects of secondary student's understanding of heat: full report. Children's Learning in Science Project (CLIS). The University of Leeds. Leeds.
- BRUNER J.S. (1969). *Hacia una teoría de la instrucción*. (Uteha:México).
- BUNGE M. (2000). Energy: between Physics and Metaphysics. *Science and Education*, vol. 9, pp.457-461.
- BURLEY J. D. AND JOHNSTON H. S. (2008). Hold the Heat: Global Warming and Calorimetry. *Journal of Chemical Education*, Vol. 85, No. 2, pp. 224A-224B.
- CANDEL A., SATOCA J. Y SOLER J.B. (1984). Interpretación errónea del concepto de entropía (Revisión del concepto de orden). *Ens. Cien.*, **2**, 198-201.
- CARLTON K. (2000). Teaching about heat and temperature. *Physics Education*, vol. 35, no. 2, pp. 101-105.
- CAVALLO A.M.L. (2001). Convection connections. *Sci. and Children*, **38**, 20-25.
- CERVANTES A. (1985). La experiencia de Eratóstenes: una experiencia interdisciplinar. (ICE:U. Granada).
- CERVANTES A. (1987). Los conceptos de calor y temperatura: Propuesta de definición de términos. *Cuadernos de Fca. y Qca.*, **IX**, 208-219.
- CERVANTES A. Y FERNÁNDEZ J.M. (1987). Los conceptos de calor y temperatura en los niños de 8 hasta 14 años. *Cuadernos de Fca. y Qca.*, **IX**, 173-189.
- CERVANTES A.(1987). Los conceptos de calor y temperatura: Una revisión bibliográfica. *Ens. Cien.*, **5**, 66-70.
- CERVANTES A. Y OTROS (1991). Análisis cuantitativo en el diagnóstico de las concepciones sobre calor y temperatura. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, N° 5, 59-75.
- CHALMERS A.F. (1984). *¿Qué es esa cosa llamada Ciencia?.* (Siglo XXI:Madrid).



- ❑ CHANG JIN-YI (1999). Teachers College students' conceptions about evaporation, condensation and boiling. *Sci. Educ.*, **83**, 511-526.
- ❑ CHIOU GUO-LI Y ANDERSON O. R. (2010). A Study of Undergraduate Physics Students' Understanding of Heat Conduction Based on Mental Model Theory and an Ontology-Process Analysis. *Science Education*, vol. 94, pp. 825-854.
- ❑ COLL C. (1990). Un marco de referencia psicológico para la educación escolar: la concepción constructivista del aprendizaje y de la enseñanza. En C. Coll, J. Palacios y A. Marchesi (1990). *Obr. cit.*.
- ❑ COLL C. Y ROCHERA M.J. (1990). Estructuración y organización de la enseñanza: las secuencias de aprendizaje. En C. Coll, J. Palacios y A. Marchesi (1990). *Obr. cit.*.
- ❑ COLL C., PALACIOS J. Y MARCHESI M. (1990). Desarrollo psicológico y educación II. *Psicología de la Educación*. (Alianza:Madrid).
- ❑ COSGROVE M. Y OSBORNE R. (1985). Lesson frameworks for changing children's ideas. En R. Osborne y P. Freyberg (1985). *Learning in Science*. (Heinemann:Hong Kong).
- ❑ DANSON R. (1976). Teaching temperature. *Phys. Educ.*, **11**, 390.
- ❑ DOMÉNECH J.L. Y OCHO MÁ S (2007). Teaching of Energy Issues: A Debate Proposal for a Global Reorientation. *Science & Education*, vol. 16, pp. 43-64.
- ❑ DOMÍNGUEZ J.M. (2000). Evolución de las formas de hacer y de pensar sobre un sistema material en el marco de la Termodinámica y del modelo de partículas. Estudio mediante esquemas de acción y de razonamiento. Tesis Doctoral. Dep. Didáctica Ciencias Experimentales. Universidad de Santiago de Compostela. A Coruña.
- ❑ DOMÍNGUEZ M.A. Y STIPCICH M.S. (2010). Una propuesta didáctica para negociar significados acerca del concepto de energía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), pp. 75-92.
- ❑ DOMÍNGUEZ J.M., DE PRO A. Y GARCÍA-RODEJA E. (1998). Las partículas de la materia y su utilización en el campo conceptual de calor y temperatura: un estudio transversal. *Ens. Cein.*, **16**, 461-475.
- ❑ DRIVER R. (1981). Pupil's alternative frameworks in Science. *Eur. J. Sci. Educ.*, **3**, 93-101.
- ❑ DRIVER R. (1988). Un enfoque constructivista para la enseñanza de las ciencias. *Ens. Cien.*, **6**, 109-120.
- ❑ DRIVER R. Y RUSSELL T. (1982). An investigation of the ideas of heat, temperature and state change of children aged between 8 and 14 years. University of Leeds and Chelsea College. London.
- ❑ DRIVER R. Y WARRINGTON L. (1985). Student's use of the principle of energy conservation in problem situations. *Phys. Educ.*, **20**, 171-176.
- ❑ DUIT R. (1987) Should energy be illustrated as something quasi-material? *Int. J. Sci. Educ.*, **9**, 139-145.

- ❑ DUMRAUF A. G. Y CORDERO S. (2004). "¿Qué cosa es el calor?" Interacciones discursivas en una clase de Física. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 3, nº 2, pp123-147.
- ❑ EILAM B. (2004). Drops of Water and of Soap Solution: Students' Constraining Mental Models of the Nature of Matter. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 41, no. 10, pp. 970-993
- ❑ ELLIOTT J. Y OTROS. (1986). Investigación-acción en el aula. (Generalitat Valenciana:Valencia).
- ❑ ERICKSON G.L. (1979). Children's viewpoints of heat and temperature. *Scie. Educ.*, **63**, 221-230.
- ❑ ERNE B. H. (2000). Thermodynamics of water superheated in the microwave oven. *J. of Chem. Educ.*, **77**, 1309-1310.
- ❑ FETHERSTON T. (1999). Students Constructs About Energy and Constructivist Learning. *Research in Science Education*, vol. 29, n. 4, pp. 515-525.
- ❑ GABEL D.L., Y OTROS (2001). Changing children's conceptions of burning. *School Sci. and Mathe.*, **101**, 439-451.
- ❑ GAGLIARDI R. Y GIORDAN A. (1986). La Historia de las Ciencias: una herramienta para la enseñanza. *Ens. Cien.*, **4**, 253-258.
- ❑ GAILIUNAS P. (1988). Is energy a thing?. Some misleading aspects of scientific language. *School Sci. Rev.*, **69**, 585-590.
- ❑ GARCÍA-CARMONA A. Y CRIADO A.M. (2013). Enseñanza de la energía en la etapa 6-12 años: un planteamiento desde el ámbito curricular de las máquinas. *Ens. Cien.*, **31** (3), pp. 87-102.
- ❑ GARCÍA HOURCADE J.L. Y RODRÍGUEZ DE ÁVILA C. (1986). Preconcepciones sobre el calor en 2º de B.U.P.. *Ens. Cien.*, **3**, 188-193
- ❑ GIL D. (1991). ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias?. *Ens. Cien.*, **9**, 69-77.
- ❑ GIMENO J. (1983). El profesor como investigador en el aula. Un paradigma de formación de profesores. *Educ. Soc.*, **2**, 51-75.
- ❑ GONZÁLEZ-ESPADA W-J, BRYAN L-A AND KANG NAM-HWA (2001). The intriguing Physics inside an igloo. *Phys. Educ.*, **36**, 290-292.
- ❑ GRIFFIN J. (1998). Learning science through practical experience in museum. *Int. J. Sci. Educ.*, **20**, 655-663.
- ❑ GUSTAVO J. (1987). ¿Pueden interpretarse las preconcepciones a la luz de las teorías del aprendizaje? *Ens. Cien.*, **5**, 231-234.
- ❑ HASHWEH M.Z. (1986). Toward an explanation of conceptual change. *Eur. J. Sci. Educ.*, **8**, 229-249.
- ❑ HEATH N.E. (1976). Heating. *Phys. Educ.*, **11**, 389-390.



- ❑ HELSDON R.M. (1972). A logical approach to the concept of temperature. *Phys. Educ.*, **11**, 261-262.
- ❑ HELSDON R.M. (1982). The zeroth law of Thermodynamics. *Phys. Educ.*, **7**, 114-115.
- ❑ HULL L.W.H. (1978). *Historia y Filosofía de la Ciencia*. (Ariel:Barcelona).
- ❑ JASIEN P. G. AND OBEREM G. E. (2002). Understanding of Elementary Concepts in Heat and Temperature among College Students and K–12 Teachers. *Journal of Chemical Education* Vol. 79, No. 7, pp. 889-895.
- ❑ JOHNSON H. (1970). *Curriculum y Educación*. (Paidós:Buenos Aires).
- ❑ JONHSON P. (1998a). Children's understanding of changes of state involving the gas state. Part.1: Boiling water and the particule theory. *Int. J. Scie. Educ.*, **20**, 567-583.
- ❑ JONHSON P. (1998b). Children's understanding of changes of state involving the gas state. Part.2: Evaporation and condensation below boiling point. *Int. J. Scie. Educ.*, **20**, 695-709.
- ❑ KAPER W.H. Y GOEDHART J.M. (2002). 'Forms of energy', an intermediary language on the road to Thermodynamics. *Int. J. of Sci. Educ.*,
- ❑ KUHN T.S. (1980). *La estructura de las revoluciones científicas*. (Fondo Cultura Económica:Madrid).
- ❑ LABURU C.E. AND NIAZ M. (2002). A Lakatosian Framework to Analyze Situations of Cognitive Conflict and Controversy in Students' Understanding of Heat Energy and Temperature. *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 11, No. 3, pp. 211-219.
- ❑ LAKATOS I. (1983). *La metodología de los programas de investigación*. (Alianza:Madrid).
- ❑ LEDERMAN N.G. (1999). Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice. *J. Res. Scie. Teach.*, **36**, 916-929.
- ❑ LEE HEE-SUN Y LIU NOU LYDIA. (2010). Assessing Learning Progression of Energy Concepts Across Middle School Grades: The Knowledge Integration Perspective. *Science Education*, vol. 93, n.4, pp. 666-688.
- ❑ LEITE L. (1999). Heat and Temperature: an analysis of how these concepts are dealt with in textbooks. *European Journal of Teacher Education*, **22**(1), 75-88.
- ❑ LEVINE, I.N. (1996). *Fisicoquímica. Volumen I*. (Madrid:McGraw-Hill Interamericana).
- ❑ LEWI, E.L Y LINN M.C. (2003). Heat Energy and Temperature Concepts of adolescents, adults, and experts: Implications for curricular improvements. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 40, supplement, pp. s155-s175.
- ❑ LIU X, EBENEZER, J. Y FRASER D.M. (2002). Structural characteristics of university engineering students' conceptions of energy. *J. of Res. in Sci. Teach.*, **39**, 423-421.
- ❑ LOPES COELHO R. (2009). On the Concept of Energy: How Understanding its History can Improve Physics Teaching. *Science & Education*, vol. 18, pp. 961–983.

- ❑ LUBBEN F., NETSHISAULU T. Y CAMPBELL B. (1999). Students' use of cultural metaphors and their scientific understanding related to heating. *Sci. Educ.*, **83**, 761-774.
- ❑ MACEDO DE BURGI B. Y SOUSSAN G. (1985). Estudio de los conocimientos preadquiridos sobre las nociones de calor y temperatura en alumnos de 10 a 15 años. *Ens. Cien.*, **3**, 83-90.
- ❑ MAK SE-YUEN, YOUNG K. (1987). Misconceptions in the teaching of heat. *School Sci. Rev.*, **68**, 464-470.
- ❑ MARTÍNEZ J.M. Y PÉREZ B.A. (1997). Estudio de propuestas alternativas en la enseñanza de la Termodinámica. *Ens. Cien.*, **15**, 287-300.
- ❑ MICHINEL, J.L. y D'ALESSANDRO-MARTÍNEZ, A. (1994). El concepto de energía en los libros de texto: de las concepciones previas a la propuesta de un nuevo sublenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), pp. 369-380.
- ❑ NAVARRO BROTONS V. (a). (1983). La Historia de las Ciencias y la enseñanza. *Ens. Cien.*, **1**, 50-54.
- ❑ NAVARRO BROTONS V. (b). (1983). La Historia de las Ciencias y la Enseñanza: Una selección bibliográfica. *Ens. Cien.*, **1**, 125-126.
- ❑ NEWBURGH R. (2009). Carnot to Clausius: caloric to entropy. *European Journal of Physics*, vol. 30, pp. 713-728.
- ❑ NIAZ M. (2006). Can the Study of Thermochemistry Facilitate Students' Differentiation between Heat Energy and Temperature?. *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 15, No. 3, pp. 269-276.
- ❑ NOTTIS K. E. K., PRINCE M. J. Y VIGEANT MARGOT A. (2010). Building an understanding of heat transfer concepts in undergraduate chemical engineering courses. *US-China Education Review* , vol. 7 (2), pp. 1-9.
- ❑ NOVACK J.D. (1988). Constructivismo humano: un consenso emergente. *Ens. Cien.*, **6**, 213-223.
- ❑ NOVACK J.D. Y GOWIN D.B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. (Martínez Roca:Barcelona).
- ❑ OSBORNE R. Y FREYBERG P. (1985). Roles for the science teacher. En R. Osborne P. Freyberg (1985). *Learnig in Science* (Heinemann:Hong kong).
- ❑ OSBORNE R. Y WITTRUCK M.C. (1983). Learning science: a generative process. *Sci. Educ.*, **67**, 489-508.
- ❑ OTERO J. Y BRINCONES I. (1987). El aprendizaje significativo de la segunda ley de la Termodinámica. *Infancia y Aprendizaje*, **38**, 89-107.
- ❑ PACCA J. L-A Y HENRIQUE K.F. (2004). Dificultades y estrategias para la enseñanza del concepto de energía. *Enseñanza de las Ciencias*, **22** (1), 159-166.
- ❑ PAPP D. (1961). *Historia de la Física*. (Espasa Calpe:Madrid)



- ❑ PÉTURSSON S. (2003). Three Forms of Energy. *Journal of Chemical Education*, vol. 80, n.7, pp. 776-778.
- ❑ PIAGET J. Y INHELDER B. (1980). *Psicología del niño*. (Morata:Madrid).
- ❑ POPPER K.R. (1967). *La lógica de la investigación científica*. (Tecnos:Madrid).
- ❑ POZO J.I. (1990). Estrategias de aprendizaje. En C. Coll, J. Palacios y A. Marchesi (1990). *Obr. cit.*
- ❑ POZO J.I. Y OTROS. (1991). Las ideas de los alumnos sobre Ciencia: una interpretación desde la Psicología Cognitiva. *Ens. Cien.*, **9**, 83-94.
- ❑ PRINGLE R. M. (2006). Preservice Teachers' Exploration of Children's Alternative Conceptions: Cornerstone for Planning to Teach Science. *Journal of Science Teacher Education*, vol. 17, pp. 291-307.
- ❑ ROTH W.M. (1989). Experimenting with temperature probes. *Science and Children*, **27**, 52-54.
- ❑ ROZIER S. Y VIENNOT L. (1990). Student's reasoning in Thermodynamics. *Int. J. Scie. Educ.*, **13**, 159-170.
- ❑ SALTIEL E. Y VIENNOT L. (1985). ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes. *Ens. Cien.*, **3**, 137-144.
- ❑ SÁNCHEZ RON J.M. (1988). Usos y abusos de la Historia de la Física en la enseñanza. *Ens. Cien.*, **6**, pp.179-188.
- ❑ SESTÁK J. AND MACKENZIE R. C. (2001). The fire/heat concept and its journey from prehistoric time into the third millennium. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 64, pp. 129-147.
- ❑ SEXL R.U. (1981). Some observations concerning the teaching of the energy concept. *Eur. J. Sci. Educ.*, **3**, 285-289.
- ❑ SHAW R. (1974). How do you teach heat in schools?. *Phys. Educ.*, **9**, 73-74.
- ❑ SHAYER M. Y ADEY P. (1984). *La ciencia de enseñar ciencias*. (Narcea:Madrid).
- ❑ SHAYER M. Y WYLAM H. (1981). The development of the concept of heat and temperature in 10-13 year-olds. *J. Res. Scie. Teach.*, **18**, 419-434.
- ❑ SOLBES J. Y TARÍN F. (1998). Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía. *Ens. Cien.*, **16**, 387-397.
- ❑ SOLBES, J. Y TARÍN, F. (2004). La conservación de la energía: un principio de toda la Física. Una propuesta y unos resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, **22**, (2),185-194.
- ❑ SOLBES J., GUIASOLA J. Y TARÍN F. (2009). Teaching Energy Conservation as a Unifying Principle in Physics. *Journal of Science Education Technology*, vol. 18, pp. 265-274.
- ❑ SOLOMON J. (1983a). Messy, contradictory and obstinately persistent: a study of children's out-of-school ideas about energy. *School Sci. Rev.*, **64**, 225-230.

- ❑ SOLOMON J. (1983b). Learning about energy: how pupils think in two domains. *Eur. J. Sci. Educ.*, **5**, 49-59.
- ❑ STAVY R. Y BERKOVITZ B. (1980). Cognitive conflict as a basis of teaching quantitative aspects of the concept of temperature. *Scie. Educ.*, **64**, 679-692.
- ❑ STRAUSS S. (1977). Educational implications of U-shaped behavioral growth. Ford Foundation position paper.
- ❑ STRIKE K.A. Y POSNER G.J. (1982). Conceptual change and science teaching. *Eur. J. Sci. Educ.*, **4**, 231-240.
- ❑ STYLIANIDOU F. (1997). Children's learning about energy and processes of change. *School Sci. Rev.*, **79**, 91-97.
- ❑ SUMMERS M.K. (1983). Teaching heat: An analysis of misconceptions. *School Sci. Rev.*, **64**, 670-676.
- ❑ TABER K. S. (1989). Energy- by many other names. *School Sci. Rev.*, **70**, 57-62.
- ❑ TABER K. S. (2000). Finding the optimum level of simplification: the case of teaching about heat and temperature. *Phys. Educ.*, **35**, 320-325.
- ❑ TATON R. (1988). *Historia General de las Ciencias*, 18 volúmenes. (Edic. Orbis: Barcelona).
- ❑ TIROSH D., STAVY R. Y COHEN S. (1998). Cognitive conflict and intuitive rules. *Inter. J. Scie. Educ.*, **20**, 1257-1269.
- ❑ TRUMPER R. (1998). A Longitudinal Study of Physics Students' Conceptions on Energy in Pre-Service Training for High School Teachers. *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 7, No. 4, pp. 311-318.
- ❑ VAQUERO J.M. Y SANTOS A. (2001). Heat and kinetic theory in 19th-Century Physics textbooks: the case of Spain. *Sci. and Educ.*, **10**, 307-319.
- ❑ VÁZQUEZ J. (1987). Algunos aspectos a considerar en la didáctica del calor. *Ens. Cien.*, **5**, 235-238.
- ❑ WARREN J.W. (1972). The teaching of concept of heat. *Phys. Educ.*, **7**, 41-44.
- ❑ WARREN J.W. (1976). Teaching Thermodynamics. *Phys. Educ.*, **11**, 388-399.
- ❑ WARREN J.W. (1982). The nature of energy. *Int. J. Sci. Educ.*, **4**, 295-297.
- ❑ WATSON J.R., PRIETO T. Y DILLON J.S. (1997). Consistency of student's explanations about combustion. *Scie. Educ.*, **81**, 425-443.
- ❑ WATTS D.M. (1983). Some alternative views of energy. *Phys. Educ.*, **18**, 213-217.
- ❑ WISER M. Y AMIN T. (2001). Is heat hot? Inducing conceptual change by integrating everyday and scientific perspectives on thermal phenomena. *Learning and Instruction*, **11**, 331-355.
- ❑ WOOLFOLK A.E. (1996). *Psicología educativa*. (Prentice-Hall Hispanoamericana: México).



- ❑ ZACHARIA Z.C., OLYMPIOU G. Y PAPAERVRIPIDOU M. (2008). Effects of Experimenting with Physical and Virtual Manipulatives on Students' Conceptual Understanding in Heat and Temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 45, no. 9, pp. 1021–1035.
- ❑ ZALAMEA E. Y PARIS R. (1989). ¿Sabían los maestros la Física que enseñan? *Ens. Cien.*, 7, 251-256.
- ❑ ZEMANSKY M.W. (1970). The use and misuse of the word heat in Physics teaching. *The Physics teacher*, 295-300.