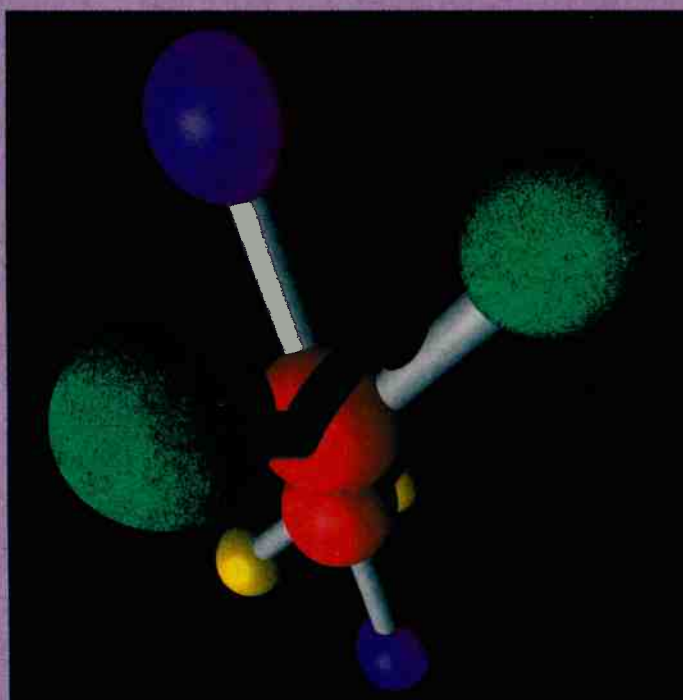


MODULO DE CIENCIAS NATURALES



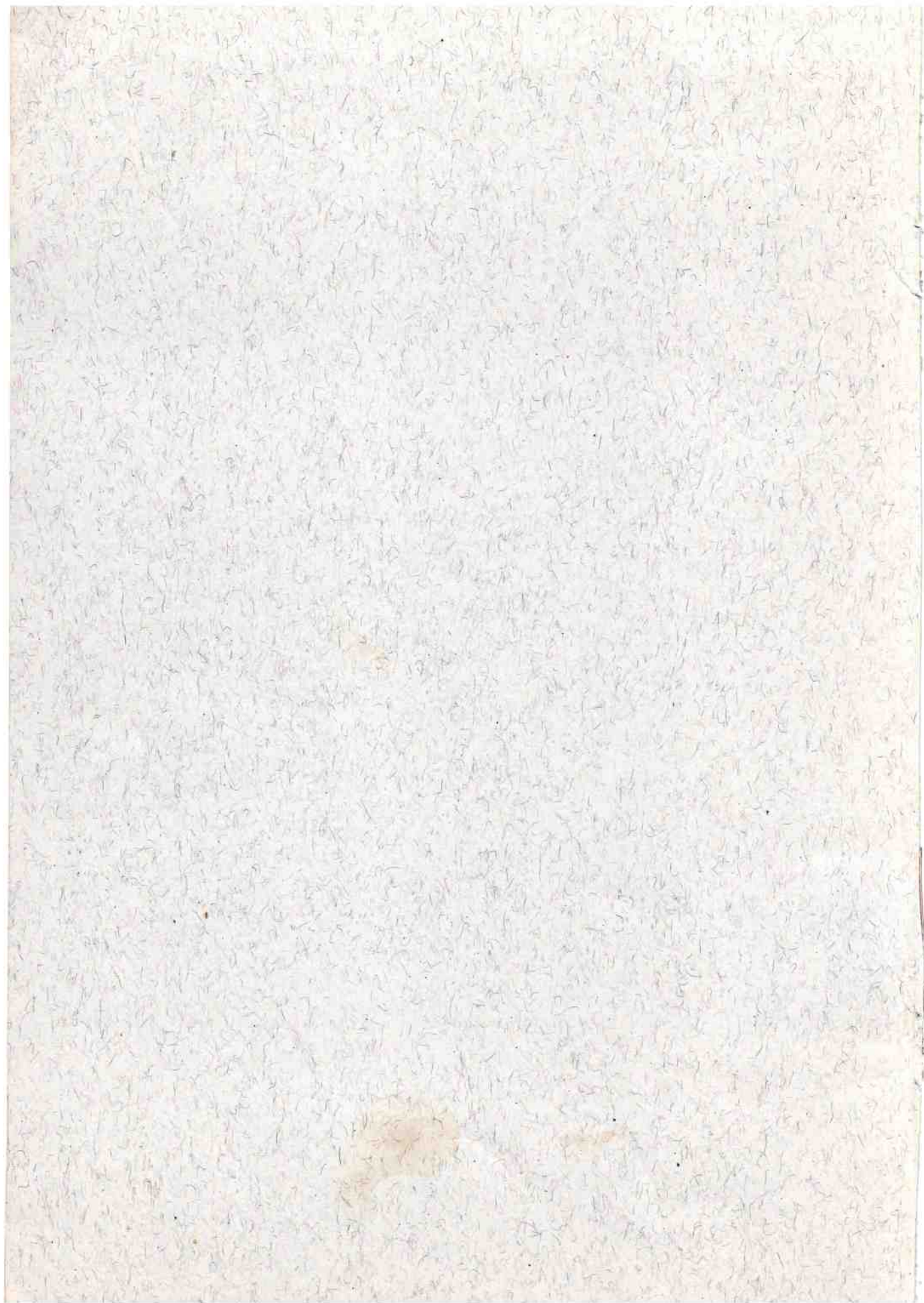
El concepto de energía en la Educación Media



(075.5)



Grupos Profesionales de Trabajo (III)
1995



BIMOL
MTN/1934

OLU. 11010.0)

M697

C3

13 ENE 1998

DONACIÓN MINEDUC

MODULO DE CIENCIAS NATURALES

El concepto de energía *en la Educación Media*

30219



Héctor Muñoz
1995

Módulo de Ciencias Naturales:
El Concepto de Energía en la Educación Media
Grupos Profesionales de Trabajo (III)
1996

Diseño : Mario Casassus

Publicación del Programa MECE / Educación Media
Programa de Mejoramiento de la Calidad y Equidad de la Educación
Ministerio de Educación
República de Chile

Alameda 1371, Piso 9, Santiago
Tel. 699 10 15 Fax 699 11 00

Indice

Presentación	5
I. Una primera aproximación al concepto de energía	7
En busca de una definición	11
Lecturas Adicionales	15
Apéndices	22
Una secuencia para la introducción del concepto de energía en Educación Media.....	22
Proposición de una prueba de diagnóstico para determinar algunas de las ideas previas de alumno en torno al concepto de energía.	25
II La ley de conservación de la energía	27
La conservación de la energía	27
Análisis de situaciones con ayuda de la ley de conservación de la energía.....	32
Lecturas Adicionales	41
Apéndice	44
Experimentos que muestran transformaciones de energía.....	44
III La degradación de la energía	49
¿Es justo que tengamos que pagar por la energía que consumimos?	49
¿Qué significa consumir energía?.....	55
La dirección del tiempo.	60
Lecturas Adicionales	62
IV Consumo de energía y su impacto ambiental.....	65
Panorama energético nacional	68
Hacia las fuentes de energía alternativas	74
Lecturas Adicionales.....	77
Apéndices.....	82
La Cocina Bruja	82
Un Colector Solar	83

Presentación

Estimados/as colegas:

Hemos elegido como eje central del presente módulo el concepto de energía. Se trata de un tema integrador que cubre aspectos propios de cada una de las asignaturas científicas e incluso trasciende sus límites

Energía es un concepto fundamental no sólo para las diferentes disciplinas científicas, sino también para sus principales aplicaciones tecnológicas. La creciente importancia que adquieren hoy día los requerimientos de una profunda y bien fundamentada educación para la preservación del medio ambiente no hace sino aumentar la gravitación que debe darse a este concepto, al mismo tiempo que subraya nuevas facetas y exige nuevas orientaciones a su enseñanza en la educación media.

Conviene subrayar que el contenido de las páginas que siguen **no constituye un tratamiento sistemático** del concepto de energía. No ha sido nuestra intención proponer que este concepto sea tratado en clases en la forma en que se presenta aquí. Más bien, hemos querido mostrar a los colegas sólo algunos aspectos del concepto de energía a modo de vistazos parciales dentro del enorme y multifacético campo de conocimientos, información implicaciones, valores, actitudes, antecedentes históricos, proyecciones futuras, cosmovisión y consideraciones estéticas relacionados con la energía.

El material contenido en este módulo sobrepasa con creces la posibilidad de ser tratado en cuatro sesiones del Grupo Profesional de Trabajo. Y eso no debe ser considerado una limitación. Por el contrario. El contenido impresionantemente rico del concepto de energía evadirá, sin que lo podamos evitar, todo intento de agotar el tema. En lugar de empezar por la primera página y continuar paso a paso tratando de llegar hasta el final, es preferible que cada GPT elija una o dos de las cuatro secciones en que se divide el módulo y las trabaje en profundidad. Los colegas interesados sabrán encontrar el tiempo y el momento para meterse en las demás secciones y/o para aprovechar en sus clases el material que allí se entrega.

A continuación delineamos rápidamente el contenido de cada sección.

La **primera sección** está centrada en torno a los problemas pedagógicos relacionados con la inexistencia de una adecuada **definición del concepto**. Nos referimos también a algo que ustedes ya conocen a través de las actividades del GPT del primer semestre: la importancia de las ideas previas de los alumnos y a una forma de considerarlas al enseñar este concepto.

La **segunda sección** trata acerca de la **ley de conservación de la energía**, su aplicación y sus consecuencias en diferentes ámbitos.

La **tercera sección** está dedicada a un tema poco familiar: la **degradación de la energía**. Este concepto permite comprender mejor el “consumo” de energía en labores cotidianas y en la técnica. Nos lleva, asimismo, a referirnos a la segunda ley de la termodinámica, a los así llamados procesos irreversibles y a la dirección del tiempo, que es un tema con ribetes filosóficos.

Por último, en la **cuarta sección** abordaremos algunos de los **problemas ambientales** que conlleva el empleo de energía, tanto a nivel mundial como en nuestro país. Tendremos oportunidad de considerar la importancia que tiene la educación en la solución de estos problemas que han alcanzado una magnitud nunca antes vista en toda la historia de la humanidad.

Esperamos que este material sea de real utilidad para el mejoramiento de su tarea educativa.

Pero basta de palabras de introducción.

A trabajar

Bienvenidos al tema de la energía.

Santiago, 1995.

I. Una primera aproximación al concepto de energía

EL CONCEPTO DE ENERGIA ES UNO DE LOS CONCEPTOS CENTRALES EN LAS CIENCIAS NATURALES Y DESEMPEÑA, ASIMISMO, UN PAPEL FUNDAMENTAL EN LA TECNOLOGIA. UNA ADECUADA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO, TANTO EN LA EDUCACION BASICA COMO EN LA EDUCACION MEDIA, CONSTITUYE UN OBJETIVO EDUCACIONAL IMPORTANTE PARA LAS DIFERENTES ASIGNATURAS CIENTIFICAS Y NO CIENTIFICAS.

La importancia de la energía tiene una larga historia. Considere al respecto la lectura 1:

LECTURA 1:

El carbón, el gas natural y el petróleo.

El progreso humano ha estado siempre estrechamente asociado a la disponibilidad de energía.

A fines del siglo diecisiete ocurrió una temprana crisis energética. Holanda e Inglaterra se vieron afectadas por una aguda escasez de madera para uso como combustible. A consecuencias de una elevación general de la prosperidad mercantil, se produjo un aumento creciente en la demanda de leña para los barcos, para las casas, para las fundiciones de acero, para la fabricación de sal, de jabón o de cerveza, y para usos domésticos. Aunque la leña podía importarse, la solución más a la mano fue el carbón. Así surgió la primera Revolución Industrial y, con ella, una aceleración en el ritmo de crecimiento del uso de la energía.

El gas natural ha sido utilizado desde hace mucho tiempo en pequeñas cantidades. Pero fue la introducción, a fines del siglo dieciocho, del gas sintético, producido a partir del carbón, lo que dio inicio real a la explotación de ese combustible. Una vez que fue posible resolver los problemas del transporte a largas distancias, el gas natural se convirtió en una importante fuente de energía.

Por último, el descubrimiento del petróleo a fines del siglo diecinueve, junto con el desarrollo de los motores de combustión interna y su empleo en el transporte terrestre, completó el trío de combustibles fósiles del cual ha dependido todo el desarrollo industrial del siglo veinte.

(Hickson, T. D. R., Energy: facts and figures. En: *New trends in physics teaching*. París: Unesco, 1984)

La importancia del concepto ha ido creciendo en el último tiempo y ha trascendido los límites de las ciencias y de la tecnología. Hoy día, la energía es un tema gravitante en la economía y la ecología, y hay problemas sociológicos en los que la disponibilidad, producción y consumo de energía juegan un rol nada despreciables.

En este sentido un ejemplo de especial relevancia y actualidad es la discusión generada por la construcción de la central hidroeléctrica de Pangue en la cuenca del Bío-Bío. Junto con los aspectos técnicos propios de la construcción de un sistema de generación de energía de la magnitud considerada, se requiere considerar:

- aspectos económicos relacionados con la política energética del país,
- las necesidades de cubrir los requerimientos de energía,
- las ventajas y desventajas de utilizar fuentes hidrológicas,
- el eventual impacto ecológico sobre la zona afectada,
- los efectos sobre la vida de las comunidades y poblados existentes en el lugar,
- los posibles efectos sobre el potencial turístico del río y sus alrededores.

Como se ve, la enseñanza del concepto de energía no puede quedar circunscrita a sus aspectos puramente científicos, ya sea en física, química o biología. El tratamiento de sus implicaciones extra científicas, en especial sus repercusiones en tecnología, economía y ecología debe ser parte ineludible en la enseñanza de ciencias, y como tal el concepto interesa no sólo al profesor/a de ciencias.

Actividad 1



La figura 1 muestra la forma en que se distribuye el consumo de energía en los países desarrollados. Las figuras 2 y 3 hacen lo propio con el consumo de energía en los países en vías de desarrollo y en nuestro país. ¿Qué comentarios le merecen estos datos? Examine los gráficos junto con su colega del lado, y comente sus puntos de vista con sus colegas del grupo.

Figura 1:

EL CONSUMO DE ENERGIA EN LOS PAISES DESARROLLADOS

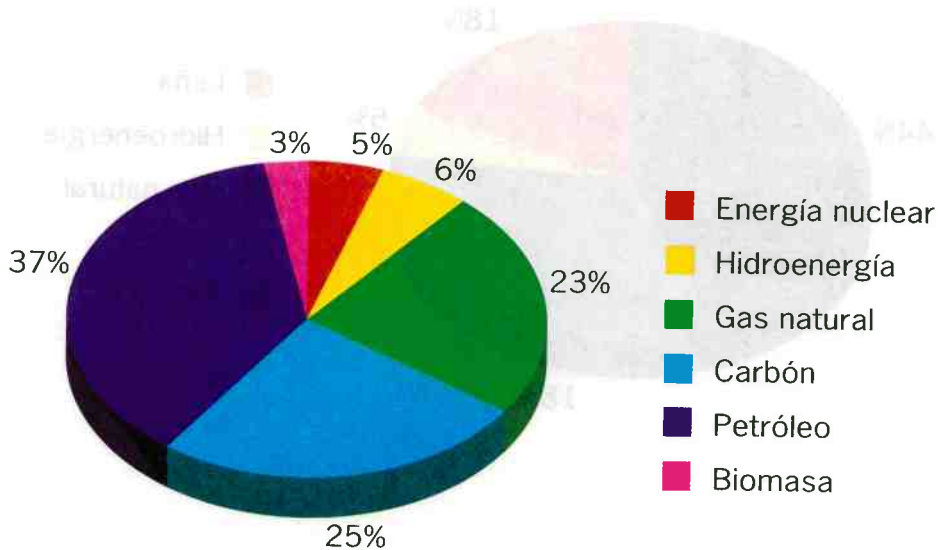


Figura 2:
EL CONSUMO DE ENERGIA EN LOS PAISES EN VIAS DE DESARROLLO

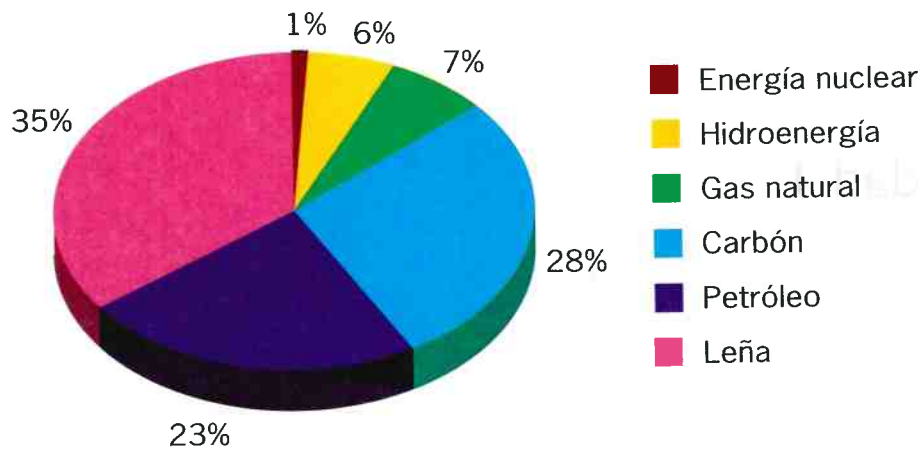
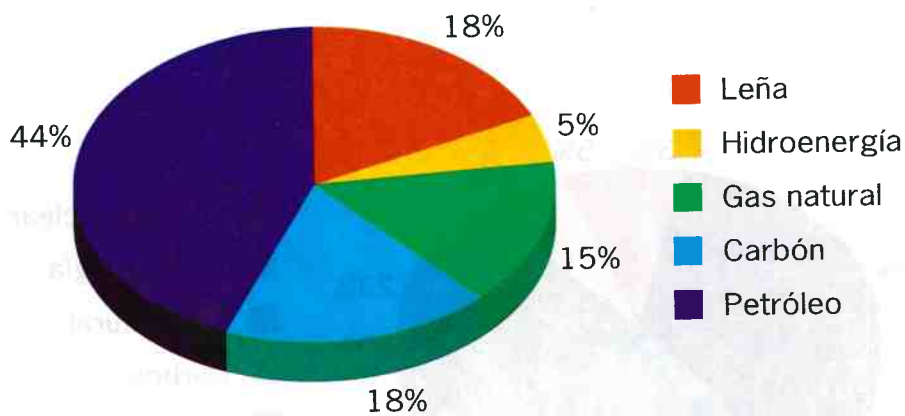


Figura 3:
EL CONSUMO DE ENERGIA EN CHILE



Actividad 2

- (a) En el texto anterior se afirma que “no es efectivo que la enseñanza de todo concepto científico debe comenzar con una buena definición.” ¿Qué opina usted y el grupo al respecto?
- (b) Hay situaciones en que una buena definición es una gran ayuda para lograr que el alumno comprenda mejor un concepto. Hay otras en que la definición que se acostumbra a dar no ayuda en nada y sólo sirve para ser preguntada en las pruebas. ¿Podría dar usted ejemplos al grupo, basados en su propia experiencia, de uno y otro caso?

En busca de una definición

Aunque parezca extraño, no existe ninguna buena definición para el concepto de energía.

Sabemos que en ciencias se distinguen diferentes tipos de energía (energía cinética, energía potencial, energía interna, energía química, energía eléctrica, energía nuclear, etc.). Para cada una de ellos existe una definición clara e inequívoca que nos permite calcular la cantidad de energía de cada tipo involucrada en procesos de transformación o transferencia de energía.

Pero para el concepto global de energía no hay definiciones satisfactorias. Puede ser útil considerar lo que dicen al respecto algunos físicos y profesores de física. Por eso hemos reproducido algunos textos que se refieren a este tema (ver lecturas 2, 3 y 4 en Lecturas Adicionales).

No tenemos una definición para la energía. ¿Quiere decir esto que estamos frente a un serio problema metodológico al diseñar una estrategia para la enseñanza del concepto? A nuestro juicio, no. **Definitivamente no.**

Tanto la experiencia práctica como la investigación educacional llevan a pensar que las definiciones deberían desempeñar en la enseñanza de las ciencias naturales un papel mucho menos destacado que lo que normalmente se supone.

No es efectivo que la enseñanza de todo concepto científico debe comenzar con una buena definición.

No es efectivo que sólo podemos hablar de algo después de que lo hemos definido adecuadamente.

Si tiene dudas, intente dar una buena definición del concepto de "mesa". Seguramente no le será fácil. Lo que no impide que usted use sin problemas el concepto en el lenguaje cotidiano o en el desarrollo de temas de la mayor relevancia.

¿Cómo organizar entonces la enseñanza del concepto de energía sin echar mano a una definición?

En verdad, el problema es mucho más simple de lo que podría parecer.

Como ocurre con prácticamente todo concepto científico importante, el alumno entra a la sala de clases con un extenso bagaje de información y de ideas previas acerca de la energía. Esta información y estas ideas previas pueden ser más completas o menos completas, más vagas o más precisas, más correctas o más incorrectas, pero están siempre presentes.

Han sido adquiridas a través de la televisión, las revistas o los diarios, a través de la conversación con adultos o con otros niños y a través de la propia experiencia cotidiana del niño en su permanente interacción con el mundo que le rodea.

Nuestra tarea, por lo tanto, no es introducir el concepto desde cero, sino sistematizar, pulir, corregir las nociones previas del alumno y, a partir de allí, construir un concepto más sólido, más profundo, más científico.

Actividad 3

Considere, junto con su grupo el uso que podría darle en la enseñanza media al tratamiento del concepto de energía :

- (a) Considera recomendable y posible tratar con sus alumnos problemas que van más allá del tema de la energía?
- (b) En el apéndice 1 se delinea una secuencia para el tratamiento del tema de la energía en primero medio que ha sido aplicada con resultados bastante buenos. Analice la secuencia propuesta. Coméntela con sus colegas. ¿Les parece adecuada? Si no, ¿qué modificaciones propondrían ustedes?

Actividad 4

Eche un vistazo, a los materiales de lectura 5, 6 y 7 (las lecturas adicionales). Contienen información que quizás le resultará de interés y que podría aprovechar en sus clases.

Para realizar con los alumnos

A continuación sugerimos algunas actividades que puede hacer con sus alumnos en relación al concepto de energía. No es necesario que usted esté tratando ese concepto. Seleccione un grupo de alumnos y pruebe la actividad que le parezca más conveniente.

1. Proponga a sus alumnos algún tema de discusión que les resulte interesante y que esté relacionado con la importancia actual de la energía y las consecuencias de su uso por el hombre. Puede sugerir que dos alumnos preparen un tema para discusión general; o plantearlo al curso total mediante preguntas motivadoras. Por ejemplo, podría ser la construcción de la central hidroeléctrica de Pangué, la conveniencia de usar bencina sin plomo, la electrificación de sectores rurales aislados, la restricción vehicular en las grandes ciudades, etc.
2. Diseñe y realice alguna actividad que permita conocer algo más acerca de las concepciones que tienen sus alumnos sobre el concepto de energía. Puede realizar un mapa conceptual (vea el Manual Mejorando el Aprendizaje de Nuestros Alumnos). O puede utilizar un cuestionario, tomando como base el que aparece en el Apéndice 2. Es posible que al hacer una u otra de estas actividades, pueda constatar que sus alumnos saben mucho más acerca de energía de lo que usted pensaba. Conociendo esos datos, usted podría estructurar una estrategia de enseñanza.

A MODO DE EVALUACION

Revise lo tratado en esta sesión y anote las dos o tres ideas que, a su juicio, son las más importantes

Lecturas Adicionales

LECTURA 2:

¿Qué es la energía?

Las palabras “energía” y “trabajo” son muy comunes en la vida diaria y se las usa con varios significados. En especial, los usos de la palabra “energía” alcanzan ribetes semi-mágicos, se la usa para un barrido y para un fregado, es una palabra cúralo-todo. En parte, la dificultad proviene del hecho de que **existen** varios tipos de energía y no existe una definición buena, bonita y barata que las abarque a todas.

En vez de comenzar con definiciones matemáticas, vamos a acercarnos a la noción de energía a través de algunos ejemplos cotidianos y concretos. ¿Cuándo se dice que una persona tiene mucha energía? Cuando se mueve mucho, cuando hace muchas cosas, va de aquí para allá y de allá para acá. Probablemente éste es el origen de la conocida pseudo-definición *energía es la capacidad para realizar trabajo*, de la cual se ríe un poeta inglés describiéndola **energy is the capacity to do mischief** [energía es la capacidad para realizar travesuras].

Aunque es prematuro embarcarse en una discusión general de la noción de energía, para comenzar a entenderla se puede adelantar que la energía no es una “cosa”, sino un concepto inventado por el Hombre. Este concepto es famoso porque es una gran ayuda para describir el comportamiento de muchos sistemas físicos, químicos y biológicos, entre los que estamos nosotros mismos.

A veces aparecen en los periódicos comentarios como: “Venezuela y México son grandes exportadores de energía”. ¿Cómo puede ser que se exporten “conceptos” en barriles? Para empezar, México y Venezuela no exportan conceptos, sino petróleo. El petróleo, se puede quemar y al quemarse produce calor que podemos usar para calentar agua, hacer funcionar motores, etc. El concepto de energía es una idea que nos ayuda a poner en orden muchos fenómenos, entre ellos los asociados a la quema de combustibles.

Si por combustible no entendemos solamente petróleo, carbón o gas, sino también a nuestros alimentos y en general a todos los nutrientes, a grandes rasgos podemos dividir las tareas en dos categorías: aquellas cuya realización necesita el consumo de combustible y aquellas que no requieren combustible.

- Mantener en alto un objeto no requiere consumo de combustible, ya que debajo de él podemos colocar una mesa e irnos.
- Por el contrario, levantar objetos sí requiere consumo de combustible.
- Mantener a la Luna en su órbita no requiere consumo de combustible.
- Poner un satélite en órbita sí requiere combustible.
- Cuando levantamos un ladrillo, lo que hacemos es aumentar la distancia entre el ladrillo y el centro de la Tierra. Esta tarea sí requiere el consumo de combustible: en este caso el combustible es nuestro alimento.

En vez de dividir a las tareas en dos tipos diciendo que unas requieren el consumo de combustible y otras no lo necesitan, podemos decir que hay tareas que requieren consumo de energía y otras que no requieren energía. (Nótese que decimos *tareas* y cuidadosamente evitamos hablar de *trabajos*.)

(Moreno, Darío., Dinámica. México : UNAM, 1993)

LECTURA 3:

Acerca del concepto de energía

Como ocurre tan frecuentemente con las palabras que utilizan los físicos, la palabra "energía", cuando se usa en un contexto científico, tiene un significado depurado, especializado, que no tiene en el lenguaje cotidiano. En estos casos, resulta muy tentador hacer notar este hecho a los alumnos y empezar con una definición.

Pero este paso puede originar mayores problemas de los que se quiere resolver. Consideremos, por ejemplo, la definición tan común "energía es la capacidad para realizar trabajo". ¿Qué puede hacer con esta definición una persona que empieza a meterse en el tema? ¿Y cómo responde el profesor la pregunta obvia acerca del significado de la palabra "trabajo"?

La verdad es que la noción de energía no es simple. El concepto mismo apareció muy tarde. Surgió de los muchos experimentos realizados por distinguidos científicos entre, digamos, 1798, cuando Rumford perforó su cañón, hasta la década de 1840, cuando James Prescott Joule, por medio de una cantidad de métodos diferentes, determinaba el llamado equivalente mecánico del calor y cuando Hermann Helmholtz formulaba la ley de conservación (1847).

El concepto de entropía siguió poco después (1850).

Ideas que surgen tan tarde en la historia de una ciencia tienen siempre dificultades intrínsecas. Y no es difícil ver por qué esto es así. La energía no puede verse, no puede oírse, no puede palparse. De hecho, sólo podemos detectarla cuando está teniendo lugar una u otra transformación. ¿Qué es la luz? Energía en tránsito. ¿Qué es el calor? Energía en tránsito. ¿Qué es el trabajo? Energía en tránsito.

Si, como buenos profesores, creemos que la comprensión de una idea por el niño le viene del uso que se da a esa idea y que el comprender crece en la medida de su aplicación, deberíamos evitar el enfoque adulto, formalizado, que toma como punto

de partida una definición. Esto significa que podríamos introducir la idea mucho antes. De hecho, numerosos enfoques actuales introducen el tema de la energía en la escuela primaria y proporcionando así una base firme experiencial sobre la cual construir más tarde un aprendizaje más formalizado del concepto.

(Wenham, M. B. E., *New trends in physics teaching*. París: Unesco, 1984)

LECTURA 4:

La energía y la conservación

Para ilustrar las ideas y los tipos de razonamiento que pueden usarse en física teórica, examinaremos ahora una de las leyes más fundamentales de la física, la conservación de la energía.

Existe un hecho, o si ustedes quieren, una ley, que gobierna todos los fenómenos naturales que conocemos hasta la fecha. Esta ley se conoce bajo el nombre de conservación de la energía.

Afirma que hay una cierta magnitud, que llamamos "energía", que no cambia a través de los múltiples cambios que ocurren en la naturaleza. Esta es una idea muy abstracta, porque es sólo un principio matemático que dice que hay una cierta cantidad numérica que no cambia cuando algo ocurre. No es una descripción de algo, no es un mecanismo, no es ninguna cosa concreta. Es simplemente el extraño hecho de que podemos calcular un número, y cuando terminamos de observar a la naturaleza haciendo sus jugarretas y volvemos a calcular ese número, encontramos el mismo valor inicial.

Algo así como el comportamiento de un alfil en un tablero de ajedrez. Sabemos que después de una serie de movidas, cuyos detalles podemos desconocer totalmente, seguirá siempre en una casilla del mismo color. Es una ley de su naturaleza.

La energía se presenta bajo numerosas formas diferentes, y hay una fórmula para cada una de ellas. Está la energía gravitacional, la energía cinética, la energía térmica, la energía elástica, la energía eléctrica, la energía química, la energía radiante, la energía nuclear, la energía asociada a la masa.

En la física actual no sabemos lo que es la energía. Pero hay fórmulas para calcular cada uno de los tipos de energía. Y cuando aplicamos estas fórmulas y sumamos todos los valores, obtenemos un número que no cambia.

(Feynman, Richard, *The Feynman's lectures on physics*. California: Addison Wesley, 1964.)

LECTURA 5

En los últimos años, a medida que la energía ha asumido una importancia cada vez mayor en el mundo debido a su escasez, altos costos y una intensa propaganda, cualquier divorcio entre la enseñanza que se imparte en los cursos de ciencias y el mundo real se convierte en un peligro no despreciable para una adecuada comprensión.

Desde la perspectiva nuestra de simples ciudadanos, quisiéramos que nuestros estudiantes pudieran entender por lo menos los siguientes puntos, sin perjuicio de otras cosas que ellos necesitan aprender en términos más formales sobre el tema.

1. La energía hace que las cosas sucedan -hace crecer la semilla, hace andar las máquinas, eleva cargas, calienta nuestros hogares, cocina los alimentos, hace operar los sistemas de comunicación, nos mantiene vivos, etcétera.
2. La energía cuesta dinero (el combustible, el alimento, los costos ocultos en su producción)
3. La energía cambia continuamente de una forma a otra -y al hacerlo puede ser utilizada para propósitos humanos útiles (y no tan útiles).
4. La energía, en último término, proviene del Sol o del núcleo.
5. La energía se conserva en el sentido científico de la palabra pero al final se degrada a la forma que llamamos calor y, a menos que se encuentre a una temperatura suficientemente alta, se hace virtualmente inútil.

(Wenham, M. B. E., *New trends in physics teaching*. París: Unesco, 1984)

LECTURA 6

LA ENERGIA EN LA VIDA DIARIA

La unidad de energía más familiar para la persona corriente es el "kilo watt hora" (kWh) que aparece en la cuenta de la luz. Aunque corresponde a 3600 kJ, su gran familiaridad la convierte en una unidad atractiva cuando uno quiere relacionar la energía con lo que se experimenta en la vida diaria.

El requerimiento promedio de energía de una persona es de poco menos de 3 kWh. A modo de comparación, una lámpara de 100 W encendida durante 24 horas consume 2,4 kWh, de modo que usted y yo vivimos convirtiendo energía aproximadamente con la misma rapidez con que consume energía una lámpara de 100 W.

La energía para vivir proviene de los alimentos que ingerimos. Cualquier texto de biología entregará detalles acerca de la energía disponible en los diferentes tipos de alimentos. Pero lo que estos textos generalmente no dicen es que también los

alimentos requieren energía para ser producidos, y que debemos pagar por esa energía.

Consideremos un kilo de pan. Un kilo de pan proporciona a quien lo consume cerca de 3 kWh de energía química. Para confeccionar esa cantidad de pan a partir del trigo se necesitan **aproximadamente** unos 4 kWh, considerando el consumo de energía del campesino, el molinero, el panadero y el comerciante.

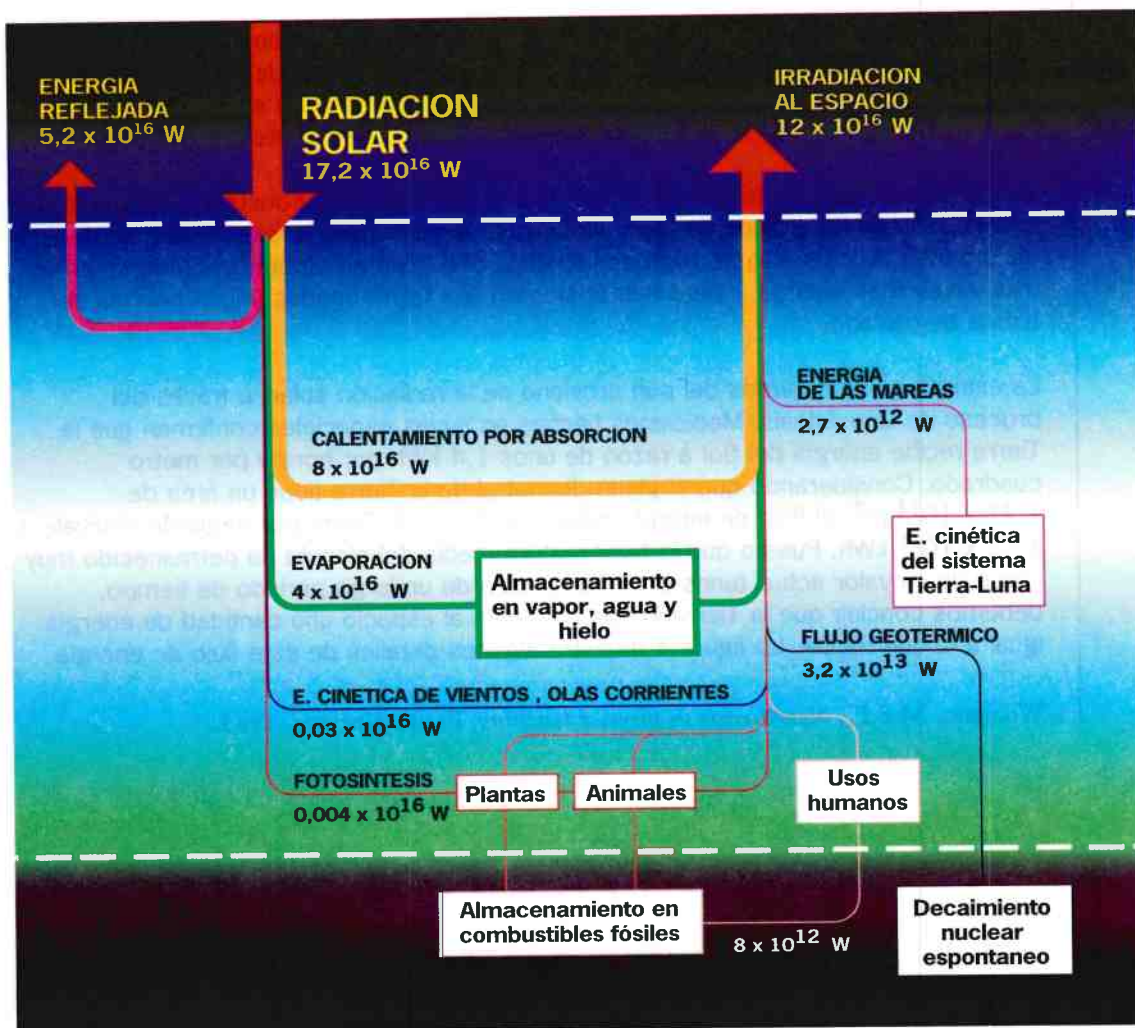
El campo de trigo puede compararse a una granja solar que consume energía solar y la almacena en los granos de trigo. Nosotros, seres humanos, extraemos alrededor de 3,5 kWh de cada kilo de trigo cosechado. Si quemáramos el trigo, obtendríamos tres veces más energía., pero habría sido en una forma menos útil: la energía se habría degradado.

La energía que extraemos del pan proviene de la radiación solar, a través del proceso de fotosíntesis. Mediciones hechas en naves espaciales confirman que la Tierra recibe energía del Sol a razón de unos 1,4 kWh por hora y por metro cuadrado. Considerando que el plano diametral de la Tierra tiene un área de $1,23 \times 10^{14} \text{ m}^2$, el flujo de energía solar que llega a la Tierra por segundo equivale a $17,2 \times 10^{16} \text{ kWh}$. Puesto que la temperatura media del planeta ha permanecido muy cerca de su valor actual (unos 8°C) a lo largo de un largo período de tiempo, debemos concluir que la Tierra irradia de vuelta al espacio una cantidad de energía igual a la que recibe. La figura 4 muestra algunos detalles de este flujo de energía.

Wenham, M.B.E., *New trends in physics teaching*, París: Unesco, 1983.



Figura 4:
EL FLUJO DE LA ENERGIA SOLAR EN LA TIERRA



(Nota. En la figura, los datos numéricos se refieren al flujo de energía por segundo, es decir a la potencia. Por ello se miden en watt (W). Como se sabe, $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$.)

LECTURA 7

REQUERIMIENTOS DE ENERGIA

El requerimiento diario de energía de un ser humano depende de su masa y de la actividad que realiza. A continuación se proporcionan algunas cifras promedio. Los datos están dados en kWh por día.

Cuadro 1: REQUERIMIENTOS DE ENERGIA

	Mujeres (kwh / día)	Hombres (kwh / día)
Descansando en cama	1,75	2,1
Realizando un trabajo liviano	2,6	3,2
Realizando un trabajo pesado	3,4	4,1

Apéndices

Apéndice 1 :

Una secuencia para la introducción del concepto de energía en Educación Media

1. El Sol, nuestra principal fuente de energía.

Cómo nos llega la energía solar. Sus efectos sobre los fenómenos atmosféricos, sus efectos sobre la piel, la fotosíntesis, almacenamiento de energía en combustibles fósiles (carbón, gas, petróleo), las posibilidades de uso mediante baterías solares, etc.

2. Otros tipos de energía.

- La energía eléctrica

Sus principales usos en la vida contemporánea. El gran impulso al desarrollo que significó, a partir de la segunda mitad del siglo XIX, la posibilidad de utilizar energía eléctrica en el alumbrado y en motores. Facilidad de transportar energía eléctrica a grandes distancias. Su uso no ocasiona contaminación en el medio ambiente.

- La energía cinética.

Todo cuerpo en movimiento posee energía cinética. Por ello, se requiere energía para aumentar la velocidad de un cuerpo, y es necesario quitarle energía para disminuir su velocidad. La energía cinética depende de la masa del cuerpo y de su velocidad.

- La energía potencial elástica.

Se necesita energía para deformar un cuerpo elástico (resorte, banda elástica, hinchable de acero, vara de madera, etc.). El cuerpo almacena esa energía en forma de energía potencial elástica y la devuelve al retornar a su forma original. Algunas aplicaciones prácticas.

- La energía potencial gravitatoria.

Es similar a la anterior. Su origen está en las fuerzas de gravitatorias. Puesto que ellas son de atracción, se necesita energía para aumentar la separación entre dos cuerpos. Cuando levantamos un objeto, lo estamos separando de la Tierra. Por eso se necesita energía para hacerlo. Mientras se mantenga a su altura, el cuerpo almacena la energía en forma de energía potencial gravitatoria y la devuelve al descender nuevamente.

- La energía térmica o energía interna.

Corresponde a la suma de las energías de las moléculas en un cuerpo.

- La energía química.

Su origen está en las fuerzas entre los átomos de una molécula. Debido a la existencia de estas fuerzas, las reacciones químicas, que significan romper o formar moléculas, están acompañadas de liberación o de absorción de energía.

- La energía atómica.

Es similar a la energía química. Su origen está en las fuerzas que existen entre los componentes del átomo.

- La energía nuclear.

Similar a la anterior. Su origen está en las fuerzas al interior del núcleo de los átomos.

3. Algunas propiedades de la energía.

- La energía puede presentarse en una gran variedad de formas(ver punto anterior).
- La energía puede transformarse de un tipo en otro.
- La energía puede ser transferida de un cuerpo a otro.
- La energía puede ser trasladada de un lugar a otro.
- La energía puede ser almacenada.
- La energía puede ser irradiada.

4. Unidades de medida para la energía.

Existen diversas unidades de medida para la energía. Las más conocidas son: la “caloría” (cal) que se utiliza frecuentemente en química y biología, el “kilowatt-hora” (kWh) empleado en electricidad, el “joule” (J) que es la unidad oficial del Sistema Internacional de Unidades.

5. *La ley de conservación de la energía.*

La propiedad más importante de la energía es el hecho que ella se conserva en todo proceso de transformación o transferencia de energía. Formulación, explicación y ejemplos de la ley de conservación.

6. *Problemas asociados al uso de la energía en la práctica.*

En la práctica, para realizar alguna tarea, no sólo se requiere una cierta cantidad de energía. Además, generalmente se requiere un cierto tipo de energía, en un determinado momento y en un determinado lugar. Por ello, se requiere implementar sistemas capaces de almacenar, de transportar y de transformar energía en la forma, tiempo y lugar correspondientes.

Otro problema del uso práctico de la energía es el hecho que en cada proceso de transformación la energía se degrada, de modo que disminuyen sus posibilidades de utilización. [*Este hecho está relacionado con el segundo principio de la termodinámica. A él nos referiremos en la próxima sesión.*].

Apéndice 2:

Proposición de una prueba de diagnóstico para determinar algunas de las ideas previas de alumno en torno al concepto de energía.

1. Seguramente tú has oído hablar de la “energía eléctrica” y de la “energía atómica”. ¿Qué otros tipos de energía podrías mencionar?

[Este ítem pretende averiguar cuáles son los tipos de energía más conocidos por los alumnos. Asimismo, es posible que surjan algunas ideas erradas como, por ejemplo, mencionar las fuerzas como tipo de energía].

2. Menciona dos ejemplos en los cuales se produzca una transformación de energía de un tipo en otro. En cada caso, indica qué tipo de energía se está transformando en qué otro tipo de energía.

[En este ítem, se quiere determinar si el alumno posee una noción relativamente clara acerca de los procesos de transformación de energía. Contribuirá, asimismo, a detectar eventuales errores conceptuales en la caracterización de tipos de energía.]

3. Según Esteban, no se necesita energía para mantener una maleta a una altura de dos metros sobre el suelo. Para ello, afirma, basta colgarla de un árbol mediante una cuerda. ¿Qué opinas tú?

[Esteban tiene razón. Es cierto que se requiere energía para subir la maleta hasta la altura indicada, pero una vez allí, no es necesario energía para mantenerla en esa posición. La cuerda debe ejercer una fuerza sobre la maleta para contrarrestar al peso, pero no le entrega energía. Si yo sostengo la maleta, me canso y consumo energía de mis músculos. Pero esa energía no va a la maleta, sino que simplemente se disipa en forma de calor]

4. En la lista que sigue, marca con una cruz los casos en los que se está pagando por disponer de energía.

- A. Al pagar la cuenta de la luz.
- B. Al pagar la cuenta del agua.
- C. Al pagar la cuenta del gas.
- D. Al comprar verdura en la feria.
- E. Al comprar un libro.
- F. Al comprar un kilo de carne.
- G. Al comprar entradas para un concierto de rock.

[Este ítem intenta averiguar cuánta claridad tienen los alumnos respecto a las fuentes de

energía que se emplean en la vida diaria. Deberíamos considerar acertadas las opciones A, C, D y F. Si algunos alumnos mencionan otras alternativas, conviene conversar con ellos para determinar cuáles fueron sus razones y conocer mejor su forma de concebir el concepto de energía.]

5. *¿Cuáles son las tareas domésticas que más consumen energía en tu casa?*

[Nuevamente, se trata de determinar las ideas que el alumno tiene acerca del uso de energía en diferentes tareas. Al mismo tiempo, los prepara para un tratamiento del tema estrechamente ligado al entorno cotidiano del muchacho o muchacha.]

6. *¿Cuáles son las principales fuentes de energía en el mundo de hoy?*

[Prácticamente toda la energía que utiliza el hombre proviene, en último término, del Sol. Entre las escasas excepciones, se pueden mencionar la energía nuclear, la energía geotérmica y la energía proveniente de la combustión de algunas sustancias inorgánicas. La energía solar se aprovecha directamente o en forma indirecta a través de los combustibles fósiles, de la leña, de la hidroenergía, de la energía del viento y de los alimentos. Al analizar las respuestas de los alumnos, conviene prestar especial atención a eventuales errores que pueden revelar confusión de términos, especialmente entre energía y fuerza o entre energía y movimiento.]

II. La ley de conservación de la energía

LA MAS IMPORTANTE PROPIEDAD DE LA ENERGIA ES LA EXISTENCIA DE UNA LEY DE CONSERVACION. TODAS LAS TRANSFORMACIONES Y TRANSFERENCIAS QUE PUEDA EXPERIMENTAR LA ENERGIA ESTAN REGIDAS POR UNA LEY DE CONSERVACION. ESTA LEY AFIRMA QUE LA CANTIDAD TOTAL DE ENERGIA PERMANECE SIEMPRE CONSTANTE.

La conservación de la energía

No cabe duda de que la más importante propiedad de la energía es la existencia de una ley de su **conservación**. Conviene, **entonces**, dar un vistazo más detenido al **significado** y proyecciones de la conservación de la energía.

Iniciaremos esta sesión con la lectura de un trozo extraído de un texto destinado originalmente a alumnos de primer año medio.

Actividad 5

Lea el material de lectura 8.

LECTURA 8

La ley de conservación de la energía

Hemos reservado para el final la propiedad más importante de la energía.

Nos referimos al hecho de que todas las transformaciones y transferencias que pueda experimentar la energía están regidas por una ley de conservación que afirma que la cantidad total de energía permanece siempre constante.

Así, por ejemplo, si en un proceso dado hay una transformación de energía química en energía eléctrica, entonces la cantidad de energía eléctrica obtenida es exactamente igual a la disminución que experimenta la energía química.

Supongamos que la pila de un auto de juguete entrega 800 J de energía eléctrica al pequeño motor que hace funcionar el auto. De acuerdo con la ley de conservación de la energía, la energía química de la pila habrá disminuido en 800 J .

La ley de conservación de la energía es una de las leyes fundamentales de la Física. Su descubrimiento fue resultado del gran interés por los problemas prácticos derivados de la Revolución Industrial, especialmente en el campo de la ingeniería.

Es interesante hacer notar que la ley de conservación de la energía fue propuesta por alrededor de una docena de hombres de ciencia y filósofos entre los años 1832 y 1854 .

Algunos de ellos expresaron la idea en términos vagos; otros la expresaron con toda claridad y precisión. Algunos llegaron a ella basándose en consideraciones puramente filosóficas; otros, llevados por su experiencia directa con máquinas y procesos industriales; otros se afirmaron básicamente en experimentos de

laboratorio; por último, hubo también algunos que partieron de una combinación de todos estos factores.

Según la ley de conservación de la energía, en todo proceso de transformación o de transferencia de energía, la cantidad total de energía se mantiene constante

En otras palabras, la ley de conservación de la energía afirma que:

(a) no existe ni puede existir ningún proceso, ningún mecanismo ni ninguna máquina capaces de generar energía;

(b) no existe ni puede existir ningún proceso, ningún mecanismo ni ninguna máquina capaces de hacer desaparecer energía;

(c) si en algún proceso se observa que la cantidad de energía varía, siempre será posible atribuir dicha variación a un intercambio de energía con algún otro cuerpo o con el medio circundante.

Analicemos algunos ejemplos concretos.

Un bus interprovincial está detenido en el terminal. Al llegar la hora de salida, el conductor hace funcionar el motor y el bus se pone en marcha. Esto implica que la energía cinética del bus aumenta. El aumento de energía proviene de la energía química liberada en la combustión de gasolina en el motor del bus.

No toda la energía química liberada en el motor se transforma en energía cinética. Parte es transferida en forma de calor a los diferentes componentes del motor y al aire circundante. Esta energía «se pierde», en el sentido que no se aprovecha para el movimiento del vehículo.

Ahora el bus corre con velocidad constante. Su energía cinética, por lo tanto, permanece también constante. Pero el motor está funcionando y consume combustible.

¿Qué se hizo la energía liberada en la combustión?

-Es transferida al aire en forma de calor: si pudiéramos efectuar una medición muy precisa, detectaríamos un leve aumento de la temperatura del aire como resultado del paso del bus.

Veamos otro ejemplo.

Daniela y Gonzalo viven cerca de un cerro. Un día radiante de primavera, deciden hacer un poco de ejercicio en pleno contacto con la naturaleza y, vistiendo sus buzos, trotan ágilmente hasta la cima del cerro, para luego trotar no menos ágilmente regreso a casa.

Mientras suben, en los músculos se produce una activa transformación de energía química en energía mecánica. Esta se emplea, parcialmente, en aumentar de la energía potencial gravitatoria de nuestros ágiles deportistas. Otra parte se disipa en forma de calor.

Durante el descenso, hay una disminución de la energía potencial gravitatoria, la que debe ser transformada en algún otro tipo de energía. Por otra parte, los músculos continúan trabajando para evitar un aumento de la velocidad más allá de lo prudente.

Es decir, continúa la liberación de energía química.

El problema de Daniela y Gonzalo durante el descenso consiste, por lo tanto, en deshacerse de la energía sobrante. Ello se realiza por transferencia al aire, en forma de calor.

Por esta razón, el descenso «acalora»: se transpira abundantemente y la piel enrojece, indicando que los vasos sanguíneos se han desplazado hacia la superficie para facilitar el traspaso de calor al medio ambiente.

(Muñoz, Héctor, *Física Primero Medio*. Santiago: Dolmen Ediciones 1991)

Discuta con sus colegas la posibilidad de dividir este texto que acaba de leer en partes y proponga subtítulos para cada una de las partes. Comente, asimismo, con sus colegas otras ideas o ejemplos que usted quisiera agregar en el momento de tratar el tema en clases.

PARA PENSAR:

algunas estadísticas mencionan la cantidad de “energía generada” en tal o cual período de tiempo. ¿Qué significado podrían atribuirle a la expresión “energía generada” en este caso?

Actividad 6

Examine el cuadro siguiente que muestra el porcentaje de la energía consumida que se convierte en energía útil en diferentes tipos de motores.

Cuadro 1

Tipo de Motor	Porcentaje de la energía consumida que se transforma en energía útil
Motor a bencina	34 %
Motor Diesel	40 %
Motor eléctrico	90 %

Considere con sus colegas lo siguiente:

- ¿Cuál de estos motores le parece ser el más económico?
- ¿Qué significado debe atribuirse a la expresión “energía útil”?
- ¿Qué sucede con el resto de la energía?
- ¿A qué razones atribuye usted que casi no existen automóviles que funcionen con motor eléctrico?
- De acuerdo con los datos del cuadro, si usted fuera Ministro de Transportes, ¿incentivaría el transporte por ferrocarril o por carretera? ¿Qué otros factores cree que habría que considerar al adoptar una decisión de esta naturaleza.

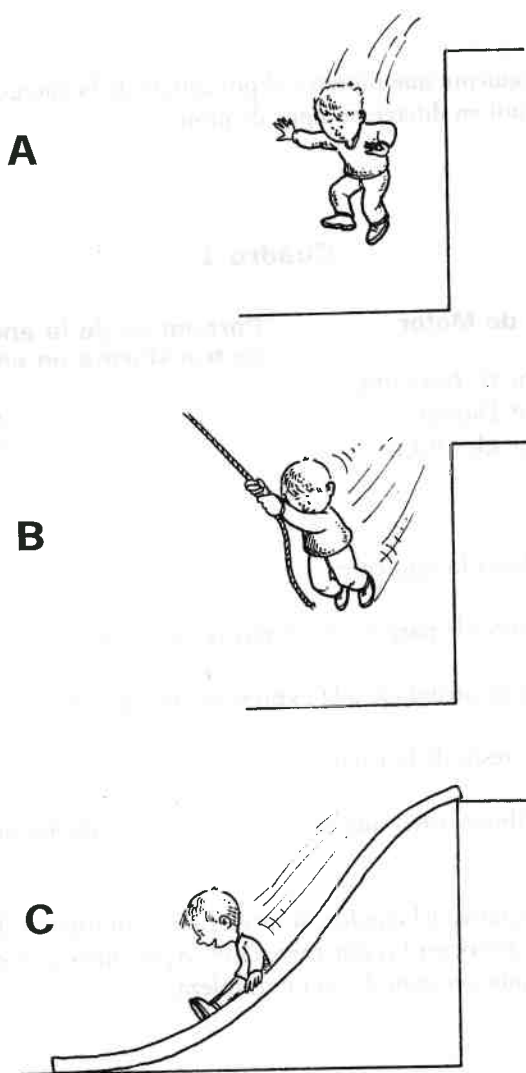
Análisis de situaciones con ayuda de la ley de conservación de la energía.

En los párrafos siguientes, damos un ejemplo que muestra cómo podemos utilizar la ley de conservación de la energía para analizar cuantitativamente una situación. Esto nos permitirá ver algunas de las ventajas que este tipo de enfoque puede tener en el estudio de una gran variedad de situaciones.

Consideremos el siguiente problema:

Fernando se encuentra a una altura de 2 m y desea bajar hasta el suelo. Si despreciamos las pérdidas por roce, ¿con cuál de los procedimientos que se muestran en la figura 5 su velocidad al llegar al suelo es mayor?

Figura 5



Analicemos esta situación desde dos puntos de vista. Primero, basándonos en la segunda ley de Newton y luego basándonos en la ley de conservación de la energía.

Si usted no es profesor de Física y no puede seguir con detalle el desarrollo matemático, no se preocupe. En el caso que presentamos, sólo se requiere que capte el hilo del razonamiento.

(a) *Análisis del problema según las leyes de Newton.*

De acuerdo con la segunda ley de Newton :

$$a = \frac{F_N}{m}$$

en que a es la aceleración del cuerpo, F_N es la fuerza neta que actúa sobre él y m es su masa.

El caso (A) corresponde a una caída libre y su solución es relativamente simple. En efecto, aquí la fuerza neta es igual al peso del cuerpo, de modo que podemos escribir :

$$a = \frac{m g}{m}$$

Es decir, la aceleración será constante e igual a g . En tal caso, la velocidad del cuerpo, al llegar al suelo, será igual a

$$v = \sqrt{2gh}.$$

Sabemos que la altura de caída es igual a 2 m. Por lo tanto, la velocidad con que Fernando llega al suelo será de aproximadamente 6,3 m/s.

En los otros dos casos, el cálculo será muy complejo. Sobre Fernando estarán actuando dos fuerzas: su peso y la fuerza que ejerce la liana o el resbalín. El peso es constante en magnitud y en dirección. La otra fuerza, en cambio, varía a lo largo del movimiento, tanto en magnitud como en dirección.

Una posibilidad es dividir la caída en un gran número de pequeñas etapas, de modo que se pueda suponer que, en cada etapa, la fuerza neta es constante. Calculamos el aumento de velocidad en cada etapa y obtenemos finalmente la velocidad de Fernando al llegar al suelo.

Este procedimiento refleja claramente la esencia del método de calcular movimientos con ayuda de la ley de Newton. Se considera el movimiento como un proceso que se puede subdividir en intervalos infinitesimales de tiempo, y se busca el efecto acumulado de todas las pequeñas variaciones parciales que experimentan la aceleración, la velocidad y la posición del cuerpo. Matemáticamente, esto responde al hecho de que la ley de Newton proporciona

una ecuación diferencial cuya solución se obtiene mediante un proceso de integración.

(b) Análisis del problema según la ley de conservación de la energía.

A diferencia de la ley de Newton, las leyes de conservación se desprecupan del detalle de lo que sucede durante el proceso y centran su atención sólo en aquellos instantes que interesan.

La aplicación de una ley de conservación se asemeja a un balance en que se comparan los estados inicial y final, desprecupándonos de lo que sucede en el intertanto.

Apliquemos la ley de conservación de la energía a nuestro problema.

Fijaremos nuestra atención en dos estados:

- el estado 1 que corresponde a Fernando situado a una altura de dos metros, y
- el estado 2 que corresponde al instante en que Fernando llega al suelo.

En el estado 1, Fernando sólo posee energía potencial.

En el estado 2, su energía potencial es cero. Es decir, toda la energía potencial inicial se ha transformado en energía cinética.

Según el enunciado del problema, no hay pérdidas por roce. Por lo tanto, de acuerdo con la ley de conservación de la energía, la energía cinética de Fernando en el estado 2 debe ser igual a la energía potencial que tenía en el estado 1.

Como en los tres casos su energía potencial inicial era la misma, entonces en los tres casos la energía cinética al llegar al suelo deberá ser también la misma.

Es decir, podemos asegurar, sin realizar ningún cálculo, que en ausencia de roce la velocidad de Fernando al llegar al suelo será la misma en los tres casos de la figura 5.

Este ejemplo muestra las grandes ventajas de la utilización de las leyes de conservación. Estas leyes permiten que nos desprecupemos de los detalles intermedios. Con ello, la resolución de problemas se simplifica enormemente.

Ahora, si quisiéramos resultados cuantitativos, todo lo que necesitamos es conocer las fórmulas que permiten calcular la energía potencial y la energía cinética.

Actividad 7

Lea el material de lectura 9 y subraye las ideas que le parezcan más interesantes.

Es posible que algunos párrafos le resulten poco claros. No se preocupe. Hoy día, en la era de la información, una de las habilidades que debemos desarrollar -en nosotros mismos y en nuestros alumnos- es la capacidad para aprender de un texto incluso cuando no todo es cien por ciento comprensible. Si considera que los párrafos poco claros encierran ideas interesantes para usted, convérselas con sus colegas. Es posible que ellos tengan ideas de cómo interpretarlas y por otra parte, es posible que usted pueda ayudarlos a ellos respecto a otras ideas poco claras. Si aún persisten las dudas, ello mismo le servirá de motivación para indagar más acerca del tema. Y así irá profundizando más y más sus conocimientos e irá ampliando su visión del mundo.

LECTURA 9

Las leyes de la conservación en la Física

En el mundo físico existe un cierto número de leyes de conservación, algunas de ellas exactas, otras aproximadas. Generalmente, las leyes de conservación son consecuencia de alguna simetría subyacente en el universo. Hay leyes de conservación relacionadas con la energía, el momentum lineal, el momentum angular, la carga eléctrica, el número de bariones (protones, neutrones y partículas elementales pesadas), la extrañeza y varias otras magnitudes.

Si se conocieran todas las fuerzas que participan en una situación dada, si tuviéramos además la habilidad necesaria y dispusiéramos de computadores suficientemente poderosos como para establecer la trayectoria de cada una de las partículas involucradas, entonces las leyes de conservación no nos proporcionarían ninguna información adicional. Sin embargo, ellas constituyen una herramienta muy poderosa que los físicos utilizan a diario. ¿Por qué las leyes de conservación son herramientas tan poderosas?

1. Las leyes de conservación son independientes de los detalles de la trayectoria y, a menudo, de los detalles de las fuerzas que están actuando.

Las leyes de conservación son, por lo tanto, una manera de formular consecuencias muy generales y significativas de las ecuaciones de movimiento.

Una ley de conservación puede, a veces, asegurarnos que algo es imposible. Así, no gastamos tiempo en analizar un supuesto aparato de perpetuo si consiste simplemente en un sistema cerrado de componentes mecánicos y eléctricos, o un sistema de propulsión para un satélite que supuestamente funciona moviendo pesos en su interior.

2. Las leyes de conservación se pueden utilizar incluso cuando la fuerza que actúa es desconocida.

Esto se aplica especialmente en la física de partículas elementales.

3. Las leyes de conservación tienen una íntima conexión con la invariancia.

Así, por ejemplo, la conservación del momentum lineal puede ser interpretada como una consecuencia directa de la invariancia de Galileo.

En la exploración de fenómenos nuevos aún no bien comprendidos, las leyes de conservación son a menudo el hecho físico más importante que conocemos. Ellas pueden sugerir los conceptos de invariancia apropiados.

4. Aún en los casos en que la fuerza es conocida con exactitud, una ley de conservación puede ser una ayuda muy conveniente para analizar el movimiento de una partícula.

Muchos físicos tienen una rutina regular para resolver problemas desconocidos: primero aplican, una tras otra, las leyes de conservación que son relevantes. Sólo después de esto, si aún queda algo por resolver en el problema original, pasan a trabajar con las ecuaciones diferenciales, el cálculo variacional y la teoría de perturbaciones, el uso de computadores, la intuición y otras herramientas de que dispone.

(Berkeley Physics Course. *Mechanics*, Volume 1. New York: McGraw-Hill, 1965)

Actividad 8

Lea el material de lectura 10 y anote cuáles de las leyes de conservación mencionadas por el autor le eran conocidas. Compare su anotación con la de sus colegas.

LECTURA 10

Otras leyes de conservación

La ley de conservación de la energía es enormemente útil al analizar situaciones físicas. Si tuviéramos todas las fórmulas para cada tipo de energía, podríamos analizar cómo funciona un gran número de procesos sin tener que entrar en detalles. Las leyes de conservación son, por lo tanto, muy interesantes.

Surge la pregunta natural acerca de qué otras leyes de conservación hay en la física. Existen otras dos leyes de conservación que son análogas a la ley de conservación de la energía. Una es la ley de *conservación del momentum lineal*. La otra es la ley de *conservación del momentum angular*.

En verdad, no entendemos muy bien las leyes de conservación. No entendemos bien la ley de conservación de la energía. La energía no es una cierta cantidad de objetos. Es sólo una magnitud matemática, lo que constituye una circunstancia abstracta y bastante peculiar.

En mecánica cuántica, resulta que la conservación de la energía está estrechamente relacionada con otra propiedad importante para nuestro mundo: *las cosas no dependen del tiempo absoluto*. Podemos montar un experimento en un cierto **momento** y echarlo a andar, y luego montar el mismo experimento más tarde y se comportará exactamente igual. Si esto es estrictamente verdadero o no, es algo que no sabemos. Pero si suponemos que es verdadero, y agregamos los principios de la

mecánica cuántica, entonces podemos *deducir* la ley de conservación de la energía. Esto es algo interesante y un poco sutil, y no resulta fácil de explicar.

Las otras leyes de conservación también están relacionadas con propiedades más generales del universo. La conservación del momentum lineal está asociada en mecánica cuántica con la proposición de que no importa dónde uno realice un experimento, el resultado será siempre el mismo. Así como la conservación de la energía está relacionada con la independencia del tiempo, la conservación del momentum está relacionada con la independencia del espacio.

Si *rotamos* enseguida nuestro montaje experimental, esto tampoco influye en el resultado del experimento; esta invariancia del mundo ante rotaciones está relacionada con la conservación del *momentum angular*.

Además de estas, hay otras tres leyes de conservación que corresponden exactamente a nuestros conocimientos actuales, y que son mucho más fáciles de entender porque pertenecen a la naturaleza del contar objetos.

La primera es la *conservación de la carga*. Ella establece simplemente que uno puede contar cuántas cargas positivas se tienen y restarle las cargas negativas, y se obtiene siempre el mismo número. Uno puede eliminar una carga positiva con una negativa, pero no puede crear un superávit neto de cargas positivas o de cargas negativas.

Hay otras dos leyes que son análogas a ésta. Una es la *conservación del número de bariones*. Existen unas partículas extrañas que llamamos bariones. El protón y el neutrón son ejemplos de ellas. En una reacción de cualquier naturaleza, si contamos cuántos bariones hay inicialmente (contando los antibariones como iguales a -1 barión), encontraremos que ese número no ha cambiado al final del proceso.

Hay otra ley, la *conservación del número de leptones*. El grupo de partículas llamadas leptones son el electrón, el mesón mu y el neutrino. Al contar el número de leptones antes y después de una reacción (considerando una vez más las antipartículas como -1 leptón), observaremos que este número nunca cambia, al menos hasta donde sabemos hoy en día.

Feynman, Richard, *The Feynman lectures on Physics*, California : Addison Wesley, 1963)

Actividad 9

Lea, los materiales de lectura 11 y 12. Contienen interesante información actualizada acerca de dos procesos biológicos relacionados con transformaciones de energía: la fotosíntesis y el aprovisionamiento de energía de los músculos en el deporte.

Y, si le alcanza el tiempo...

Converse con sus colegas y traten de contestar estas preguntas:

- (a) Muchas personas relacionan la gordura con consideraciones estéticas. De hecho, un viejo proverbio afirma que la gordura es parte de la hermosura. ¿Qué relaciones podría usted establecer entre la gordura y la ley de conservación de la energía?
- (b) **Persiguiendo** la piedra filosofal, los antiguos alquimistas pusieron las bases para el surgimiento de la Química. ¿Qué debe la ciencia moderna a la búsqueda del *perpetuum mobile*?

Para realizar con los alumnos.

1. Proponga a alumnos interesados la lectura de algunos de los Materiales de Lectura que se entregan en este módulo. Resulta muy formativo para los estudiantes un contacto temprano con materiales elaborados por científicos que se encuentran en la frontera de sus respectivas temáticas. Ello contribuye a despertar intereses y a desarrollar la motivación por la ciencia.
2. Realice y analice con sus alumnos algunos de los experimentos descritos en el Apéndice 3.

A MODO DE EVALUACION

- ¿Cuáles son las ideas más interesantes y novedosas para usted contenidos en los temas tratados en esta sesión?
- ¿En qué sentido estima usted que esas ideas han contribuido a que usted logre una **conceptualización** más adecuada y actualizada acerca de la conservación de la energía?
- ¿En qué medida estima usted que los contenidos de esta sección le permitirán desarrollar en mejor forma este tema con sus alumnos?

Lecturas Adicionales

LECTURA 11

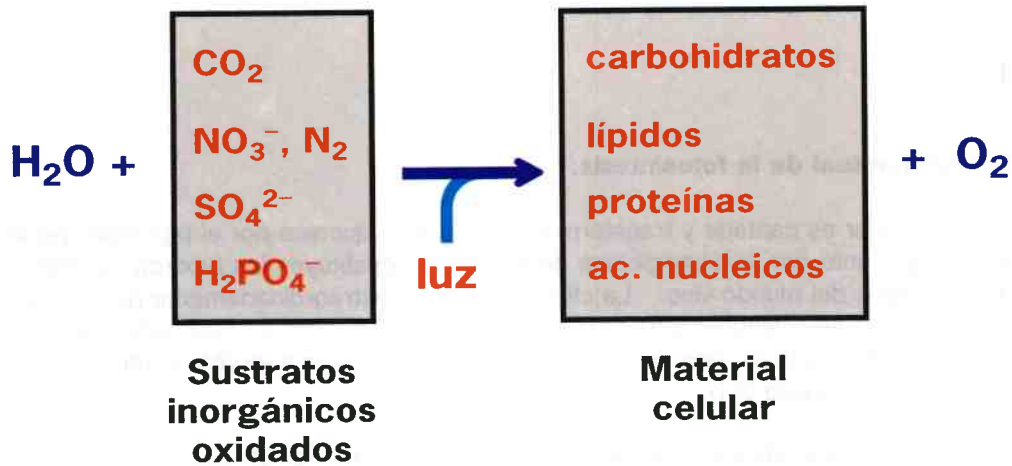
Una visión actual de la fotosíntesis.

La energía solar es captada y transformada en energía química por el pigmento verde clorofila, que junto con la hemoglobina de la sangre constituyen los biocromos más representativos del mundo vivo. La clorofila se hace extraordinariamente reactiva al excitarse por la luz, siendo capaz de desencadenar el conjunto de reacciones que componen la fotosíntesis, uno de los procesos de conversión energética más importantes del mundo vivo.

La fotosíntesis suele identificarse con el proceso de producción de glucosa ($C_6H_{12}O_6$) y oxígeno molecular (O_2) a partir de dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O). Pero en un sentido más amplio y, a la vez, más preciso, podemos decir que la fotosíntesis consiste en la reducción y asimilación -a expensas de la energía de la luz solar y de los electrones suministrados por el agua- no sólo del dióxido de carbono sino también de las formas oxidadas de los otros dos bioelementos primordiales, el nitrógeno y el azufre, quedando finalmente incorporados estos tres elementos en la biomasa vegetal. El estado de oxidación del carbono pasa de +4 en el dióxido de carbono a 0 en el carbohidrato; el del nitrógeno, de +5 en el nitrato y 0 en el dinitrógeno a -3 en el amoníaco; y el del azufre, de +6 en el sulfato a -2 en el sulfuro. Por el contrario, el número de oxidación del oxígeno cambia de -2 en el agua a 0 en el oxígeno molecular.

Pero la fotosíntesis no es simplemente un conjunto de reacciones de óxido-reducción, o de intercambio de electrones, sino que además lleva asociado un peculiar proceso ácido-base -en el que la ionización del agua juega un papel esencial- gracias al cual el fosfato inorgánico del medio se energiza a metafosfato y se integra en el metabolismo celular en forma de ATP, la "moneda energética" universal de los sistemas biológicos. Este proceso es conocido como fotofosforilación o fosforilación fotosintética y es promovido asimismo por la energía luminosa. En él, el estado de oxidación del fósforo no sufre cambio alguno, sino que conserva su valor de +5 al pasar de fosfato inorgánico a fosfato rico en energía. Parte de este metafosfato se integra en los ácidos nucleicos y fosfolípidos, pero la mayoría sirve de fuente de energía para la reducción asimilatoria de los bioelementos primordiales, así como para la polimerización de los sillares estructurales, o unidades monoméricas (azúcares, ácidos grasos, aminoácidos, nucleótidos), que van a constituir las macromoléculas (polisacáridos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos) típicas de los seres vivos (ver siguiente).

REACCION GLOBAL DE LA FOTOSINTESIS



Fuente: Miguel De La Rosa, Miguel Guerrero y Manuel Losada, Fotosíntesis: Sol agua, tierra y aire. En: *Mundo Científico* N° 138

LECTURA 12

Reacciones energéticas en los deportes.

La realización de un simple y único ejercicio físico produce numerosas reacciones fisiológicas, cuyo resultado último es dar a los músculos la energía necesaria para su contracción.

A escala de la fibra muscular, esta energía viene dada por la degradación de una molécula altamente energética, el adenosintrifosfato (ATP), auténtico "combustible" celular. La hidrólisis enzimática de un mol de ATP proporciona unos 40 kJ de energía.

Cuanto más fuerte es la contracción, mayor es el número de moléculas de ATP consumidas por unidad de tiempo. Sin embargo, la escasa reserva de ATP directamente disponible en la fibra muscular se agotaría en uno o dos segundos en un esfuerzo de gran intensidad, una carrera de 100 m por ejemplo.

Para que la contracción del músculo pueda proseguir, se impone una reposición de la reserva de ATP. Dentro de la fibra muscular, tres vías metabólicas aseguran la producción de ATP.

Una primera vía, transitoria, corresponde a la degradación de una proteína rica en energía, almacenada también a débil concentración en la fibra muscular: la creatinafosfato. Esta proteína constituye una reserva inmediatamente disponible, ya que su hidrólisis provoca directamente la restauración del ATP. Permite aprovisionar la fibra con una cantidad suficiente de energía durante un tiempo corto, de aproximadamente 5 o 7 segundos. Este es una vía que interviene durante los esfuerzos breves y violentos (sprint corto, salto largo).

El ATP se produce de un modo más duradero a partir de glucosa y de glucógeno. Este último constituye la forma principal de almacenamiento de los glúcidos en el músculo y el hígado. La degradación de la glucosa pone en juego una cadena de reacciones enzimáticas, agrupadas bajo el término glicólisis, que tiene lugar en el citoplasma de la fibra. Desemboca en la producción de dos componentes, el ácido pirúvico y el ácido láctico. Esta vía metabólica interviene principalmente como complemento de la hidrólisis de la creatinafosfato en esfuerzos de duración intermedia, por ejemplo, en las carreras de 400 m.

Estos dos primeros modos de producción de ATP en el músculo tienen en común el hecho de poder perfectamente realizarse en ausencia de oxígeno (vías anaerobias). Pero estas vías se agotan en unos 40 segundos con ocasión de un ejercicio muy intenso. En los esfuerzos de larga duración, como la maratón o una etapa de una carrera ciclística, interviene exclusivamente una tercera vía, llamada aerobia, para la cual la presencia de oxígeno es indispensable. La energía procede en esta ocasión de la oxidación del ácido pirúvico, producto de la glicólisis, y de los ácidos grasos procedentes de la hidrólisis de los lípidos. Estas reacciones de oxidación aerobias, ligadas a la respiración celular, tienen lugar en unos pequeños órganos celulares, las mitocondrias.

El ejercicio muscular va acompañado de una respuesta global del organismo, que tiene por consecuencia principal el aumento del aprovisionamiento de los músculos en oxígeno y compuestos energéticos. Los intercambios gaseosos pulmonares se intensifican, con un aumento del consumo de oxígeno y de expulsión de dióxido de carbono proporcional a la potencia del esfuerzo. La frecuencia cardíaca también aumenta, así como, en menor medida, el volumen de sangre eyectado en cada contracción. En consecuencia, el flujo cardíaco aumenta y con él el transporte de oxígeno por la sangre. La distribución del flujo de sangre también se modifica: la irrigación de los músculos activos queda ampliamente privilegiada, en detrimento de otros territorios vasculares, especialmente las vísceras (riñones, hígado).

Estos cambios se deben en gran medida a un nuevo equilibrio del sistema nervioso autónomo (que regula entre otras la función cardíaca y controla el diámetro de los vasos). El sistema nervioso ortosimpático, que moviliza las defensas del organismo y eleva su nivel de vigilancia, domina entonces sobre el parasimpático, que favorece el ahorro y la reserva de energía; y ello tanto más cuanto más intenso es el ejercicio.

Rieu, Michel, La biología del deportista. En *Mundo Científico* N° 128

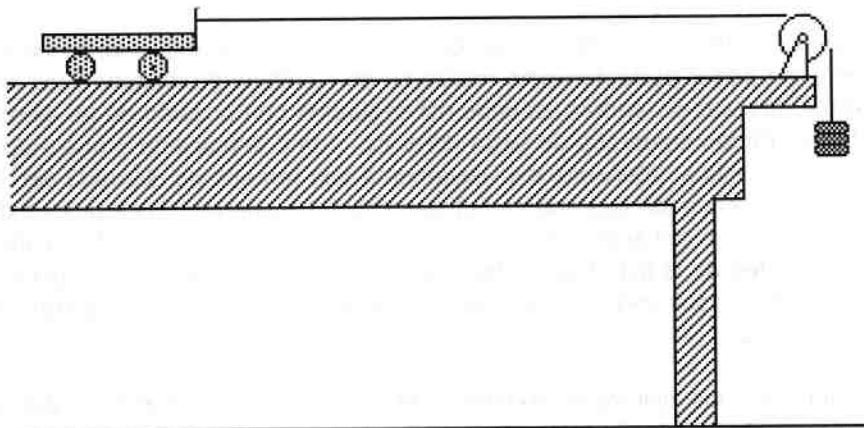
Apéndice 3:

Experimentos que muestran transformaciones de energía⁽¹⁾.

Experimento 1

En el montaje de la figura 6, el sistema formado por el carrito y la pesa se pone en movimiento cuando se suelta la pesa. Aquí tiene lugar una transformación de energía potencial gravitatoria de la pesa en energía cinética de la pesa y del carrito.

Figura 6



Efectuemos el análisis de la situación.

Estado 1: Antes de soltar la pesa (ver figura 6):

Energía cinética: 0

Energía potencial: la de la pesa. Es decir,

$$(E_p)_1 = m_p g h$$

(en que m_p es la masa de la pesa y h es la altura a que se encuentra con respecto al suelo. Hemos considerado el suelo como nivel cero de la energía potencial).

(1) En estos experimentos nos hemos inspirado en una selección realizada por el colega Rolf Hausmann, profesor de Física en el Colegio Alemán de Valparaíso..

Estado 2: En el instante en que la pesa está llegando al suelo.

Energía cinética: la del carrito más la de la pesa. Es decir:

$$(E_c)_2 = m_c v^2 / 2 + m_p v^2 / 2$$

(en que m_c y m_p son la masa del carrito y de la pesa, respectivamente, y v es la velocidad con que la pesa llega al suelo. Obviamente, debido al hilo que los une, el carrito tiene en ese instante la misma velocidad de la pesa).

Energía potencial: 0

Si suponemos que no hubo pérdidas de energía mecánica durante el movimiento, entonces la energía cinética en el estado 2 debe ser igual a la energía potencial en el estado 1:

$$(E_p)_1 = (E_c)_2$$

A partir de allí, y conociendo las masas m_c y m_p y la altura h , es posible calcular fácilmente la velocidad con que la pesa llega al suelo.

Es aconsejable medir la altura h y la masa del carrito y la pesa de modo de poder realizar los cálculos correspondientes y que aquí hemos omitido por razones de brevedad.

Resulta interesante analizar lo que sucede después de que la pesa choca contra el suelo, suponiendo que el carrito aún no ha chocado contra la polea.

Tenemos ahora:

Estado 3 : La pesa chocó contra el suelo, el carrito continúa moviéndose.

Energía cinética: sólo la del carrito ya que la pesa ha quedado en reposo.
Es decir:

$$(E_c)_3 = m_c v^2 / 2$$

Energía potencial: 0

Ya no podemos seguir considerando que no ha habido pérdidas de energía mecánica, puesto que se ha producido una transformación de energía cinética en calor cuando la pesa choca contra el suelo. Ahora tenemos, por lo tanto:

$$(E_p)_1 = (E_c)_3 + P_3$$

en que:

$(E_p)_1$ es la energía potencial inicial,

$(E_c)_3$ es la energía cinética del carrito, y

P_3 es la cantidad de energía que se transformó en calor durante el choque de la pesa contra el suelo.

La velocidad del carrito es la misma que en el estado 2, de modo que $(E_c)_2 = (E_c)_3$. Por lo tanto, estamos en condiciones de calcular P_3 .

Por último, podemos analizar la situación que se produce después de que el carrito ha chocado contra la polea.

Estado 4: El carrito chocó contra la polea y está en reposo.

Energía cinética: 0

Energía potencial: 0

Nuevamente se ha producido una transformación de energía cinética en calor cuando la carrito choca contra la polea. Se tiene, por lo tanto:

$$(E_p)_1 = P_3 + P_4$$

en que:

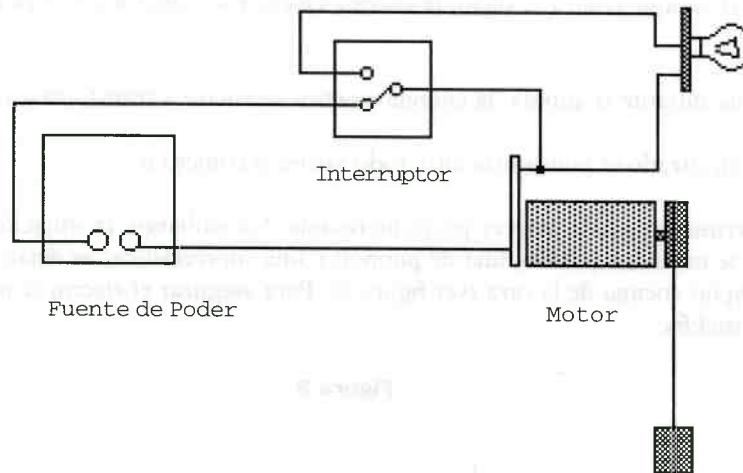
$(E_p)_1$ es la energía potencial inicial,

P_3 es la cantidad de energía que se transformó en calor durante el choque de la pesa contra el suelo, y

P_4 es la cantidad de energía que se transformó en calor durante el choque del carrito contra la polea.

Experimento 2

La figura siguiente muestra un sencillo montaje experimental para mostrar transformaciones de energía eléctrica en mecánica y viceversa.

Figura 7**Primera parte del experimento.**

Se conecta el motor a la fuente de poder. El motor se pone en movimiento y empieza a elevar la pesa. Se produce una transformación de energía eléctrica en energía potencial de la pesa.

Sin embargo, no toda la energía consumida por el motor se transforma en energía mecánica. Una parte de ella se transforma en calor. Dado que los motores eléctricos poseen un alto rendimiento, la fracción de energía eléctrica que se transforma en calor es relativamente baja (del orden de un 10 a un 20 %).

Segunda parte del experimento.

Se conecta ahora el motor a la lámpara. La pesa empieza a descender. El motor actúa como generador. La lámpara se enciende.

Esta vez, observamos una transformación de energía potencial en energía eléctrica en el generador, y una transformación de energía eléctrica en radiación luminosa en la lámpara. En ambos casos, parte de la energía se "pierde" en forma de calor.

Experimento 3

Soltamos una pelota de pimpón desde cierta altura. La pelota, luego de rebotar en el suelo, alcanza una altura algo menor que su altura inicial.

En este proceso, hay varias transformaciones de energía.

Primero, se transforma energía potencial en cinética durante la caída.

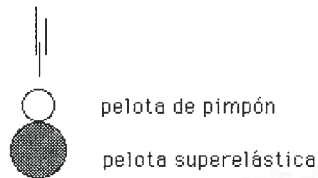
Durante el choque contra el suelo, la energía cinética se transforma en potencial elástica y viceversa.

Finalmente durante la subida, la energía cinética se vuelve a transformar en potencial.

Una vez alcanzado el punto más alto, todo vuelve a comenzar.

Este experimento puede parecer poco interesante. Sin embargo, la situación cambia radicalmente si se usan dos pelotas, una de pimpón y una superelástica. Se dejan caer ambas juntas, la de pimpón encima de la otra (ver figura 8). Para asegurar el efecto, se pueden pegar con un poco de stickfix.

Figura 8



Al chocar ambas pelotas contra el suelo, su energía cinética se transforma en energía potencial elástica, principalmente en la pelota superelástica. Al rebotar, esta energía potencial se transforma nuevamente en energía cinética. Pero la pelota de pimpón recibe una cantidad de energía mayor que la que traía, de modo que rebota hasta una altura mucho mayor que la altura desde la que fue soltada. Incluso puede llegar hasta el techo.

La forma precisa en que ambas pelotas rebotan depende de factores que no son fáciles de controlar, entre ellos, la posición de la pelota de pimpon en el momento mismo del choque contra el suelo. Es recomendable repetir varias veces el experimento. Con un poco de suerte, se puede lograr un resultado espectacular.

Por supuesto que aquí no hay ninguna violación de la ley de conservación de la energía. Basta observar que la pelota superelástica alcanza una altura bastante disminuida. Conociendo la masa de cada pelota y midiendo (aproximadamente) hasta dónde llega cada una, se puede mostrar que la energía potencial total en los puntos de máxima altura es efectivamente del orden de la energía potencial inicial.

III. La degradación de la energía

EN TODO PROCESO DE TRANSFORMACION DE ENERGIA LA CANTIDAD TOTAL DE ENERGIA SE CONSERVA, PERO TAMBIEN ES CIERTO QUE EN ESTOS PROCESOS LA ENERGIA SE “DESGASTA”, DISMINUYE SU CAPACIDAD DE SER UTILIZADA - SE DEGRADA.

¿Es justo que tengamos que pagar por la energía que consumimos?

De acuerdo con la ley de conservación, la cantidad de energía que interviene en cualquier proceso se mantiene constante. La cantidad total de energía es igual antes y después de haber calentado el agua para una taza de té o después de haber hecho funcionar la máquina lavadora durante más de una hora.

Si la energía que utilizamos no se ha “gastado”, ¿por qué tenemos que pagar por ella? ¿No sería posible acaso volver a utilizar una y otra vez la misma energía de modo de hacer funcionar indefinidamente la máquina lavadora sin mayor consumo de energía? Si lo hiciéramos, la ley de conservación nada tendría que objetar.

El hecho de que no sea posible, indica que esta ley sólo cuenta una parte de la historia.

La segunda parte tiene que ver con la degradación de la energía, y de ella vamos a hablar ahora. Dicho en forma sintética, en todo proceso de transformación de energía la cantidad total de energía se conserva, pero también es cierto que en estos procesos la energía disminuye su capacidad de ser utilizada; es decir, se “desgasta” o se “degrada”.

Analícemos un par de ejemplos.

Es muy fácil transformar energía mecánica en calor. Cuando un automóvil se estrella contra un poste, la energía cinética que poseía se transforma en energía interna: tanto los restos del

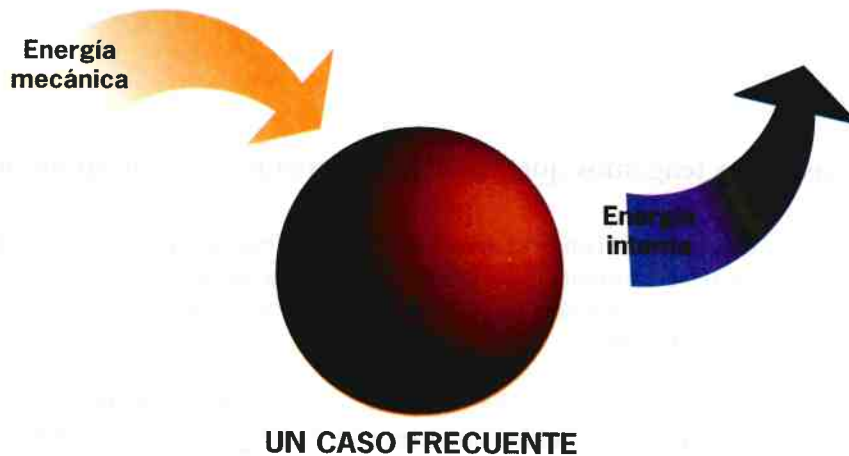
automóvil y del poste como el aire de las cercanías del hecho experimentan un aumento de temperatura, lo que es señal de que su energía interna ha aumentado. El proceso se realiza con una eficiencia del 100 %, ya que toda la energía cinética del automóvil se transforma en energía interna. Transformar calor en energía mecánica, en cambio, dista mucho de ser tan simple. Desde luego se requiere de algún tipo de artefacto que posibilite el proceso, es decir, se requiere disponer de algún tipo de máquina térmica.

Las máquinas térmicas se conocen desde la Antigüedad. La historia de las ciencias muestra varios ejemplos de ingeniosos dispositivos capaces de transformar energía interna en energía mecánica.

Sin embargo, fue necesario que transcurrieran más de dos mil años antes de que los hombres de ciencia llegaran a la conclusión de que la transformación de energía interna en energía mecánica sólo es posible bajo ciertas condiciones y con una eficiencia que es siempre menor de 100 %. Es decir, en la naturaleza esta transformación está permitida, pero a condición de que una parte de la energía interna sea traspasada en forma de calor a otros cuerpos.

El proceso representado en la figura 9 es perfectamente posible y tiene lugar casi permanentemente a nuestro alrededor.

Figura 9

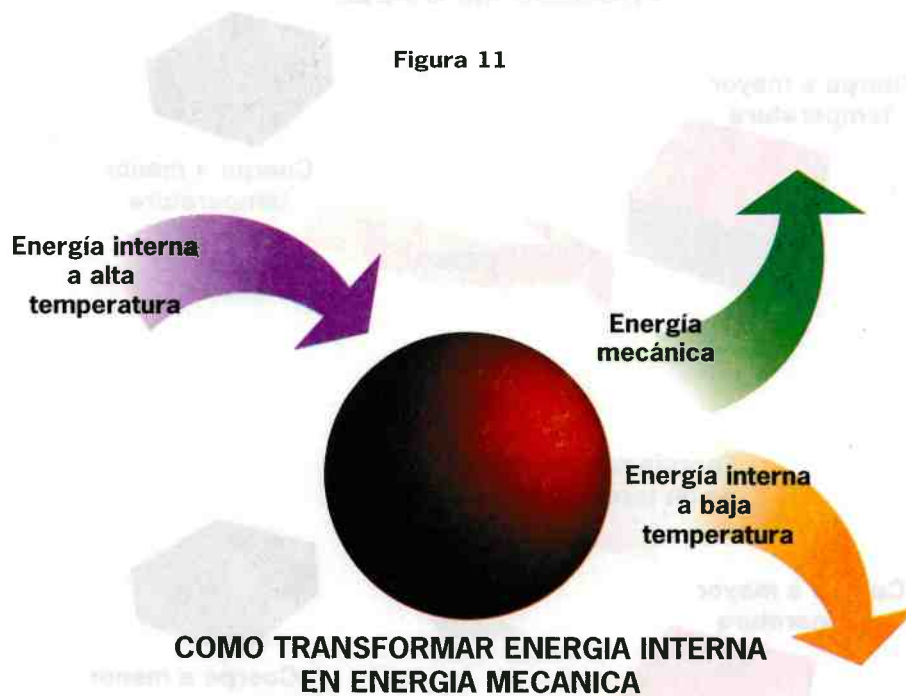


En cambio, el proceso representado en la figura 10 es imposible. Una transformación de energía interna en energía mecánica sólo puede tener lugar en un proceso como el representado en la figura 11.

Figura 10



Figura 11



Encontramos una situación similar en las transferencias de calor entre dos cuerpos que se encuentran a diferentes temperaturas. El traspaso de calor de un cuerpo de mayor temperatura a un cuerpo de menor temperatura (figura 12) ocurre en forma espontánea. El proceso inverso (figura 13), en cambio, requiere la intervención de terceros (figura 14).

Figura 12

UNA SITUACION POSIBLE

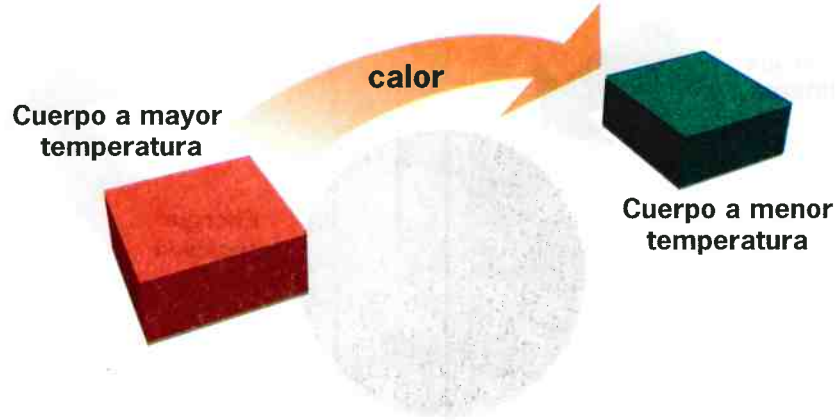


Figura 13

PROCESO IMPOSIBLE

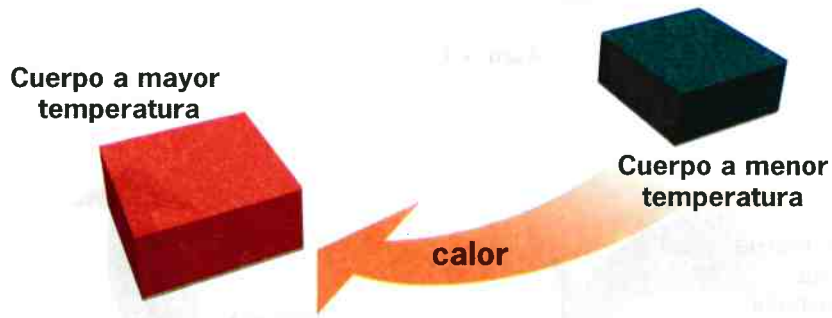


Figura 14



COMO PRODUCIR UN TRASPASO DE CALOR DE UN CUERPO FRIO A UN CUERPO CALIENTE

Estos ejemplos ilustran el siguiente hecho:

Sabemos que en todo proceso de transformación o de transferencia de energía la cantidad total de energía permanece constante. Sin embargo, de alguna manera, la energía utilizada parece haber perdido parte de su capacidad para intervenir en nuevos procesos de transformación.

Hay, así en cada proceso de transformación de energía un efecto de degradación: la energía que interviene en el proceso posee ahora un menor grado de "utilizabilidad", si se nos permite la palabra.

Incluso, si esta energía continúa participando en transformaciones y transferencias de energía, llegará un momento en que será prácticamente inutilizable. Esto ocurrirá cuando se haya transformado en energía interna a temperatura ambiente.

Consideremos, por ejemplo, una cierta cantidad de agua situada a varios metros de altura. Esta agua posee una energía potencial que yo puedo utilizar para mover un molino, para generar energía eléctrica o para elevar otro cuerpo.

Pero si el agua se derrama y cae al suelo, la energía potencial se habrá transformado primero en energía cinética durante la caída y luego en energía interna al chocar contra el suelo, elevando levemente la temperatura del ambiente y su propia temperatura. La energía que teníamos disponible no ha desaparecido. No podría desaparecer, de acuerdo con la ley de conservación. Pero se encuentra en una forma tal que ya no es posible utilizarla para mover molinos, generar energía eléctrica ni para elevar otros cuerpos. Se ha degradado casi totalmente.

Se puede decir que se produce una degradación de la energía cuando la energía mecánica, eléctrica o química se transforma en calor, es decir, en energía interna.

Asimismo, hay una degradación de la energía cuando energía interna de un cuerpo de alta temperatura se transfiere a un cuerpo de baja temperatura.

Esto supone que la energía mecánica, la energía eléctrica y la energía química poseen un alto valor, en tanto que la energía interna o térmica es menos valiosa.

Para ser más precisos, el valor de la energía térmica depende de la temperatura del cuerpo en que se presenta o al que es transferido: mientras mayor es la temperatura de un cuerpo, mayor es el valor de su energía térmica. En efecto, un cuerpo a alta temperatura puede ser utilizado para calentar a un cuerpo más frío, en tanto que el cuerpo frío no puede ser utilizado para calentar a un cuerpo que se encuentre a mayor temperatura.

En general, mientras más baja es la temperatura de un cuerpo, menores son las posibilidades de que la energía interna de ese cuerpo pueda transformarse en otro tipo de energía. Por lo tanto, menores son sus posibilidades de aprovechamiento.

Todos los cuerpos de nuestro entorno poseen energía interna debido al movimiento de sus moléculas. Pero si el cuerpo se encuentra a temperatura ambiente, esa energía interna es prácticamente inutilizable.

Actividad 10

Lea el material de la lectura 13 y considere con sus colegas las siguientes preguntas:

- (a) ¿A qué procesos el autor denomina “procesos espontáneos”?
- (b) ¿Bajo qué condiciones es posible revertir un proceso espontáneo?
- (c) ¿Podría mencionar otros ejemplos que refuercen las ideas presentadas en el texto y en la Lectura 13?

LECTURA 13

Procesos espontáneos y degradación de la energía.

Objetivamente hablando, la degradación de la energía consiste en una especie de cambio irrevocable, un cambio que no puede ser deshecho. El enfriamiento de agua caliente en un recinto frío es tan irreversible como la transformación, en energía térmica del entorno, de la energía cinética de un vehículo que frena.

Alguien podría objetar que la energía cinética del vehículo puede ser recuperada consumiendo una cantidad adicional de energía química del combustible, y que el agua que se ha enfriado puede ser recalentada. Pero tal objeción no es válida porque, además de restablecerse el estado original, hay un aumento de la energía térmica del entorno y una equivalente disminución de la energía química del combustible en el primer caso, y un gasto adicional de energía eléctrica en el segundo caso..

Un proceso va acompañado de una degradación de la energía si no puede ser revertido sin causar un cambio adicional en su entorno.

Llamaremos “procesos espontáneos” a aquellos procesos irreversibles que degradan la energía y que se desarrollan espontáneamente en una cierta dirección natural.

Podemos ampliar estas consideraciones a procesos complejos. En tales casos, la proposición que se muestra en el recuadro es válida incluso en situaciones en que una parte del proceso total consiste en un proceso que se desarrolla en dirección opuesta a su dirección natural (por ejemplo, en el caso de las objeciones a que hacíamos referencia).

Revertir el “enfriamiento del agua” es un proceso complejo compuesto de una “calentamiento de agua” combinado con un “consumo de energía eléctrica”. Este proceso complejo, considerado como un todo, es un proceso que se desarrolla sin causar cambios adicionales en su entorno y, por lo tanto, da lugar a una degradación de la energía.

Así, aunque el proceso espontáneo “enfriamiento de agua” ha sido revertido, lo que implica una revaluación de la energía, dicho proceso inverso puede tener lugar porque simultáneamente se está desarrollando el “consumo de energía eléctrica” que da lugar a una degradación de energía mayor que esa revaluación. En total, entonces, hay una degradación neta.

El calentamiento de agua mediante un calefactor eléctrico puede ser concebido como el proceso inverso del proceso de “enfriamiento de agua por transferencia de energía a su entorno” mediante la aplicación del proceso de “disipación de energía eléctrica al entorno”. La revaluación de energía asociada con la transferencia de energía del entorno hacia el agua caliente está compensada por la degradación de la energía eléctrica.

Nuestro concepto de degradación de la energía implica que los procesos espontáneos pueden desarrollarse sin afectar nada más. En tal caso, la degradación de energía es máxima.

A su vez, los procesos espontáneos pueden ser utilizados para revertir otros procesos que han tenido lugar espontáneamente.

Un proceso espontáneo asociado a una degradación de la energía puede impulsar otro proceso que está asociado a una revaluación de la energía.

Desde este punto de vista, el uso humano de la energía no es una destrucción de energía, sino la aplicación de determinadas transformaciones de energía para **impulsar** ciertos procesos que los seres humanos consideran importantes. En otras palabras, mediante el correspondiente consumo de energía, estos procesos pueden desarrollarse una y otra vez, produciendo calor, movimiento, luz, sonido y varias otras formas de energía.

Schlichting, H., Energy and energy degradation as complementary aspects of energy processes and a stepwise introduction to the concept of energy, *New trends in physics teaching*. Paris: Unesco, 1984.

¿Qué significa consumir energía?

Antes de continuar, conviene hacer una breve detención para analizar el significado de los términos “conservación” y “consumo”.

Debemos tener en cuenta que estos dos términos, aplicados a la energía, no implican una contradicción. Por el contrario, expresan aspectos complementarios de un mismo proceso.

Actividad 11

Lea el material de la lectura 14 y considere a la luz de la lectura:

- (a) ¿Si la expresión “ropa usada” tiene la misma connotación que la que se da a la expresión “agua usada” en el artículo?
- (b) En verdad, ¿qué es lo que usted paga cuando paga la cuenta de la luz?

LECTURA 14

La expresión “consumo de energía”

Emplear la expresión “consumo de energía” concuerda con el uso de la palabra “consumo” en otros campos. Así, por ejemplo, en casa, el agua se usa permanentemente para lavar, limpiar, evacuar el inodoro, etc. Pero, obviamente, el agua no se aniquila, no desaparece. Cuantitativamente se conserva. Esto puede incluso aparecer en el cargo que se hace mensualmente en la cuenta del agua potable por uso del sistema de alcantarillado. El agua que se elimina por el alcantarillado es agua “usada” en el sentido de que es imposible volverla a usar como agua potable tal como es. En forma similar, un vehículo está “usado” porque, en el curso del tiempo, pierde valor -se hace cada vez más defectuoso hasta que termina sus días en un sitio abandonado.

Estos ejemplos muestran que las palabras “consumir” o “usar” no se aplican normalmente en el sentido de una destrucción de cantidad, sino de un cambio en calidad. Debido a la imposibilidad (o, por lo menos, la “imposibilidad parcial”) de volver a usar los objetos mencionados para su propósito original, este cambio en cualidad es una pérdida de valor, es una degradación.

Schlichting, H., Energy and energy degradation as complementary aspects of energy processes and a stepwise introduction of the concept of energy. En: *New trends in physics teaching*. París 1984.

Acerca de la dirección del tiempo.

Aunque no vamos a entrar aquí en detalles, conviene hacer notar que la degradación de la energía es una consecuencia directa de la segunda ley de la termodinámica.

Como se sabe, la segunda ley de la termodinámica es una de las pocas leyes físicas que dependen de la dirección del tiempo. Es decir, es una de las pocas leyes físicas que permiten distinguir el pasado del futuro.

Todo sucede en nuestro universo de tal modo que la energía de mayor valor se degrada, es decir, se transforma en energía de menor valor. El proceso inverso sólo es posible si va acompañado de otros procesos en los que se produce una degradación que compensa esa revaloración de energía, de modo que el efecto total es, efectivamente, una degradación de energía.

En un sistema cerrado, por lo tanto, todo proceso que se realice tendrá dos resultados complementarios:

(a) Por una parte, la energía total del sistema se mantendrá constante, sin variaciones, suceda lo que suceda en el interior del sistema.

(b) Por otra parte, se irá produciendo un inexorable proceso de degradación de la energía, hasta que llegará el momento en que toda la energía se encuentre en forma de energía interna a una temperatura uniforme. A partir de ese momento, ya no podrá tener lugar ningún proceso que implique algún tipo de transformación de energía. Estaremos en presencia de un sistema "muerto".

Actividad 12

Lea el material de lectura 15 y junto con sus colegas procure responder a las siguientes preguntas:

- (a) La “muerte térmica del universo” se refiere a un estado en el cual:
- toda la energía mecánica se ha transformado en energía térmica,
 - toda la energía térmica se ha transformado en otros tipos de energía,
 - la temperatura del universo ha descendido al cero absoluto,
 - se ha agotado toda la energía del universo.
- (b) ¿Cuáles de las siguientes afirmaciones son correctas?
- El calor no fluye espontáneamente de los cuerpos fríos a los cuerpos calientes.
 - La energía tiende a transformarse en formas cada vez menos útiles.
 - La mayor parte de los procesos naturales son reversibles.
 - La segunda ley de la termodinámica es válida sólo para las máquinas térmicas.

LECTURA 15

La segunda ley de la termodinámica

Los primeros intentos de formular leyes cuantitativas para los procesos irreversibles en física fueron estimulados por el desarrollo de las máquinas a vapor. Durante los siglos XVIII y XIX, fue aumentando continuamente la eficiencia de las máquinas a vapor. En 1824 un joven ingeniero francés, Sadi Carnot, publicó un breve libro titulado “Reflexiones acerca de la potencia motora del fuego”, en que se planteaba la pregunta de cuál es la máxima eficiencia que puede alcanzar una máquina a vapor. Mediante un ingenioso análisis, Carnot demostró que hay una eficiencia máxima, siempre menor de 100 %. Hay un límite para la cantidad de energía mecánica que puede obtenerse de una cierta cantidad de calor mediante el empleo de una máquina térmica, y este límite no puede ser sobrepasado, independientemente de la sustancia que se utilice (vapor, aire, o cualquiera otra).

El análisis de las máquinas térmicas que hizo Carnot muestra que el proceso de igualación de temperaturas por flujo de calor de los cuerpos calientes a los cuerpos fríos representa una cierta pérdida de las posibilidades de obtener energía mecánica. Esto es lo que queremos decir cuando hablamos de que la energía se “degrada” o se “disipa”: la cantidad total de energía es siempre la misma, pero la energía tiende a transformarse en formas cada vez menos útiles.

Tras el descubrimiento de la ley de conservación de la energía, las conclusiones de Carnot acerca de las máquinas térmicas fueron incorporadas en la teoría del calor (la termodinámica) y llegaron a ser conocidas como la “segunda ley de la termodinámica”. Esta ley ha sido formulada de varias maneras, todas las cuales son equivalentes y expresan la idea de que la tendencia del calor a fluir de los cuerpos calientes a los cuerpos fríos hace imposible transformar una cierta cantidad de calor íntegramente en energía mecánica.

En 1852, Lord Kelvin generalizó la segunda ley de la termodinámica afirmando que existe una tendencia universal en la Naturaleza hacia la disipación de la energía.

Lord Kelvin predijo, sobre la base de su principio de la disipación de la energía, que todos los cuerpos del universo alcanzarán un día la misma temperatura por efectos del intercambio de calor entre ellos. Cuando esto suceda, será imposible producir ningún trabajo útil a partir del calor. El Sol y las demás estrellas se irán enfriando, se acabará toda la vida en la Tierra y el universo morirá. Esta “muerte térmica”, que parecía una consecuencia inevitable de la termodinámica, despertó gran interés hacia fines del siglo XIX y fue descrita en varios libros de la época, entre ellos en “La máquina del Tiempo” de H. G. Wells.

(Harvard Project Physics, *The triumph of mechanics..* Cambridge, Mass.: University of Harvard, 1967).

Felizmente, vivimos en un planeta que no es un sistema cerrado. Estamos recibiendo continuamente una lluvia de energía de alto valor: la energía solar.

Esta energía proviene de un cuerpo que se encuentra a muy alta temperatura. La superficie del Sol supera los 5.000 °C. Se trata, por lo tanto, de energía capaz de transformarse en energía química, o mecánica, o eléctrica, revertiendo proceso que han ocurrido en la Tierra en los cuales estos tipos de energía se han ido degradando al transformarse en energía interna de cuerpos a baja temperatura.

La vida es posible gracias a este incansable flujo de energía de gran valor.

Actividad 13

Le recomendamos leer los párrafos reproducidos en las lecturas 16 y 17. Sus autores son dos de los físicos más brillantes de este siglo.

LECTURA 16

La dirección del tiempo

En el tiempo real en la vida ordinaria, hay una gran diferencia entre las direcciones hacia adelante y hacia atrás. Imagine un vaso de agua que se cae de una mesa y se rompe en pedazos en el suelo. Si usted lo filma, puede decir fácilmente si la película está siendo proyectada hacia adelante o hacia atrás. Si la proyecta hacia atrás, verá los pedazos repentinamente unirse en el suelo y saltar hacia arriba para formar un vaso entero sobre la mesa. Usted puede decir que la película está siendo proyectada hacia atrás, porque este tipo de comportamiento nunca se observa en la vida ordinaria. Si se observase, los fabricantes de vajilla perderían su negocio.

Las explicaciones que se dan usualmente de por qué no vemos vasos rotos recomponiéndose ellos solos en el suelo y saltando hacia arriba hasta quedar sobre la mesa, es que lo prohíbe la segunda ley de la termodinámica. Esta ley dice que en cualquier sistema cerrado el desorden, o la entropía, siempre aumenta con el tiempo. En otras palabras, se trata de otra versión de la ley de Murphy: ¡las cosas siempre tienden a ir de mal en peor!

Un vaso intacto encima de una mesa representa un estado de orden relativamente elevado, pero un vaso roto en el suelo es un estado desordenado. Se puede ir desde el vaso entero sobre la mesa, en el pasado, hasta el vaso roto en el suelo, en el futuro. Pero no al revés.

El que con el tiempo aumente el desorden o la entropía es un ejemplo de lo que se llama la flecha del tiempo, algo que distingue el pasado del futuro dando una dirección al tiempo. Hay al menos tres flechas del tiempo diferentes. Primeramente, está la flecha de la termodinámica, que es la dirección del tiempo en la que el desorden o la entropía aumentan. Luego está la flecha psicológica. Esta es la dirección en la que nosotros sentimos que pasa el tiempo, la dirección en la que

recordamos el pasado, pero no el futuro. Finalmente, está la flecha cosmológica. Esta es la dirección del tiempo en la que el universo está expandiéndose en vez de contraerse.

Hawking, Stephen, *Historia del tiempo*. Buenos Aires : Editorial Crítica, 1988.

LECTURA 17

Procesos reversibles y procesos irreversibles

Consideremos el siguiente ejemplo. Supongamos que tenemos una caja con una barrera en el medio. En un lado hay neón (moléculas "negras") y en el otro argón (moléculas "blancas"). Saquemos ahora la barrera y dejemos que se mezclen.

Bien sabemos que si sacamos la barrera, todo se habrá mezclado tras algún tiempo debido al movimiento de las moléculas, a los choques, las vibraciones, los encontrones, etc. Cada cierto tiempo, una molécula blanca se moverá hacia una negra, o una negra se moverá hacia una blanca, y tal vez pase una por el lado de la otra. Poco a poco, las blancas se irán abriendo camino, por azar, hacia el espacio de la negras y las negras se irán abriendo camino, por azar, hacia el espacio de la blancas. Si esperamos un tiempo suficientemente largo, obtendremos una mezcla. Claramente, este es un proceso irreversible que tiene lugar en el mundo real y debe implicar un aumento de entropía.

Este es un sencillo ejemplo de un proceso irreversible que está íntegramente compuesto de eventos reversibles. Cada vez que hay un choque entre dos moléculas, rebotan en determinadas direcciones. Si filmamos cada choque y pasamos la película al revés, no notaremos nada extraño en la película. De hecho un choque es tan probable como el inverso. De modo que el proceso de mezcla es completamente reversible en todas sus partes, y sin embargo es irreversible. Todo el mundo sabe que si empezamos con moléculas blancas y negras separadas, obtendremos una mezcla al cabo de algunos minutos. Pero si tomamos asiento y observamos la mezcla durante otros tantos minutos, las moléculas no se volverán a separar y continuarán mezcladas.

De modo que tenemos un proceso irreversible que se basa en eventos reversibles. Pero ahora vemos la razón de ello. Empezamos con un arreglo que era, en cierto sentido, ordenado. Debido al caos de las colisiones, se desordenó. *Es el cambio de un arreglo ordenado a un arreglo desordenado lo que es la fuente de la irreversibilidad.*

Es cierto que si tomamos una película y la mostramos al revés, veremos que el arreglo se va ordenando gradualmente. Alguien diría: "Eso va contra las leyes de la física". Pero exhibamos nuevamente la película y observemos cada choque. Cada uno de ellos será perfecto, cada uno de ellos obedecerá las leyes de la física. La razón, por supuesto, es que cada molécula tiene la velocidad precisa, de modo que si se siguen hacia atrás todas las trayectorias, se retorna a la situación original. Pero que cada molécula tenga la velocidad precisa es una situación que resulta extraordinariamente improbable. Si empezamos con un arreglo que no tenga nada de especial, no se volverá nunca a la situación original.

(Feynman, Richard, *Lectures on physics*, California : Addison Wesley, 1963)

Para realizar con los alumnos.

Proponga a sus alumnos que lean y discutan el material de la lectura 15 y de la lectura 18 en las Lecturas Adicionales.

A MODO DE EVALUACION

1. Resuma las ideas principales tratadas en esta sesión
2. Busque situaciones que ejemplifiquen estas ideas:
 - (a) de la vida cotidiana,
 - (b) en procesos químicos,
 - (c) en procesos biológicos.

Lecturas Adicionales

LECTURA 18

Las necesidades de energía en la vida diaria

A veces leemos en los diarios o escuchamos afirmaciones referentes a la necesidad de “ahorrar energía”, a la existencia de una “crisis energética”, o a una eventual situación en que la energía disponible “no sería suficiente” para cubrir las necesidades del país.

Si analizamos estas afirmaciones en sentido estricto, habría que concluir enfáticamente que carecen de toda base.

De acuerdo con la ley de conservación de la energía no tiene sentido hablar de “ahorro de energía”, puesto que la energía no se puede gastar.

Tampoco se justifica afirmar que la energía es insuficiente, ya que sólo la energía que nos llega desde el Sol podría cubrir una demanda varias decenas de miles de veces mayor que el actual consumo mundial de energía.

Veamos en qué consiste, entonces, el problema.

Supongamos que deseamos hacer funcionar un torno accionado por un motor eléctrico.

Nuestro problema no es sólo la necesidad de disponer de una determinada cantidad de energía. Nuestro problema es bastante más complejo.

De lo que se trata es de disponer de energía de un **tipo determinado**, en un **momento determinado** y en un **lugar determinado**.

Es decir, necesito tantos joules de energía **eléctrica**, que deben estar disponibles **en el lugar en que está instalado el motor del torno y en el momento en que voy a trabajar** en el torno.

Por lo tanto, el disponer de energía de otro tipo o en otro lugar o en otro momento no resuelve mi problema.

Por esta razón, la solución de todo problema de energía a nivel de todo el país, a nivel de una empresa o a nivel de una familia, se reduce, en último término, a uno de los siguientes sub-problemas:

- I. Disponer de un sistema capaz de **transportar** energía desde el punto en el cual ella está disponible hasta el lugar en el cual se la necesita.
- II. Disponer de un sistema capaz de **almacenar** energía hasta el momento en que se la va a necesitar.
- III. Disponer de un sistema capaz de **transformar** la energía disponible en el tipo que se necesita.

Muñoz, Héctor, *Física 1° Medio*, Santiago : Dolmen Ediciones, 1991.

IV. Consumo de energía y su impacto ambiental

EL AUMENTO EN EL CONSUMO DE ENERGIA SUPONE, POR UNA PARTE, UN EVENTUAL AUMENTO DE LA PRODUCCION DE BIENES Y UN SUPUESTO MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE VIDA PARA LOS PAISES EN DESARROLLO. SIN EMBARGO, UN ANALISIS MAS DETENIDO MUESTRA QUE EL CONSUMO DE ENERGIA VA APAREJADO CON GRAVES PROBLEMAS AMBIENTALES QUE, A LA LARGA, PRODUCEN DETERIORO DE LAS CONDICIONES DE VIDA DE LAS POBLACIONES MAS POBRES Y UNA TRISTE HERENCIA PARA LAS FUTURAS GENERACIONES.

El aumento de la demanda de energía y algunos de sus problemas

Cuando se analiza la forma en que las diferentes naciones consumen energía, resaltan claramente dos puntos. El primero es que, a pesar de los trastornos políticos y económicos, la tasa de consumo continúa subiendo. El segundo es que la distribución de la energía entre los pueblos del mundo es muy desigual. Según las palabras del Informe Brandt: "Un norteamericano usa tanta energía comercial como 2 alemanes o australianos, 3 suizos o japoneses, 6 yugoeslavos, 9 mexicanos o cubanos, 16 chinos, 19 malayos, 53 indúes o indonesios, 109 habitantes de Sri Lanka, 438 habitantes de Mali o 1072 nepaleses. Todo el combustible utilizado en el Tercer Mundo para todos los usos sólo es ligeramente mayor que la cantidad de gasolina que el Norte quema para mover sus automóviles".

En las próximas décadas, se supone que los países en desarrollo serán responsables de la mayor parte del aumento de la demanda mundial de energía y prácticamente todo el aumento del consumo de petróleo. La mayoría de las proyecciones sugieren un aumento total de la demanda de energía de más de un 5 % al año hasta el año 2000.

Actividad 14

Lea y comente con sus colegas los materiales de las lecturas 21, 22 y 23 en las Lecturas Adicionales. En ellos se discuten algunas de las consecuencias que ha tenido el aumento del consumo de energía en nuestra época. En especial, como usted verá, se tratan algunos de los problemas que surgen de la deforestación y del llamado efecto invernadero acentuado por las emanaciones de dióxido de carbono y otros gases.

Actividad 15

Lea el material de la lectura 22. Le resultará interesante saber que el efecto invernadero es un fenómeno natural presente también en otros planetas y satélites del sistema solar. ¿En que consiste entonces lo peligroso del efecto invernadero?

LECTURA 19

El efecto invernadero en el sistema solar

El efecto invernadero no es privilegio exclusivo del planeta Tierra. Otros planetas que poseen atmósferas de composición diversa ven también cómo su superficie es calentada por efecto invernadero. Así, las superficies de Marte, de Venus o de Titán (satélite de Saturno) tienen, como la Tierra, una temperatura superior a la que les daría la mera radiación solar o, más precisamente, la fracción de esta radiación no reflejada por el planeta.

Por el contrario, en Mercurio, que no posee atmósfera sustancial y que, por lo tanto, carece de efecto invernadero, la temperatura de la superficie es igual al valor de equilibrio global con la radiación solar. En el sistema solar, todos los planetas sólidos o satélites dotados de atmósfera presentan un efecto invernadero más o menos amplio. El caso de los planetas gigantes (Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno) es sensiblemente distinto del de los planetas similares a la Tierra. Hay efecto invernadero, pero en ausencia de superficie sólida su influencia se distribuye en numerosas capas atmosféricas. Además, la mayoría de estos planetas poseen una fuente interna de calor que modifica los términos del problema para el balance de energía global.

Parece establecido que el clima de la Tierra ha sido eficazmente regulado a lo largo de su evolución por el acoplamiento entre el efecto invernadero y el ciclo del dióxido de carbono, permitiendo así el desarrollo de la vida.

Actualmente, un conocimiento en profundidad del mecanismo del efecto invernadero es crucial para el futuro inmediato de la especie humana. ¿Podremos evaluar los

cambios climáticos inducidos por la actividad económica? ¿Estamos en disposición de controlarlos y acomodarlos? Otras tantas preguntas a las que los investigadores tratan de dar respuesta. Para un futuro más lejano, pero que no pertenece totalmente a la ciencia ficción, algunos barruntan la posibilidad de modificar la superficie de otros planetas, como Marte, inyectando en su atmósfera gases que, al actuar sobre el efecto invernadero, harían el planeta habitable.

Courtin, Régis, El efecto invernadero en el sistema solar. En *Mundo Científico* N° 126.

Panorama energético nacional ⁽²⁾

Según datos de la Comisión Nacional de Energía, el consumo de energía en 1990 alcanzó a poco menos de 630 terajoule (TJ). El prefijo “tera” (T) corresponde a un factor 10^{12} . Esta cantidad equivale a unos 175 millones de kW h.

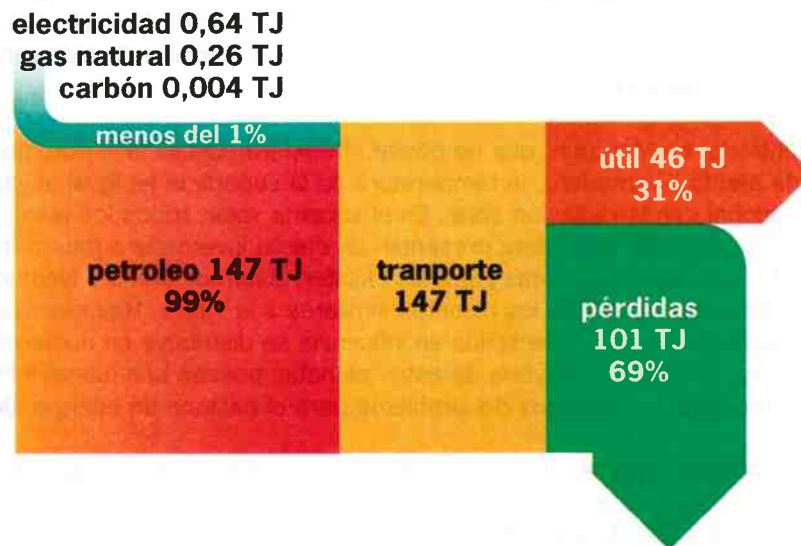
De este total, 203 TJ se transformaron en energía útil lo que corresponde sólo a un 32 %. Es decir, a lo largo del año 1990, hubo una pérdida de energía de 427 TJ, lo que indica que la forma en que nuestro país maneja el consumo de energía es muy deficiente.

Una apreciable fracción (38 %) de las pérdidas se produce en los procesos de transporte, almacenamiento y transformación de la energía, es decir, antes de su uso final.

Los principales consumidores de energía son el sector transporte, el sector industrial y minero, y el sector comercial, público y residencial.

El sector transporte consume cerca de 150 TJ, proveniente casi exclusivamente (99,3 %) del petróleo y con una eficiencia del 31 % (ver figura 15).

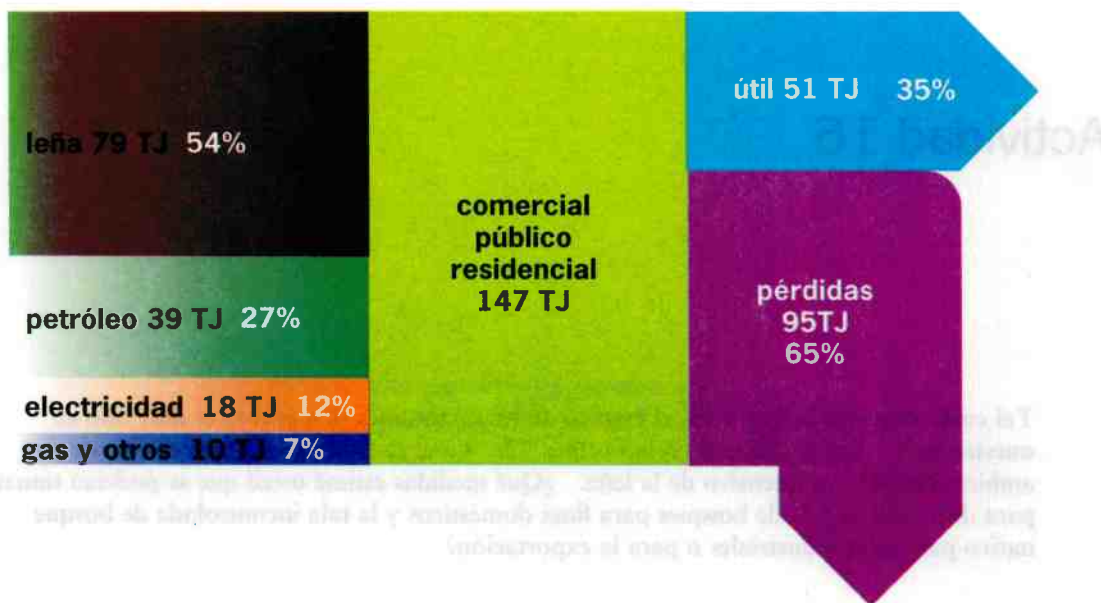
Figura 15



(2) En este apartado y el siguiente, nos hemos basado fuertemente en trabajos del ingeniero Pedro Serrano R.

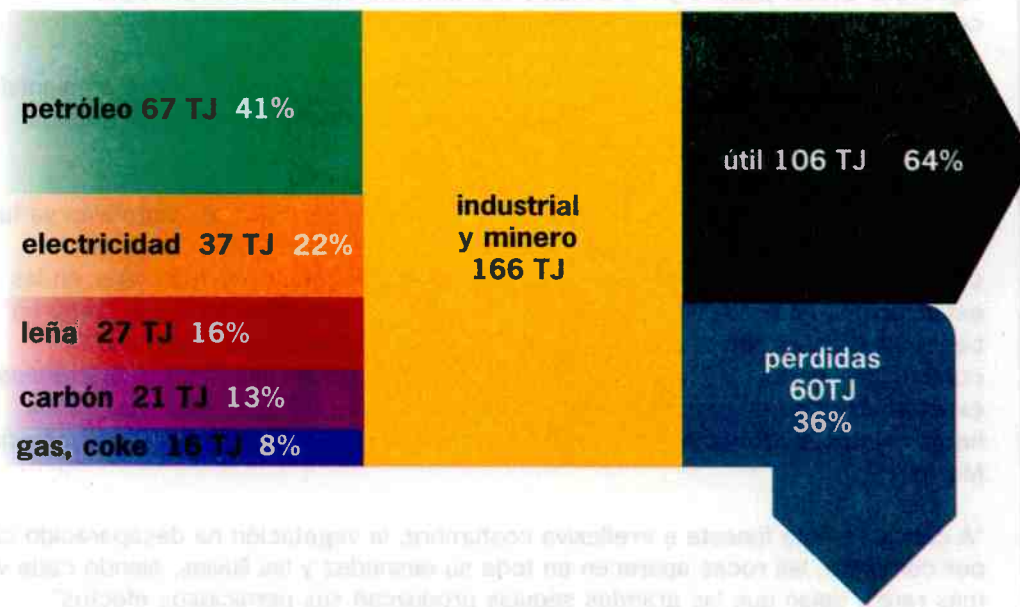
El sector comercial, público y residencial consume otros 147 TJ. Su principal fuente es la leña (54 %) seguida por el petróleo (26,7 %). La eficiencia es de un 35 % (figura 16).

Figura 16



Por último, el sector industrial y minero consume 166 TJ provenientes de la combustión de derivados del petróleo (40,7 %) y de energía eléctrica (22 %). Su eficiencia es bastante más elevada que en el caso de los dos sectores anteriores y alcanza a cerca de un 64 %. figura 17).

Figura 17



Actividad 16

Tal como muestra la figura 16, el empleo de leña para fines domésticos es muy alto en nuestro país. Lea el material en la Lectura 23. En él se analizan algunas consecuencias ambientales del uso intensivo de la leña. ¿Qué medidas estima usted que se podrían tomar para disminuir la tala de bosques para fines domésticos y la tala incontrolada de bosque nativo para fines industriales o para la exportación?

LECTURA 20

El uso de leña en nuestro país.

Pocos chilenos se imaginan que la leña es el segundo insumo energético primario nacional después del petróleo y pocos también imaginan que el 74 % de esa leña ingresa al sector público y residencial, transformándose así en el principal combustible de uso doméstico en Chile.

La secuelas del uso de la leña en Chile presentan el más grave impacto ambiental nacional acumulado en los casi quinientos años de explotación intensiva iniciada desde la conquista española.

La degradación de las cuencas fluviales por sobretala de especies vegetales ya fue advertida por don Benjamín Vicuña Mackenna y el científico Claudio Gay: “El combustible, es decir la leña de los bosques primitivos, no tenía más valor en las estancias que el costo de echar los árboles abajo, y aun considerábase como un beneficio talar las selvas para la roza eficaz y productiva de las siembras. El combustible es hoy el gran obstáculo en el fomento de las industrias subterráneas, exactamente como durante la colonia fue su estímulo principal, pues aquí donde había montes el primer venido cortaba árboles y fabricaba ingenios.” (1883, Vicuña Mackenna)

“A causa de esta funesta e irreflexiva costumbre, la vegetación ha desaparecido casi por completo, las rocas aparecen en toda su desnudez y las lluvias, siendo cada vez más raras, dejan que las grandes sequías produzcan sus perniciosos efectos”.

(1862, Claudio Gay)

Basta una muestra para decir que el problema tiene una dimensión de arrastre fenomenal. La desertificación efectiva de la región del norte chico chileno, más su total cambio climático, es un desastre ambiental de proporciones planetarias. La entarquinación de las bocas de salida de todos los ríos chilenos ubicados en territorios poblados, es uno de los grandes problemas ambientales comunes a todo el planeta, originado fundamentalmente por manejo de leña. [tarquín: légame que las aguas estancadas depositan en el fondo o las avenidas de un río en los campos que inundan]

La leña, aunque es un combustible potencialmente renovable, no lo es en realidad, pues se tala y se ha talado por siglos mucho más de lo que se ha plantado.

En relación al uso eficiente, la leña es además el combustible que se quema con la peor tecnología, con una eficiencia media inferior al 20 % (ver figura 18).

Tipos de uso doméstico de la leña

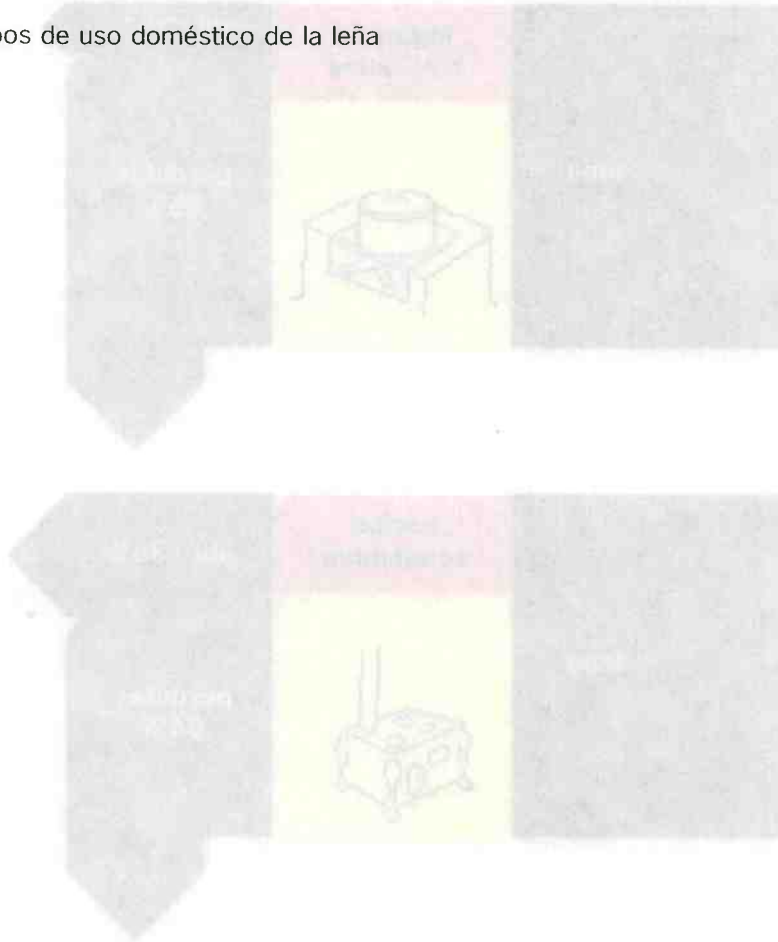
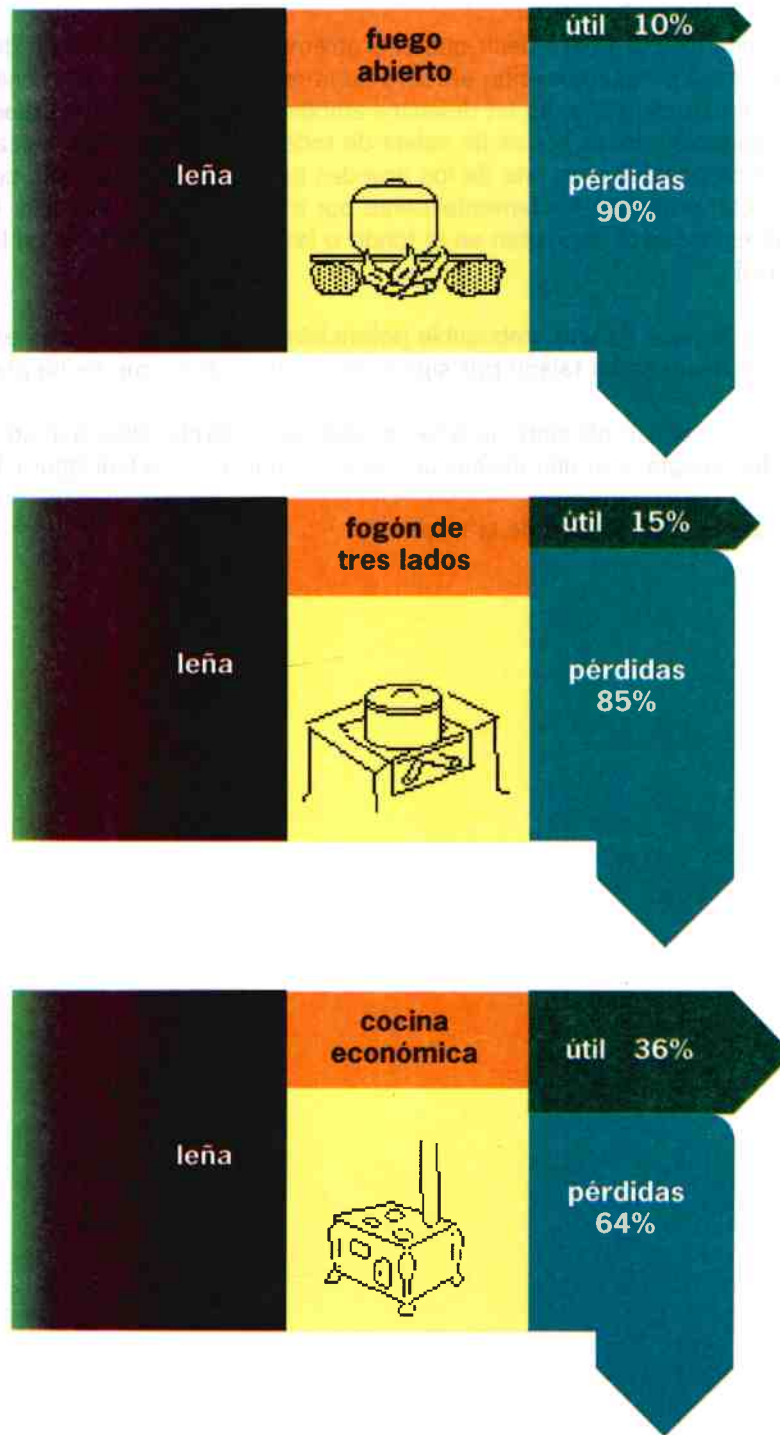


Figura 18



En una estufa convectiva de doble cámara, la eficiencia en calefacción podría llegar al 65 %. Esto, comparado con el 100 % de la electricidad y el 99 % del gas licuado para el mismo uso, deja a la leña y a su tecnología actual de quemado muy por debajo de las expectativas de eficiencia posible.

Una familia rural consume entre 4 y 24 toneladas de leña promedio al año, de acuerdo al territorio donde viva. Ocupa, además, entre 2 y 6 horas de recolección diaria por familia. Se estima que el 60 % de los hogares rurales utiliza el fuego abierto, lo cual produce la máxima contaminación con el peor rendimiento.

La leña es un problema social y ambiental de primera importancia para el país, pero aun así no ha logrado concitar el interés necesario para tomar una profunda decisión al respecto.

Chile quema al año aproximadamente 5.400.000 toneladas en forma de leña, con un promedio de 3.600 kilocaloría/kilogramo (la cuarta parte de lo que produce un litro de petróleo y la mitad de un kilogramo de carbón). De esas 5.400.000 toneladas, 3.500.000 corresponden a pérdidas posibles de controlar. El impacto ambiental que tendría el dejar de cortar 3.500.000 toneladas de materia vegetal al año tiene una proyección de costo incalculable para el país, tanto en lo social como en lo económico y medioambiental. Es algo que debiera hacer meditar. Es más, se estima que el volumen de extracción de leña del bosque nativo supera al volumen extraído para madera, astillas o usos industriales.

Serrano, Pedro, *Gestión en uso eficiente de energía e impacto ambiental*. Santiago 1992.

Tal vez lo más significativo de un análisis de las pérdidas en los tres sectores que muestran las figuras es que, mediante un uso más eficiente de la energía, sería posible rebajar las pérdidas en más de 160 TJ, lo que equivale a un 26 % del total de insumos nacionales.

Es decir, es posible reducir el consumo de energía en Chile en más de una cuarta parte del consumo total sobre la base únicamente de un uso más eficiente en los mismos usos terminales, sin disminuir en nada el consumo útil final o los beneficios esperados.

En otras palabras, la economía de energía que resulta posible a través de un uso eficiente equivale a un "yacimientos energético" del orden del 26 % de los insumos nacionales.

Es evidente que dejar de quemar ese porcentaje de combustibles reduciría las emisiones de CO₂ y otros gases contaminantes, y haría innecesarios el uso de la leña y la construcción de nuevas centrales hidroeléctricas con su fuerte impacto ambiental.

A esa posibilidad de disminución del consumo habría que añadir las posibilidades que tendría una política de ahorro energético a escala nacional. El ahorro o economía voluntaria de energía es un yacimiento potencial de energía que el país no implementa en forma apreciable y que tendría un importante impacto positivo sobre el ambiente.

Hacia las fuentes de energía alternativas

El consumo nacional de energía descansa fundamentalmente en el uso de combustibles fósiles: petróleo, carbón y gas natural, y en el uso de leña.

Los combustibles fósiles son esencialmente no renovables. La leña lo es sólo en un cierto grado.

De hecho, actualmente, sólo el 5,2 % de los insumos básicos de energía utilizados en Chile son realmente renovables. El resto corresponde a productos que presentan fronteras de agotamiento a mediano y corto plazo.

Se hace cada vez más urgente echar mano a aquellas otras fuentes de energía que hoy reciben el nombre genérico de "alternativas", disponibles en abundancia en todo el territorio. Entre ellas, se pueden citar la energía solar, la energía eólica, la tracción humana (a través del uso de la bicicleta), la tracción animal, la biodigestión, las mini y micro centrales hidroeléctricas, la energía oceánica en sus diversas variedades.

Es cierto que estas formas de energía requieren de inversiones de capital iniciales. Sin embargo, tienen costos de operación y mantención muy bajos o casi nulos, de modo que los costos iniciales se amortizan completamente tras un plazo razonable.

Las energías alternativas, sumadas al uso eficiente y a políticas de ahorro de energía, conforman una oferta energética latente que supera con creces la demanda nacional proyectada para muchas décadas.

Su empleo masivo, sin embargo, requiere de nuevos hábitos y de cambios culturales y tecnológicos de parte de la población y de los sectores productivos. Es necesario tener presente que nuestros usos y costumbres energéticos tradicionales han asentado una cultura tecnológica y un marco de aspiraciones de vida que no es fácil de conjugar con una oferta alternativa. Es más, la inercia estructural que presenta la tecnología en uso, los intereses económicos, los tipos de motores y maquinarias, las refinerías, centrales, oleoductos, el sistema eléctrico interconectado y los sistemas de distribución de la energía en general, los artefactos de empleo cotidiano, los usos culturales y el diseño de entornos, los materiales y técnicas de construcción de casas y recintos, etc. hacen difícil pensar en un corto plazo el modificar nuestros estilos de uso de la energía.

Parece claro que un eventual cambio tendrá efecto recién en una nueva generación y en su gestación y desarrollo la educación deberá desempeñar un papel predominante. Un factor fundamental para asegurar un desarrollo sustentable real que alcance a las generaciones futuras es empezar ahora las modificaciones de dichas estructuras y empezar a transformar los usos actuales orientándonos hacia el empleo racional y mesurado de la energía y la utilización creciente de fuentes más abundantes y variadas, en particular hacia el uso de formas renovables y no contaminantes de energía.

Actividad 17

Para terminar el trabajo de este módulo de ciencias le sugerimos que realice las siguientes actividades :

PIENSE:

¿Que características debería tener una casa para aprovechar al máximo la radiación solar y evitar las pérdidas de calor a través de paredes, ventanas, puertas y techos? ¿Cree usted que estas modificaciones podrían traducirse en un ahorro significativo del combustible usado para calefacción?

DISEÑE

y lleve a cabo algunos experimentos que le permitan evaluar las posibilidades de ahorro de combustible en la cocción de alimentos (por ejemplo, cocinar con la olla tapada, utilizar poca agua, emplear termos, etc.).

Y para realizar con los alumnos

En el Apéndice 1 y 2 se describe la construcción y uso de una “olla bruja” y de un colector solar.

Proponga a sus alumnos la construcción de estos interesantes dispositivos destinados a ahorrar combustible en tareas domésticas.

Estimule la realización de estudios evaluativos.

Discuta con sus alumnos su utilidad y eventuales posibilidades de difusión.

A MODO DE EVALUACION

Resuma, en conjunto con sus colegas, los logros más importantes que el estudio del presente módulo en sus cuatro sesiones y las correspondientes aplicaciones en el aula han significado para su labor pedagógica.

Lecturas Adicionales

LECTURA 21.

Uso de combustibles vegetales y deforestación.

Los sectores tradicionales de las economías en desarrollo descansan fuertemente en la leña, el carbón vegetal, los residuos animales y vegetales, el esfuerzo humano o de animales, la energía solar y, en menor medida, el viento y la hidroenergía. En la mayoría de los países en desarrollo hoy día, estas formas de energía proporcionan alrededor de la mitad de toda la demanda de energía en tanto que en las zonas rurales, la proporción sube a más del 80 %. La demanda por estos combustibles proviene principalmente de las tareas domésticas, especialmente, la cocina. Actualmente, alrededor de la mitad de la población del mundo cocina con combustibles obtenidos localmente.

La deforestación y la escasez de madera para combustible están empezando a convertirse en un problema crítico, como lo fueron en Europa hacia fines del siglo XVI. En Nepal, la creciente demanda de leña, forraje y tierras cultivables está arrasando las laderas de los cerros y ocasionando una severa erosión. Haití y El Salvador están enfrentando problemas similares, los que en Sudán han contribuido al crecimiento del desierto. En muchos países parece que la madera está siendo usada como combustible a una tasa mayor de lo que sus bosques pueden sostener. Otros muchos países están enfrentando una severa escasez de leña alrededor de las áreas densamente pobladas.

Además, a medida que la madera se hace cada vez más difícil de obtener, surge la tendencia a usar residuos de animales y cosechas, con serias consecuencias para la agricultura. Esto parece ser especialmente significativo en las áreas más secas de África, gran parte de Sudasia y partes de América Latina.

Hickson, T.D.R., Energy: facts and figures. En: *New trends in physics teaching*, París 1984

LECTURA 22

Deforestación y cambios climáticos

Hace 18 000 años, en la época de la extensión máxima de los casquetes de hielo, únicamente había en toda la Tierra algunos centenares de miles de hombres. La aparición del interglacial actual estuvo acompañada de un acontecimiento sin precedentes en la historia del planeta: la explosión demográfica del género humano, caracterizada por una deforestación progresiva y por el desarrollo cada vez más rápido de la agricultura y de la industria.

Tan sólo dos siglos, el planeta estaba poblado por menos de mil millones de hombres. Desde entonces, el crecimiento demográfico se ha acelerado: dos mil quinientos millones de hombres hace cuarenta años, cinco mil millones hoy y

seguramente diez mil millones dentro de cuarenta años. Esta proliferación exponencial y las secuelas que trae para nuestro medio ambiente constituye, sin duda alguna, una perturbación gigantesca, y la aparición de un nuevo tipo del "sistema Tierra", marcado, entre otras cosas, por una alteración masiva de la cobertura vegetal y, sobre todo, por modificaciones importantes de la composición química de la atmósfera. Un climatólogo sabe que estos dos últimos aspectos están cargados de consecuencias para el equilibrio energético de la Tierra y, por tanto, para el clima, tanto a escala regional como a escala global.

Actualmente, los especialistas pueden predecir que la perturbación antropogénica tendrá una amplitud comparable a la de las variaciones de insolación asociadas a la alternancia glacial-interglacial; y, lo que es todavía más preocupante, que se desarrollará en un período de tiempo mucho más breve que todas las variaciones que conocemos de los tiempos pasados. Por ejemplo, la evolución que condujo de la última era glacial a la interglacial actual duró varios miles de años, tiempo necesario no sólo para producir, a partir de la mecánica celeste, unas variaciones significativas de insolación, sino también para desestabilizar y fundir los casquetes polares. La perturbación antropogénica se desarrolla hoy a escalas de tiempo del orden de algunas décadas, es decir, más aprisa que el tiempo de renovación y de adaptación de numerosos ecosistemas, como los bosques; muchos de estos ecosistemas, al no poder evolucionar con la misma rapidez, corren el riesgo de desaparecer bajo la influencia de la deforestación.

¿Cuáles son estas modificaciones de origen humano que han removido tan profundamente la superficie de la Tierra? Desde el tercer milenio anterior a nuestra era, los cultivos por roturación y la utilización de la madera para calefacción, cocer alimentos y construir casas y navíos iniciaron, y luego prosiguieron, la deforestación intensiva de las riberas del Mediterráneo. De milenio en milenio, y luego de siglo en siglo, este movimiento se acelera, se amplía y se extiende a todo el planeta: en la Edad Media, se deforesta gran parte de Europa; en el siglo pasado, fue América del Norte; hoy son las selvas ecuatoriales de Indonesia, Africa y la Amazonia las que desaparecen. Se trata de una perturbación planetaria cuyo efecto potencial afecta tanto el clima global de la Tierra como los climas locales.

La deforestación tiene una incidencia climática local e inmediata. Una selva densa como la amazónica tiene un albedo del orden de 0,12, es decir, absorbe casi la totalidad de la energía solar incidente y sólo devuelve al espacio el 12 % de esta energía. Por otra parte, las regiones de vegetación densa se benefician, gracias a la evaporación, de una regulación térmica eficaz que modera la temperatura; por tanto, irradian menos en el infrarrojo. Además, en ellas, la evapotranspiración favorece una cobertura nubosa más abundante, que limita la pérdida de energía térmica al espacio. Las regiones de bosque denso absorben, pues, mucha energía solar y pierden relativamente poco calor por radiación, por lo que son más bien excedentarias de energía.

En cambio, las regiones desérticas son más bien deficitarias. Al ser muy reflectantes (con un albedo del orden de 0,30), absorben relativamente poca energía solar, mientras que su irradiación al espacio es considerable, ya que, en ausencia de evaporación, la temperatura de la superficie alcanza fácilmente durante el día valores elevados y su capa nubosa es escasa. El Sahara, por ejemplo, es la única región de la franja tropical que es globalmente deficitaria de energía, e irradia por término medio al espacio más energía que la que recibe del Sol.

Por consiguiente, la deforestación masiva de la Tierra conduce, en principio, a un enfriamiento global debido al aumento del albedo.

Pero el efecto climático principal de la deforestación, o de alteraciones análogas de la superficie, sigue siendo la modificación local del equilibrio hídrico. Esta respuesta local puede ser **especialmente sensible** gracias a un **mecanismo amplificador** descubierto en los años setenta por el gran meteorólogo norteamericano Jules Charney. En un famoso artículo aparecido en 1977, en el *Journal of Atmospheric Sciences*, Charney y sus colaboradores apuntaban por primera vez a la hipótesis de que el pastoreo demasiado intensivo, o sobrepastoreo, podría ser el origen de la desertificación en el Sahel, y proponían el mecanismo general siguiente: el sobrepastoreo acarrea, en primer lugar, una desaparición parcial de la vegetación; esto da lugar a un aumento del albedo en la superficie; el déficit energético consiguiente favorece el descenso de las masas de aire que hay en la región en cuestión; a su vez, este descenso inhibe las precipitaciones, ya que el aire procedente de las capas altas de la atmósfera es ligero y, por lo tanto, tiene poca carga de agua. El resultado de todo ello es una tendencia a las sequías crónicas, lo que acelera la desaparición de la vegetación local.

De una manera general puede decirse que es en los trópicos donde una deforestación masiva es capaz de acarrear consecuencias climáticas más graves. En primer lugar, porque es allí donde las energías radiativas son más fuertes; en segundo lugar, porque, en estas regiones, una perturbación radiativa es el fenómeno que tiene el efecto directo más importante sobre la circulación planetaria y sobre el consiguiente ciclo del agua. En las latitudes medias, la circulación atmosférica está regida principalmente por las inestabilidades hidrodinámicas. En los trópicos, por el contrario, responde de una manera muy directa a la distribución geográfica del equilibrio energético: encima de las regiones excedentarias (como las selvas tropicales durante la estación lluviosa), el aire converge en las capas bajas, se eleva y afluye a las capas altas exportando energía. Encima de las regiones deficitarias (como los desiertos), el aire converge en las altas capas importando energía, desciende y afluye a las capas bajas, lo que inhibe considerablemente las precipitaciones. Se comprende, pues, que una deforestación sistemática, si modifica mucho el albedo de la superficie, puede transformar radicalmente el conjunto de la circulación planetaria tropical y, con ella, el equilibrio hídrico y el régimen de lluvias.

Sadourny, Robert, El hombre, ¿modifica el clima?. En *Mundo Científico* N° 126.

LECTURA 23

Mucho antes de Jule Charney, el físico sueco Svante Arrhenius, a finales del siglo pasado, ya había llamado la atención sobre las consecuencias climáticas de las actividades del hombre. Mediante un cálculo sencillo, demostraba que una duplicación de la carga atmosférica del dióxido de carbono debida al aumento rápido de la industria se traduciría en un recalentamiento global de la Tierra del orden de 6 °C. El **resultado cuantitativo** es, evidentemente, discutible, pero el argumento de principio sigue teniendo una base perfectamente válida.

El mecanismo por el cual el dióxido de carbono (y otros gases similares) recalienta el clima terrestre se denomina efecto invernadero. El efecto invernadero se basa en la propiedad - (común a las gotitas de agua, a los cristales de hielo y a los gases poliatómicos, como el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el ozono (O_3), el óxido nitroso (N_2O) y los compuestos clorofluorocarbonados (CFC), como los freones o sus substitutos) de absorber la radiación infrarroja. El resultado es un recalentamiento natural y permanente de las capas bajas atmosféricas que conduce a las condiciones climáticas generales que conocemos.

Parece ser que, debido al efecto invernadero, el clima es más sensible a la actividad del hombre. El hecho capital de las últimas décadas es el aumento cada vez más rápido de la carga atmosférica de gases absorbentes.

Los hombres inyectan hoy en la atmósfera, en forma de CO_2 , aproximadamente 7 000 millones de toneladas de carbono anuales. Esto corresponde a una inyección media de 4 kg por persona y por día (15 kg para un habitante de Estados Unidos, 4 kg para un francés, 1 kg para un habitante de los países en vías de desarrollo). El origen de estas emisiones es, principalmente, la actividad industrial, la calefacción y los transportes (5500 millones de toneladas), mientras que el resto proviene de la deforestación ecuatorial debido al fuego.

El resultado neto de esta inyección masiva debida a la combustión es un crecimiento rápido y sin precedentes del CO_2 atmosférico, que alcanza hoy el 0,5 % por año.

El contenido de metano, un gas que, con una masa de carbono igual, es un absorbente veinte veces más potente que el CO_2 , aumenta también en la atmósfera a razón de 0,7 % por año. Este aumento se debe principalmente a las fermentaciones anaerobias: rumiación (una vaca desprende por término medio 200 g de metano al día), arrozales inundados, vertederos, etc.

El óxido nitroso N_2O , un absorbente doscientas veces más potente, aumenta a razón de 0,25 % anual; entre las fuentes antrópicas probables, difíciles de cuantificar de una manera exacta, puede citarse el uso de abonos y, probablemente, la desnitrificación de los suelos provocada por la deforestación.

Los compuestos clorofluorocarbonados, inyectados masivamente en la atmósfera por las bombas de los aerosoles y, sobre todo, por la industria del frío y de las espumas plásticas, son absorbentes infrarrojos varios miles de veces más potentes que el CO_2 , y su contenido en la atmósfera aumenta un 4 % anual. En cuanto a los substitutos desarrollados a raíz del protocolo de Montreal para proteger la capa de ozono estratosférica (los compuestos hidrofluorocarbonados o hidroclorofluorocarbonados), no constituyen un verdadero progreso en lo que concierne al efecto invernadero, ya que su eficacia radiativa, a corto plazo, es del mismo orden.

A pesar de que todavía subsisten muchas incógnitas en los mecanismos del ciclo del carbono y, de una manera general, en la fisicoquímica de los gases absorbentes en el infrarrojo, una extrapolación razonable de las tendencias actuales a nivel de las emisiones y de las acumulaciones en la atmósfera, indica que la carga atmosférica de dióxido de carbono, metano y compuestos clorofluorocarbonados se habrá doblado con creces dentro de un siglo, a menos que se tomen medidas draconianas,

cosa poco probable. ¿Cuál será la respuesta del clima a esta importantísima y extremadamente rápida perturbación, de la composición química de la atmósfera? Sea cual fuere, un recalentamiento parece inevitable. Pero ¿cuáles serán sus órdenes de magnitud, su distribución geográfica, su impacto en los equilibrios hídricos regionales? He aquí una pregunta a la que es hoy muy difícil responder, ya que los mecanismos del sistema climático son muy complejos.

Sadourny, Robert, El hombre, ¿modifica el clima?. En *Mundo Científico* N° 126.



Apéndices ⁽³⁾ 4:

La Cocina Bruja

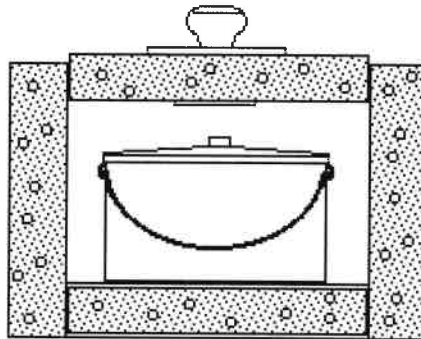
La cocción de alimentos requiere, por una parte, elevar la temperatura hasta el punto de ebullición del agua y, por otra, mantener esa temperatura durante todo el tiempo necesario para lograr un adecuado grado de cocción.

El primer proceso requiere de un insumo neto de energía. Puede optimizarse el consumo energético tapando la olla y tratando de evitar pérdidas de calor. En ningún caso, sin embargo, puede reducirse a cero.

En el segundo proceso, la situación es muy diferente. El agua ha alcanzado la temperatura de ebullición. Para mantenerla no se requiere nueva inyección de calor. El calor que se entrega a la olla sólo tiene por objeto compensar las pérdidas por traspaso de calor de la olla al ambiente. El consumo de energía en esta etapa puede reducirse a cero si se logra aislar adecuadamente la olla de modo de impedir o reducir a un mínimo la pérdida de calor.

La “cocina bruja” es, en esencia, un termo de paredes aislantes de plumavit capaz de reducir a un mínimo la pérdida de calor (figura 19). Al colocar una olla hirviendo en su interior, la cocción continúa gracias a que la temperatura disminuye muy lentamente. Se alcanza así, en la cocción de alimentos comunes, un ahorro que varía entre el 40 % y el 70 % del consumo de energía, sin que ello signifique ningún detrimento en la calidad alimenticia ni en el sabor de la comida preparada así.

Figura 19



Resulta conveniente preparar la comida a la hora del desayuno, hacer hervir la olla en una cocina normal, introducir la olla en la “olla bruja” y dejarla reposar durante toda la mañana. A la hora de almuerzo, la comida estará preparada, lista para ser consumida. Sólo se ha necesitado combustible para llevar la olla hasta su punto de ebullición. De ahí en adelante, la tarea queda en manos de la olla bruja, que actúa sin necesidad de calentamiento.

(3) “Los científicos usan el término entropía para designar una medida del desorden o aleatoriedad de un sistema. Cuanto mayor es el desorden en una muestra de materia, mayor es su entropía; cuanto mayor es su orden, tanto menor es su entropía.” Tyler Miller, 1994, p. 64

Un Colector Solar

Para nadie es una novedad que si se coloca al sol una botella con agua, su temperatura se eleva. Sin embargo, es posible que el aumento de temperatura no sea suficiente, por lo que resulta conveniente tratar de mejorar la absorción de energía solar y hacer más **eficiente** el proceso.

Una primer paso se logra pintando la botella de color negro, ya que el negro permite una máxima absorción (figura 20). Una botella de bebida de plástico desechable es bastante adecuada. Si se desea un mayor volumen, puede usarse un bidón de plástico o varias botellas en un mismo recipiente.

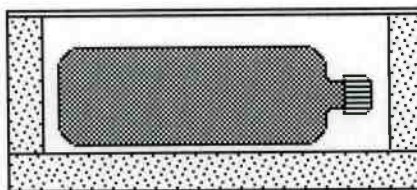
Figura 20



Es necesario perforar la tapa de la botella con un clavo para dar cuenta de eventuales aumentos de presión por efectos del aumento de temperatura y por evaporación del agua al interior de la botella.

Para evitar las pérdidas de calor, conviene colocar la botella dentro de una caja de paredes aislantes que cubra cinco de los seis lados, dejando un lado descubierto para permitir que entre el sol (figura 21).

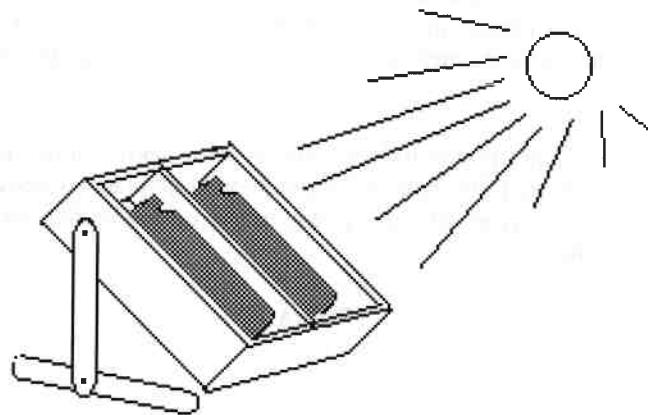
Figura 21



Por último, la cara descubierta se cubre con un vidrio o plástico transparente, con lo que se aumenta la eficacia del dispositivo gracias al efecto invernadero. La tapa transparente permite el paso de la radiación solar, pero impide la salida de aire caliente.

Ahora, todo lo que hay que hacer es colocar nuestro colector solar inclinado de modo que la tapa transparente quede de frente al sol (figura 22).

Figura 22



Vale la pena hacer algunos experimentos para determinar si este dispositivo funciona aun en días nublados.

