

MÓDULO 4: LA ACTIVIDAD HUMANA COMO CAUSA DEL CAMBIO CLIMÁTICO



| | |
|--|----------|
| MÓDULO 4: LA ACTIVIDAD HUMANA COMO CAUSA DEL CAMBIO CLIMÁTICO | 3 |
| 4.1 EL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD HUMANA EN EL PLANETA | 3 |
| 4.2 ENERGÍA: CONCEPTOS BÁSICOS..... | 9 |
| 4.3 LAS FUENTES DE ENERGÍA..... | 15 |
| 4.4 EL MODELO ENERGÉTICO ACTUAL DEL MUNDO Y DE ESPAÑA | 20 |
| 4.5 LOS SECTORES DE LA AGRICULTURA, GANADERÍA Y LOS CAMBIOS DE USO DEL SUELO | 25 |
| BIBLIOGRAFÍA | 29 |
| GLOSARIO | 29 |



MÓDULO 4: LA ACTIVIDAD HUMANA COMO CAUSA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

4.1 EL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD HUMANA EN EL PLANETA

En el módulo 3 explicamos las causas del cambio climático desde el punto de vista de los procesos físicos y químicos que están haciendo que la temperatura global del planeta esté aumentando como consecuencia de las emisiones masivas de gases de efecto invernadero a la atmósfera. En este módulo, vamos a concentrarnos en el origen de dichas emisiones, que no es otro que la actividad humana.

El impacto de la actividad humana en el planeta ha venido en aumento a medida que nuevos avances tecnológicos aparecían y en especial desde la revolución industrial, a partir de la cual el ser humano fue capaz de aprovechar fuentes de energía mayores y producir a mayores escalas. A día de hoy, es claro que la actividad humana tiene un elevado impacto medioambiental y está alterando los ecosistemas, tiene un gran potencial para modificar el clima, elevar el nivel de los océanos e incluso ha dejado su huella en los estratos de la tierra como resultado de los numerosos ensayos con armas nucleares que se realizaron en la guerra fría.

Este impacto medioambiental se produce a través de lo que llamamos contaminación. Ésta consiste en la liberación de sustancias o formas de energía en la atmósfera, aguas o suelos de manera que dichos medios quedan alterados local o globalmente y generalmente durante períodos de tiempo largos ya que la naturaleza no es capaz de asimilar dichas sustancias rápidamente. Estas alteraciones se traducen en la degradación o incluso destrucción de ecosistemas, la pérdida de biodiversidad, o el deterioro de recursos naturales, en especial suelos y aguas dulces.



Las Naciones Unidas [clasifica](#) la contaminación en 6 áreas, el aire, océanos, aguas dulces, suelos, sustancias químicas y residuos.

De todos los tipos de contaminación antes citados, posiblemente la forma que más atención ha captado es la contaminación del aire, debida a la liberación de sustancias que alteran local o globalmente las concentraciones de sustancias disueltas en la atmósfera. Los efectos de este tipo de contaminación son variados.

Así, es importante distinguir entre las emisiones de efecto invernadero, en las cuales nos vamos a centrar después, y otros tipos de contaminación, con efectos mucho más locales y no tan a largo plazo. Entre estos últimos podemos citar los siguientes:

- Monóxido de carbono: procedente de combustiones incompletas de combustibles fósiles. Es un gas tóxico muy peligroso pues es incoloro e inodoro y causa adormecimiento y asfixia. Es también, junto a los óxidos de nitrógeno, causante del "smog", una especie de neblina, con efectos perjudiciales para la salud, que se genera en las grandes urbes en las que la concentración de estos contaminantes es alta.
- Dióxido de nitrógeno: generados en combustiones a altas temperaturas. Es también un gas dañino para el sistema respiratorio, así como para la piel o los ojos. Tiene además un efecto moderado sobre el efecto invernadero.
- Óxido de azufre: generado principalmente por la combustión de carbón. Su principal problema asociado es un efecto secundario del mismo al combinarse con el vapor de agua de la atmósfera y su precipitación posterior en forma de ácido sulfúrico, lo que se conoce como lluvia ácida.
- Otros contaminantes del aire pueden ser las partículas de metales, los gases dañinos para la capa de ozono, o los contaminantes radiactivos.

Cabe decir que todos estos tipos de contaminación tienen un efecto mucho más directo sobre el ser humano y los ecosistemas, pues son sustancias perjudiciales para la salud. Por otra parte, los principales gases de efecto invernadero emitidos por la actividad humana, el dióxido de



carbono y el metano, son gases presentes de forma natural en la atmósfera e incluso necesarios para la vida, por lo que aumentar su concentración no es directamente nocivo, sin embargo, los efectos secundarios del calentamiento global y el cambio climático son potencialmente catastróficos.

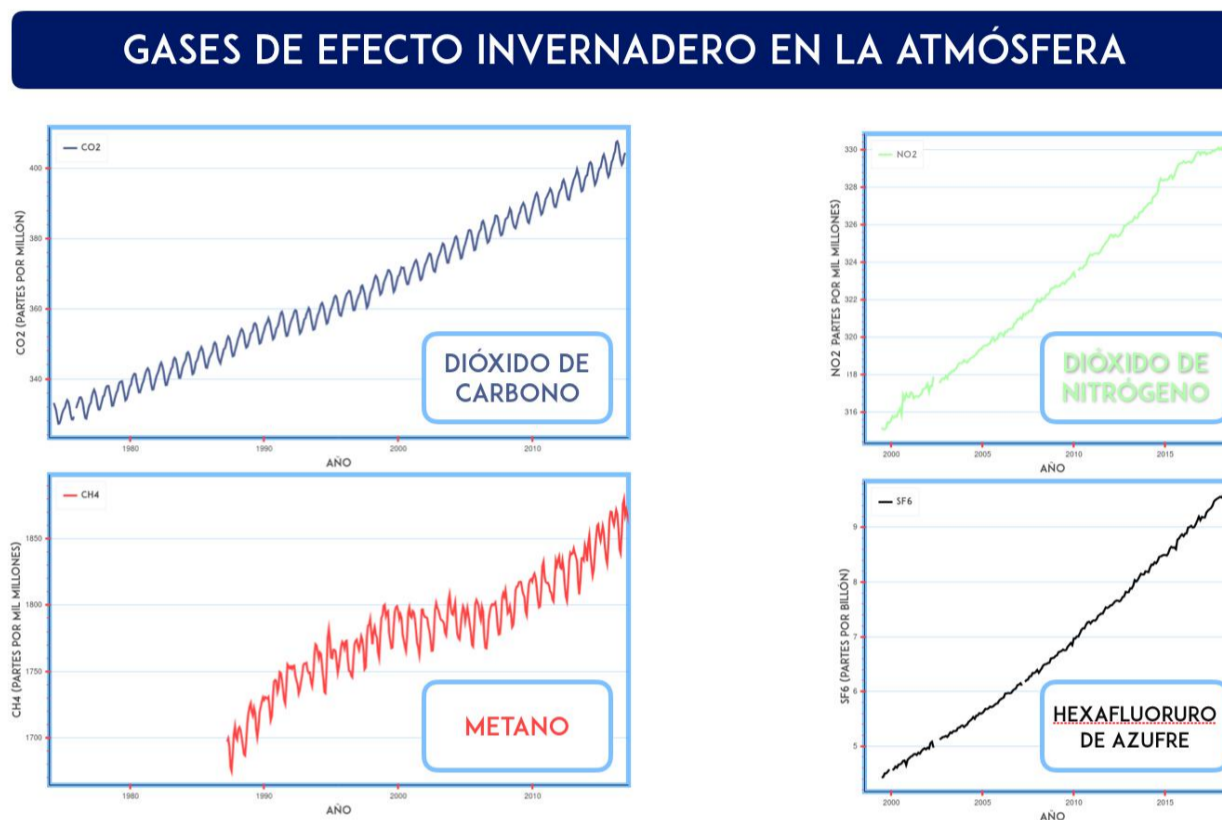


Fig 4.1. Concentraciones atmosféricas de varios gases de efecto invernadero en los últimos 40 años.

Fuente: [NOAA](#)

Como ya hemos visto, desde el punto de vista del cambio climático, las emisiones de gases de efecto invernadero son las verdaderas protagonistas. Existen varios gases que generan el efecto invernadero de la atmósfera, y es el aumento de sus concentraciones lo que está incrementando el poder de dicho efecto respecto al que existía, de forma natural, hace varias décadas. Así, ¿cuáles de estos gases han visto alteradas sus cantidades en la atmósfera debido a la actividad humana? La respuesta es que, salvo el vapor de agua, prácticamente todas (Fig. 1). Algunas de estas emisiones se remontan al inicio de la revolución industrial, con el empleo masivo del carbón como fuente de energía. Otras emisiones, como los clorofluorocarbonos (CFCs), son más recientes y no se encontraban en la atmósfera antes de su síntesis industrial. Cabe destacar que algunos de estos CFC, como resultado del protocolo de Montreal para reparar el agujero de la

capa de ozono, han disminuido su concentración en los últimos años y se espera que sigan bajando ya que sus emisiones han sido reducidas o eliminadas.

De todos estos gases, el que más atención ha captado es el dióxido de carbono. Esto se debe a que es con diferencia el emitido en mayores cantidades en toda la historia de la civilización y en la actualidad su concentración en la atmósfera se encuentra en torno a las [407 partes por millón](#), un 45% superior a la que existía en 1750. En 2010, el dióxido de carbono suponía el 76% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero. El siguiente gas en esta clasificación es el metano, con un 16%, seguido del dióxido de nitrógeno, con un 6%. En total, la cifra de emisiones en 2012 alcanzó las 52 giga toneladas de dióxido de carbono equivalente y desde entonces han seguido aumentando (Fuente: [IPCC 5th assessment report WGIII](#)).

Sabemos que estas emisiones masivas de gases de efecto invernadero se deben a la acción humana. Así, la siguiente pregunta es, ¿qué actividades están generando dichas emisiones?

EMISIONES DE EFECTO INVERNADERO POR ACTIVIDADES ECONÓMICAS (2010)

- AGRICULTURA, GANADERÍA Y DEFORESTACIÓN
- SECTOR ENERGÉTICO
- EDIFICIOS
- TRANSPORTE
- INDUSTRIA

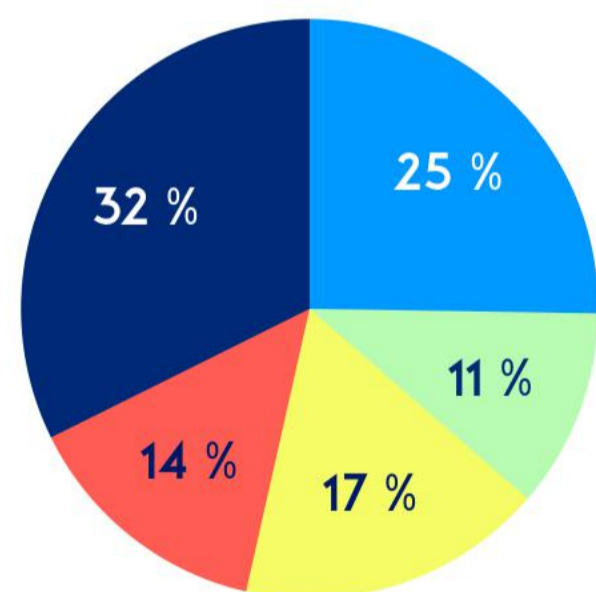


Fig. 4.2.: Peso de las diferentes actividades económicas en el total de las emisiones de efecto invernadero.

Fuente: [IPCC 5th Assessment Report WG3 Chapter 5](#).

4 sectores acaparan el 76% de las emisiones (Fig. 4.2). Son el sector energético, la industria y el transporte, y el del consumo energético doméstico y comercial. Todos ellos emiten prácticamente la totalidad del dióxido de carbono como resultado de la combustión de carbón, derivados del petróleo y gas natural. En estas reacciones, al combinarse compuestos ricos en carbono con el oxígeno del aire se produce dióxido de carbono, vapor de agua y calor.

El 24% restante se debe a otras importantes actividades económicas relacionadas principalmente con el sector de la alimentación. Son la agricultura, la ganadería y la deforestación, las cuales son las principales emisoras del resto de gases de efecto invernadero, como el metano o el dióxido de nitrógeno.

Si nos centramos en el consumo energético, podemos identificar varios agentes como impulsores de su crecimiento.



Fig. 4.3. Agentes impulsores de las emisiones derivadas del consumo energético.

Fuente: [IPCC 5th Assessment Report WG3 Chapter 5](#)

Por una parte, la población mundial ha crecido hasta la actualidad a un ritmo casi exponencial. Además, las personas consumimos cada vez más y dicho consumo conlleva un gasto energético que se traduce en emisiones de dióxido de carbono. Como efecto contrapuesto, se da el hecho de que la economía es cada vez menos intensiva en energía y la energía cada vez menos intensiva en carbono, pero este ahorro no compensa los crecimientos de población y de consumo por habitante vividos en las últimas décadas.

Existe un enorme contraste entre los países en vías de desarrollo y los países desarrollados en lo que a emisiones per cápita se refiere. Mientras en países como Estados Unidos las emisiones

derivadas del consumo energético no dejan de crecer, en otras partes del mundo la población aún carece de acceso energía.

En los siguientes capítulos de este módulo vamos a centrarnos en el consumo energético como principal emisor de gases de efecto invernadero, y dedicaremos el último capítulo a las emisiones generadas por el sector de la alimentación.



4.2 ENERGÍA: CONCEPTOS BÁSICOS

La energía es un concepto fundamental en la Física. Resume una gran parte de los descubrimientos de los científicos de los últimos 200 años acerca de cómo funciona el universo en el que vivimos y nos proporciona un modelo simple para entender el medio que nos rodea.

El concepto de energía es una descripción universal que se aplica a todos los sistemas naturales y es fundamental para entender qué es el cambio climático y sus causas.

Desde la antigüedad, los humanos han entendido que era necesario producir energía para calentarse, cocinar o realizar tareas pesadas y para ello utilizaban leña o grandes animales para mover objetos pesados o arar grandes extensiones de terreno. Todos necesitamos energía para ir de un sitio a otro o para encender la luz por lo que sabemos para qué sirve la energía y sabemos que es necesaria pero, describir qué es exactamente es algo más difícil.



Fig. 4.4. El trabajo (W) se define como el producto de una fuerza (F) por el desplazamiento que genera (S).

La energía se define como la capacidad de un sistema para realizar un trabajo. Por otro lado, se define trabajo como el producto escalar de una fuerza por el vector desplazamiento de la misma (Fig. 4.4).

¿En qué se traduce esto? Imaginemos una persona empujando una caja, para lo cual debe ejercer una fuerza sobre la misma. Si dicha fuerza tiene un valor de 20 *newtons* y la caja se desplaza 3 *metros* en línea recta en la dirección y sentido de la fuerza aplicada, el trabajo que esta persona habrá realizado será de 60 *newtons metro*, o lo que es lo mismo, 60 *Julios*, la unidad de trabajo, y por tanto de energía, del sistema internacional de unidades. Otras unidades empleadas para cuantificar el trabajo y la energía son la *tonelada equivalente de petróleo*, el *vatio hora*, la *caloría* o el *electronvoltio*. Para realizar ese trabajo, la persona habrá utilizado las reservas de energía almacenadas en su cuerpo, que ha transformado en el movimiento de sus músculos y éstos han transmitido dicha energía a la caja. En condiciones ideales sin ningún tipo de rozamiento, todo ese trabajo realizado sobre la caja haría que ésta “guardara” la energía que la persona ha aplicado en forma de movimiento, o más exactamente, energía cinética. Para una masa en movimiento, la energía cinética se define como el producto de dicha masa medida en *kilogramos* por el cuadrado de su velocidad medido en *metros por segundo* dividido por 2, obteniendo de nuevo una magnitud medida en *Julios*.

Existe otro tipo de energía fundamental, denominada energía potencial, que es la energía que poseen los cuerpos debido a su posición en el espacio en relación a otros cuerpos. Así, si tomamos la caja anterior y aplicamos una fuerza (es decir, ejercemos un trabajo) para elevarla a una altura en presencia del campo gravitatorio de la tierra, dicha masa habrá almacenado ese trabajo en forma de energía potencial, proporcional a su masa y a dicha altura. En este caso, esta energía potencial se debe a la fuerza gravitatoria que hace que todos los cuerpos con masa se atraigan los unos a los otros, pero dicha energía potencial puede deberse a otras fuerzas existentes en la naturaleza, como los campos electromagnéticos o las fuerzas que mantienen a los núcleos de los átomos unidos.



De esta forma, hemos introducido los dos tipos fundamentales de energía, la energía potencial y la energía cinética. El resto de tipos de energías de las que oímos hablar más cotidianamente se derivan en el fondo del movimiento o la posición de los objetos.

Así, de la energía potencial se derivan otras como la energía elástica almacenada al tensar la cuerda de un arco, y por tanto alterando las posiciones de los átomos que forman el mismo, la energía de un litro de gasolina almacenada en los enlaces químicos de sus moléculas que al romperse liberan dicha energía en forma de movimiento, la energía hidroeléctrica almacenada en los embalses o la energía nuclear que poseen los núcleos atómicos.

Por otro lado, de la energía cinética se derivan las energías eléctrica, debida al movimiento de electrones en materiales conductores, la energía contenida en el sonido o las olas, debida al movimiento de materiales a través de ondas, la energía radiante, debida al momento lineal que poseen los fotones de las ondas electromagnéticas o la energía que poseen los átomos de la materia al vibrar de sus posiciones de equilibrio, que conocemos como **calor**, o energía calorífica.

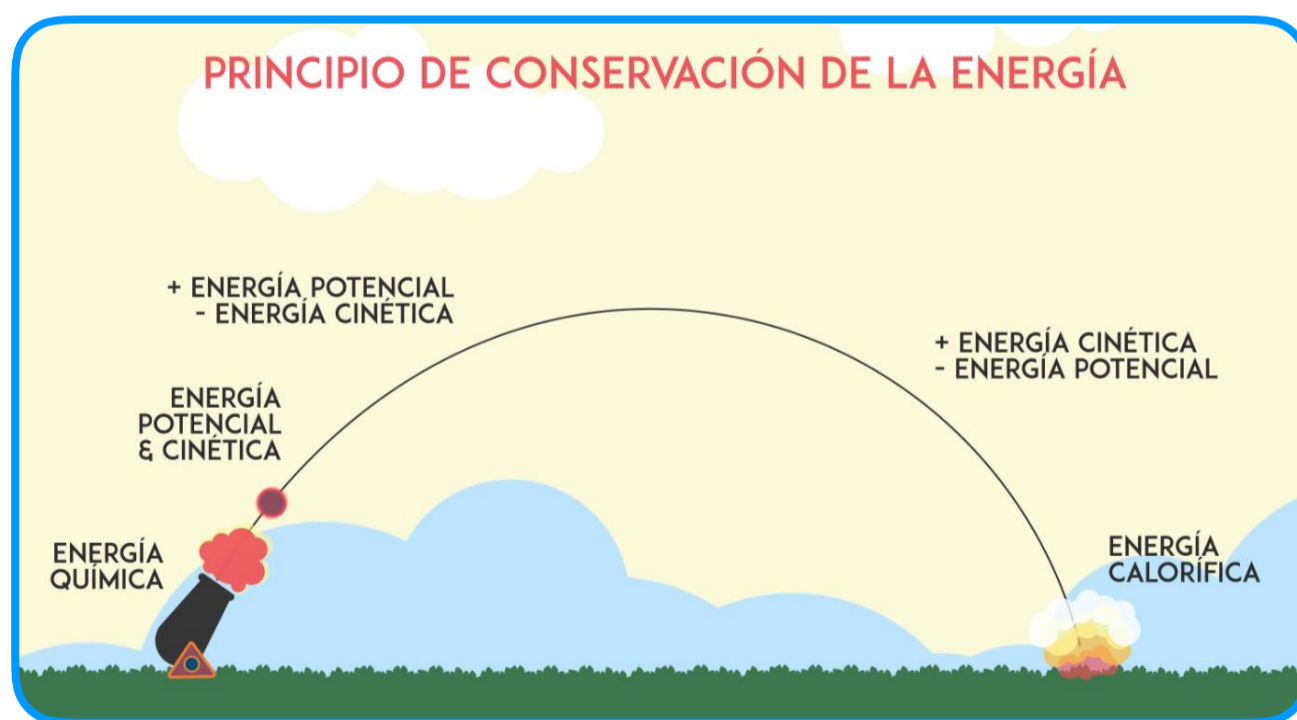


Fig. 4.5. El principio de conservación de la energía. La energía química de la pólvora del cañón se transforma en diferentes tipos hasta su tipo final, la energía calorífica que se transmite al aire.

Esto nos lleva a introducir una de las leyes de la física más importantes, que es la ley de conservación de la energía. Ésta afirma que en cualquier sistema físico aislado, la energía ni se crea ni se destruye, sino que sólo se transforma (Fig. 4.5).

Éste es un concepto muy útil para estudiar cualquier sistema físico a través de los balances de energía. De igual manera que si un sistema físico no puede ver alterado su nivel de energía si no tiene entradas ni salidas (si está aislado), si conocemos un sistema físico cuyo nivel de energía (velocidades, temperaturas, posiciones, etc) no se altera en el tiempo pero está recibiendo un aporte de energía, necesariamente dicha energía tiene que salir del sistema en la misma cantidad, ya sea en la misma forma o transformada en una nueva.

Estos balances de energía pueden realizarse en escalas totalmente dispares. Desde la energía empleada para acelerar partículas que forman los átomos, al balance de energía de la tierra.

Podemos considerar el balance energético del propio cuerpo humano. El cuerpo necesita de un aporte energético para realizar sus funciones vitales, como el propio funcionamiento de todos sus sistemas (circulatorio, nervioso, digestivo...), la generación de calor o el movimiento de sus músculos. Para ello, los humanos (y todos los seres vivos) necesitamos de un aporte de energía que tomamos en forma de nutrientes con mayor o menor contenido energético, medido típicamente en calorías, definida como la energía necesaria para incrementar la temperatura de un gramo de agua pura en un grado centígrado, que se cuantifica en *4,18 julios*.

Así, un cuerpo humano en el que el aporte de energía a través de los alimentos coincide con el gasto energético del mismo será un sistema con un balance energético en equilibrio, por lo que el cuerpo no necesitará almacenar energía ni gastar sus reservas. Sin embargo, cuando se produce un desequilibrio, ya sea por exceso o por defecto, el cuerpo reacciona incrementando o disminuyendo dichas reservas. Este proceso se traduce, de manera muy simplificada, en la ganancia o pérdida de peso a través de la acumulación de tejido adiposo, que es el mecanismo con el que el cuerpo humano cuenta para almacenar o utilizar la energía sobrante.



El consumo energético del cuerpo humano depende de muchos factores, principalmente el sexo, edad, peso y estilo de vida de cada persona. Las personas con mayor masa corporal tienen gastos energéticos mayores ya que sus movimientos realizan más trabajo al mover una mayor masa, y una persona que realice una actividad física equivalente a andar 4 kilómetros diarios a una velocidad moderada puede gastar hasta un 40% más de energía que una persona sedentaria.

Otro tipo de balance energético presente en nuestra vida diaria podría ser el de nuestros propios hogares. La segunda ley de la termodinámica establece que el calor fluye de forma natural de los focos calientes a los fríos, hasta que las temperaturas de ambos se igualan. Si queremos invertir este proceso, será necesario emplear algún tipo de máquina térmica que tendrá necesariamente un consumo energético.

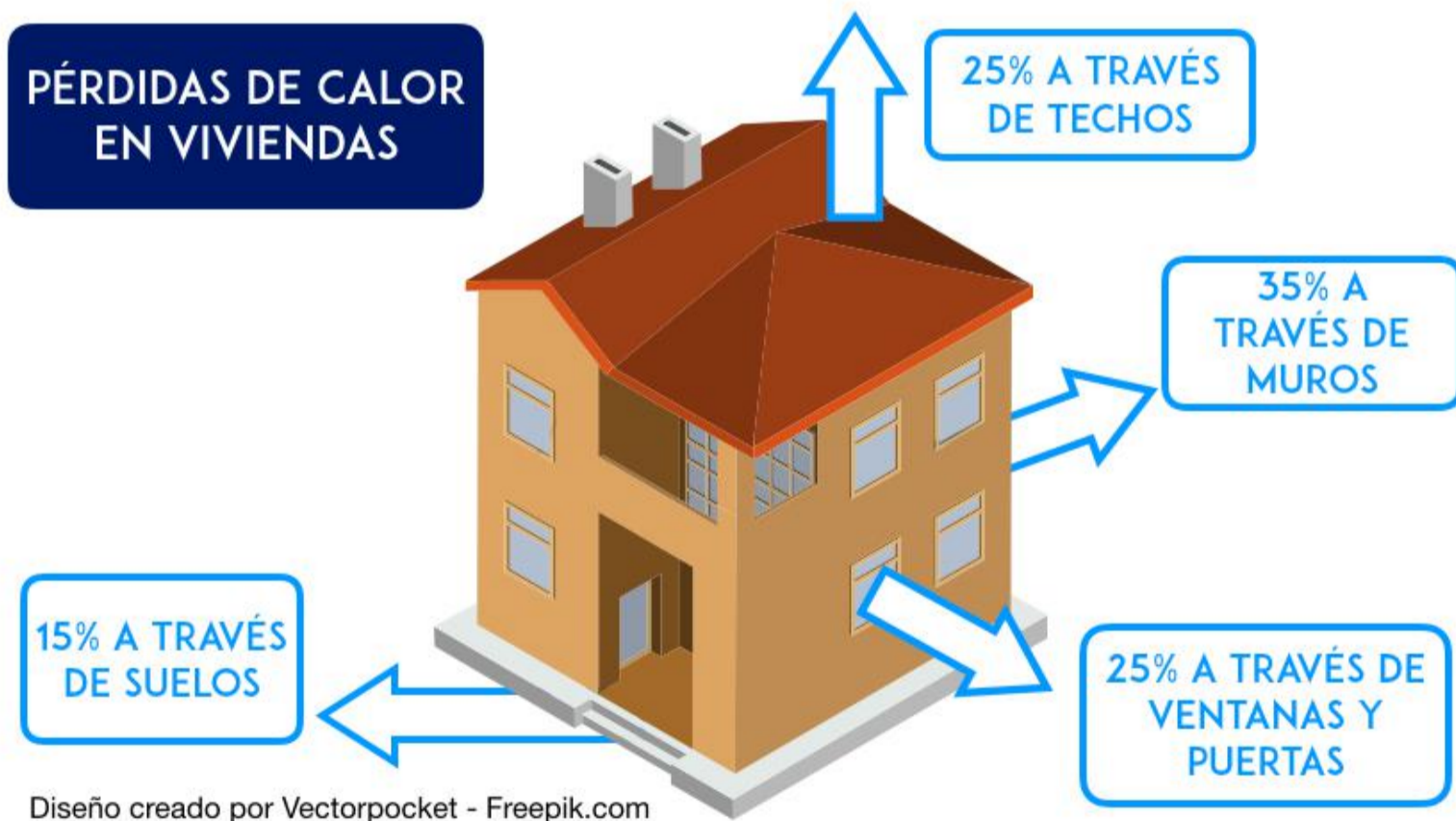


Fig. 4.6. Pérdidas de calor en una vivienda media

Esto se aplica en nuestras viviendas de manera que cuando la temperatura exterior es fría, éstas tienden a ceder su calor al exterior y viceversa. En ambos casos, nos interesa interponer las mayores barreras posibles para que la temperatura interior de la vivienda se mantenga estable.

En los casos en los que la diferencia de temperaturas sea elevada será necesario emplear dispositivos que introduzcan o saquen calor de la vivienda para equilibrar el balance (Fig. 4.6), a cambio de un gasto energético en forma de electricidad o de combustibles como leña o carbón.

Como hemos visto, el consumo energético de comercios, edificios públicos y hogares supone cerca de un 20% del total, y es por tanto, un importante agente emisor. Dentro de ese consumo, la mayor parte se debe al mantenimiento de temperaturas de confort dentro de los edificios. Para reducir este consumo, se han implementado medidas como los certificados de eficiencia energética a los que las nuevas construcciones deben someterse. Una gran opción es la denominada arquitectura bioclimática, que consiste en el diseño de edificios cuyo impacto medioambiental sea mínimo en todas las fases de vida de la construcción, y cuyo consumo energético sea prácticamente nulo, maximizando el aprovechamiento de la energía solar en forma de luz, calor y electricidad, y minimizando al máximo las pérdidas de calor a través del aislamiento, la estanqueidad y la ventilación eficiente del edificio.

Es común emplear un tipo de representación gráfica para visualizar los balances energéticos de los consumos de energía de cada país o del mundo. En este caso, las entradas del sistema serían las fuentes de energía primaria disponibles, y las salidas serían los usos que se dan a la energía en su forma final. Estos esquemas se denominan Diagramas de Sankey. Aunque vamos a analizar estos temas en los siguientes capítulos de este módulo, puedes consultar los balances energéticos elaborados por la Agencia Internacional de la Energía en <https://www.iea.org/Sankey>.



4.3 LAS FUENTES DE ENERGÍA

Las fuentes de las que el ser humano extrae energía para sus actividades se clasifican en dos grandes grupos, las energías no renovables y las renovables.

Las energías no renovables se caracterizan por que se encuentran en una cantidad limitada en la naturaleza, y o bien no se regeneran, o su tasa de regeneración es muy lenta en la escala de tiempo humana, por lo que se configuran como un sistema en el que sólo hay salidas, lo que conlleva a su progresivo agotamiento.

Por otro lado, las energías renovables se definen como fuentes que se reponen a una tasa mayor que a la que son consumidas, por lo que en principio, son fuentes inagotables de energía, si bien condicionadas por la forma en que son aprovechables.

Existen cuatro fuentes de energías no renovables en la naturaleza, tres de ellas provienen de los combustibles fósiles, son el petróleo, el gas natural y el carbón; la cuarta es el combustible nuclear más empleado en las centrales nucleares actuales, el uranio.

La forma de extracción de energía de estos combustibles es similar. Todos ellos constituyen una fuente de calor cuando son sometidos a reacciones químicas de combustión, en el caso de los combustibles fósiles, o reacciones nucleares de fisión en el caso de los combustibles nucleares. Este calor se transforma en energía mecánica a través de diferentes tipos de ciclos termodinámicos en máquinas térmicas, que pueden ser turbinas de gas o vapor o motores alternativos. Este proceso de transformación tiene una pérdida importante de energía sin que podamos hacer nada al respecto, pues la eficiencia del proceso depende de las diferencias de temperaturas entre los focos calientes y fríos del ciclo termodinámico, estando el rango de eficiencias entre el 30 y 40%. Mientras el foco frío (ya sea aire o aguas de ríos o mares) se encuentra a temperatura ambiente más o menos fijas entre los 5 y 20 grados generalmente, las temperaturas de los focos calientes están limitadas por los materiales (típicamente acero) empleados en los motores térmicos. Así, en los días de invierno las centrales térmicas de carbón,



gas natural o nucleares tienen mayores eficiencias que en verano, ya que las temperaturas de los focos fríos que emplean son menores.

Todas estas fuentes renovables se encuentran en cantidades limitadas en la corteza terrestre, por lo que se extraen a través de la minería o la perforación de pozos de petróleo y gas natural. Los combustibles fósiles son resultado del almacenamiento en condiciones anaerobias (en ausencia de oxígeno) de materia orgánica sepultada por las sucesivas capas de sedimento hace millones de años. Por otro lado, el uranio se encuentra en la corteza en forma de mineral, por lo que tras su extracción se procesa y enriquece para producir los elementos que finalmente llegan a los reactores nucleares actuales.

Los usos de estas fuentes son variados, por una parte el petróleo se refina en otros combustibles, como la gasolina, el queroseno o el gasoil, que se emplean fundamentalmente en el transporte.

Por otra parte, el gas natural y el carbón se destinan mayoritariamente a la industria y al consumo energético de los hogares, comercios o edificios públicos. Dicho aprovechamiento puede ser directo o a través de su transformación previa en energía eléctrica.

Por último, el combustible nuclear se usa casi exclusivamente para la producción de energía eléctrica.

El éxito de los combustibles fósiles como fuente de energía se debe a que tienen una alta densidad de energía y su manipulación es sencilla, por lo que son ideales para ser transportados y aprovechados in situ, especialmente en los medios de transporte. Además, su tecnología está ya muy desarrollada y en su uso como fuente de generación eléctrica cuentan con la ventaja de ser fácilmente regulables.

Sin embargo, sus inconvenientes son cada vez más importantes. Se trata de un tipo de recurso cuya extracción y posterior explotación tiene un impacto medioambiental muy alto a través de la contaminación de aire y aguas, y en especial del efecto de las emisiones de gases de efecto



invernadero. Por otro lado, se trata de recursos que progresivamente se irán agotando, por lo que en cuestión de varias décadas se necesitará contar con fuentes alternativas si el ritmo de consumo actual no disminuye. Por último, es también destacable el alto impacto económico que han tenido las fuertes fluctuaciones de precios del petróleo, lo que ha causado en las últimas décadas numerosas crisis económicas a nivel global, tensiones diplomáticas e incluso guerras.

Por otro lado, las fuentes de energía renovables son más variadas. Se trata de las energías solar, eólica, hidroeléctrica, mareomotriz, geotérmica y la biomasa. Casi todas ellas se derivan en esencia de la energía que llega a la tierra en forma de radiación solar, ya sea por su aprovechamiento directo, o por los efectos de ésta al producir los vientos, la evaporación y precipitación del agua, la producción de masa vegetal o el movimiento de las corrientes marinas.

Como apunte de la enorme cantidad de energía que la tierra recibe del sol y su potencial si fuéramos capaces de aprovecharla, tengamos en cuenta las siguientes cifras. La radiación que llega a la tierra del sol tiene una potencia de 173 mil *teravatios*. La fotosíntesis en total es capaz de aprovechar 100 *teravatios* mientras la producción energética del ser humano a través de todas las fuentes renovables o no renovables es de 13 *teravatios*, lo que supone que en cada momento, llega a la tierra del orden de 10000 veces más energía de la que el humano produce.

De todas estas fuentes renovables, las 4 más importantes en la actualidad son las energías solar, eólica, hidroeléctrica y la biomasa, siendo las dos primeras las que más potencial presentan para el futuro.

La energía solar consiste en la transformación de la energía radiante a través de paneles fotovoltaicos o térmicos. En los primeros, la luz incidente es capaz de generar energía eléctrica a través del efecto fotoeléctrico. Los paneles térmicos, por otro lado, aprovechan la radiación del sol para calentar un fluido, que puede emplearse para calefactar edificios o directamente como agua corriente sanitaria. Existe una tercera forma, llamada energía solar de



concentración, que emplea el calor de ese fluido de la misma forma que una central térmica tradicional para generar electricidad. En todos estos casos, el rendimiento de la instalación, es decir, la cantidad de energía que es capaz de aprovechar de la luz incidente, es un factor clave, ya que la potencia de la radiación solar es una constante, cercana a los 1000 vatios por metro cuadrado. En el caso de los paneles fotovoltaicos, los rendimientos de los paneles comerciales se encuentran en torno al 15%.

Por otra parte, la energía eólica se aprovecha a través de aerogeneradores capaces de extraer la energía cinética del viento y transformarla en electricidad.

Tanto la energía solar como eólica han experimentado importantes avances tecnológicos en los últimos años, gracias a la mejora de rendimiento de los paneles fotovoltaicos y de la construcción de aerogeneradores de diámetros cada vez mayores o con emplazamientos en el mar, lo que ha hecho que en la actualidad sean fuentes competitivas para la generación eléctrica frente a las fuentes tradicionales no renovables. Estas fuentes cuentan con la ventaja de ser inagotables, limpias, y de bajo coste una vez amortizados sus altos costes de instalación. Sin embargo, sus principales inconvenientes son su baja densidad de energía por unidad de superficie y el hecho de que no son fácilmente regulables, ya que dependen de las condiciones atmosféricas de viento y nubosidad y la energía solar está limitada a las horas de sol.

La otra principal fuente de energía renovable es la energía hidroeléctrica. Su funcionamiento consiste en el almacenamiento del agua de lluvia en embalses, lo que supone en esencia el almacenamiento de energía potencial. Este agua embalsada se canaliza y al descender transforma su energía potencial en energía cinética que hace mover una turbina hidráulica, y ésta a su vez un alternador, que transforma finalmente esa energía en eléctrica. La energía hidroeléctrica, al contrario que con las anteriores, es la más fácilmente regulable, ya que basta con abrir una compuerta para comenzar a funcionar. Sin embargo, el problema es que están condicionadas por los recursos hídricos, la geografía y la pluviometría de cada región, y puesto que es una energía barata, segura y regulable, existen pocos recursos aún no explotados. El mayor potencial de la energía hidroeléctrica es su uso como fuente de almacenamiento de



energía ya que en los momentos de exceso de generación solar y eólica, es posible invertir el proceso para bombear agua y almacenar energía potencial.

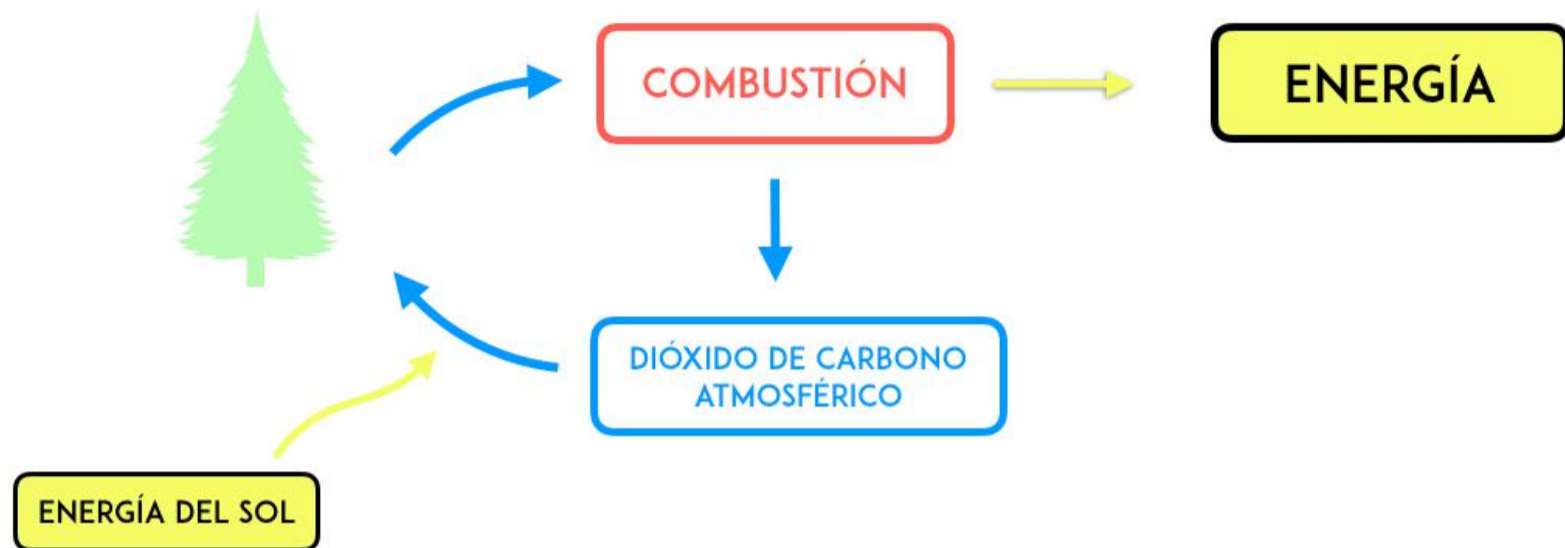


Fig. 4.6. Balance de carbono de la biomasa como fuente de energía para el consumo humano.

La última gran fuente de energía renovable es la biomasa. Ésta consiste en la combustión de materia vegetal para producir calor. Estas reacciones lógicamente emiten dióxido de carbono, pero puesto que la masa vegetal capta ese gas de la atmósfera para crecer, el balance neto de emisiones es prácticamente nulo (Fig. 4.6). La forma más empleada de usar la biomasa es a través del uso tradicional de leña como fuente de calor. Otros usos que han avanzado mucho en la última década son la producción de pellets de madera, los biocombustibles para el transporte a partir de cultivos como la caña de azúcar o las oleaginosas, o la producción de biogás a partir de residuos orgánicos.

4.4 EL MODELO ENERGÉTICO ACTUAL DEL MUNDO Y DE ESPAÑA

Cuando hablamos de suministro energético de los países o regiones del mundo, pueden emplearse varias magnitudes. Generalmente, la macromagnitud más utilizada y probablemente la más fidedigna es la llamada energía primaria, o mejor dicho, el suministro de ésta. La energía primaria se define como la energía que se encuentra en las fuentes que hemos explicado antes de cualquier tipo de proceso de conversión. Es decir, podría ser la energía contenida en una determinada cantidad de petróleo o la energía potencial del agua almacenada en un embalse o la energía eléctrica que produce un panel fotovoltaico, ya que en éste no se realiza ningún proceso adicional de transformación. Así, la energía primaria que una región consume será el balance de los recursos energéticos que se producen en su interior más la diferencia entre las importaciones y exportaciones de los mismos. Esta magnitud define las necesidades energéticas totales de una región en un determinado tiempo. La unidad energética más común para medir estas cantidades es la tonelada de petróleo equivalente, que es la energía calorífica producida al quemar una tonelada media de petróleo.

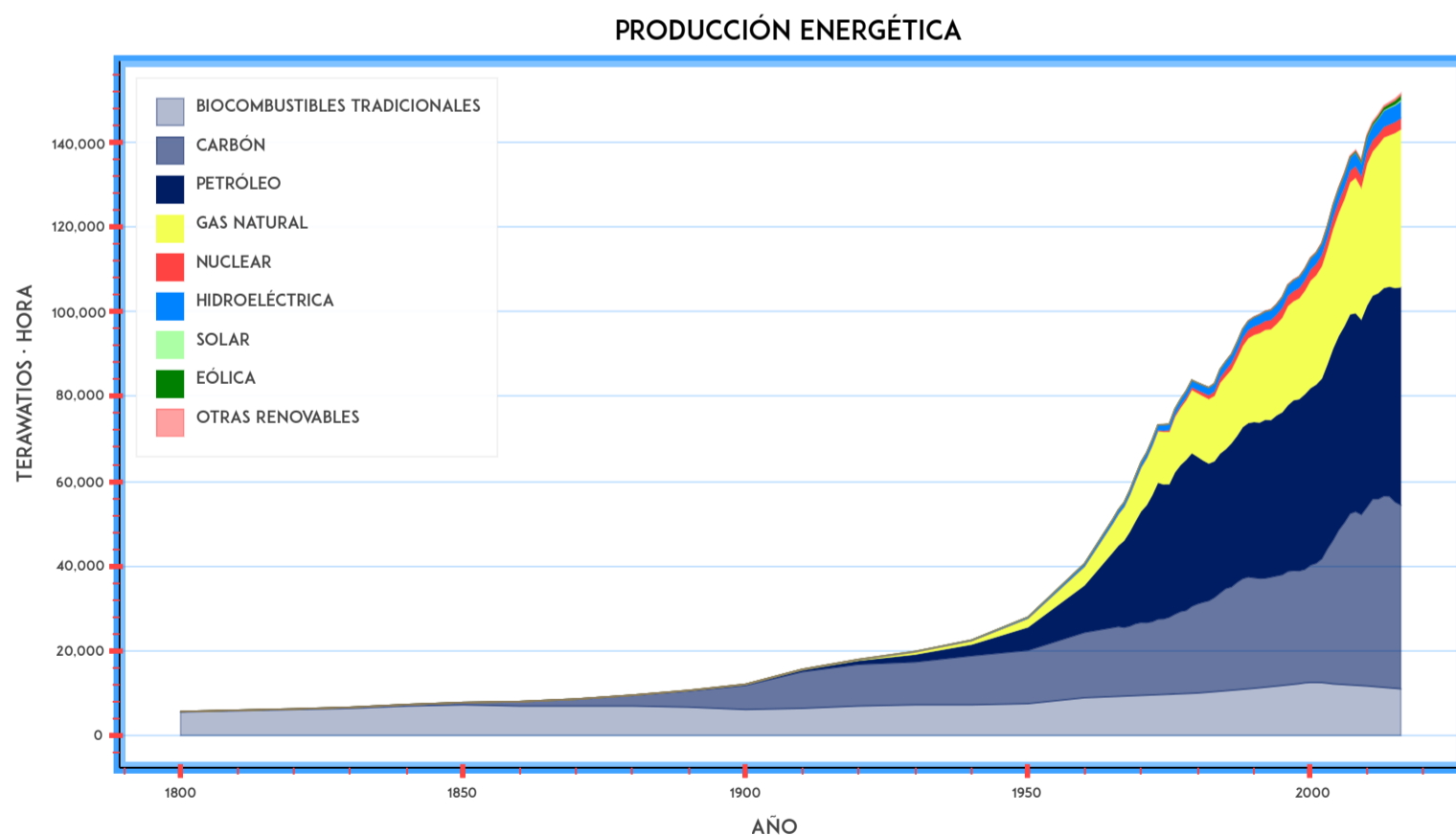


Fig. 4.7. Producción energética en los últimos 120 años desglosada por tipo de fuente.
Datos: [Agencia Internacional de la Energía](#).

Si sumamos todos los suministros de energía primaria de cada país, obtendremos el consumo mundial de recursos energéticos. Con los últimos datos disponibles de la organización mundial de la energía. Este consumo llegó en 2015 a las 13600 MToe (Fig. 4.7). Desde 1975 esta cifra se ha multiplicado por 2,2 con un crecimiento sostenido salvo salvo en los años 1982 y 2009, debido a las crisis económicas globales que provocaron un parón en el crecimiento del consumo en general, y por tanto de energía.

Si analizamos por fuentes, podemos observar como los combustibles fósiles suponen cerca del 80% del suministro de energía primaria del mundo y si sumamos la energía nuclear obtenemos que las fuentes no renovables llegan en la actualidad casi el 90%. Es muy destacable el hecho de que el petróleo ha disminuido considerablemente su peso en la producción. Esto se debe a que a medida que las reservas de petróleo han ido bajando, y por tanto ha aumentado su precio, otras fuentes se han vuelto más competitivas y han ganado protagonismo, como ha sucedido especialmente con el carbón, el gas natural y la energía nuclear. Sin embargo, aunque su peso en el suministro total ha bajado, en cifras absolutas el consumo de petróleo no ha parado de aumentar en estos 30 años, con ciertos altibajos debido a la inestabilidad de precios que ha mostrado en algunas épocas.

Es también importante apreciar como dentro de las fuentes renovables la biomasa es la fuente de energía más importante, y dentro de la misma destaca su uso tradicional, que supone más del 50% de la biomasa utilizada en el mundo. Las energías con más potencial para el futuro, la solar y eólica, son en la actualidad testimoniales dentro del consumo total, si bien es cierto que están creciendo rápido, y la producción en 2016 fue de casi el triple respecto a la de hace 6 años.

Si atendemos a este consumo de energía primaria por regiones del mundo podemos ver como en los últimos 25 años el gran cambio lo ha protagonizado el continente asiático (fig. 4.8). China ha multiplicado por 6 su consumo energético en 3 décadas, lo que supone una tasa de



crecimiento 3 veces superior a la media mundial, y en la actualidad es el primer país consumidor de energía. A China le siguen Estados Unidos y el conjunto de la Unión Europea, la cual alcanzó su máximo en 2006 y desde entonces ha reducido sus cifras debido a las medidas de eficiencia energética adoptadas y su más lento crecimiento económico.

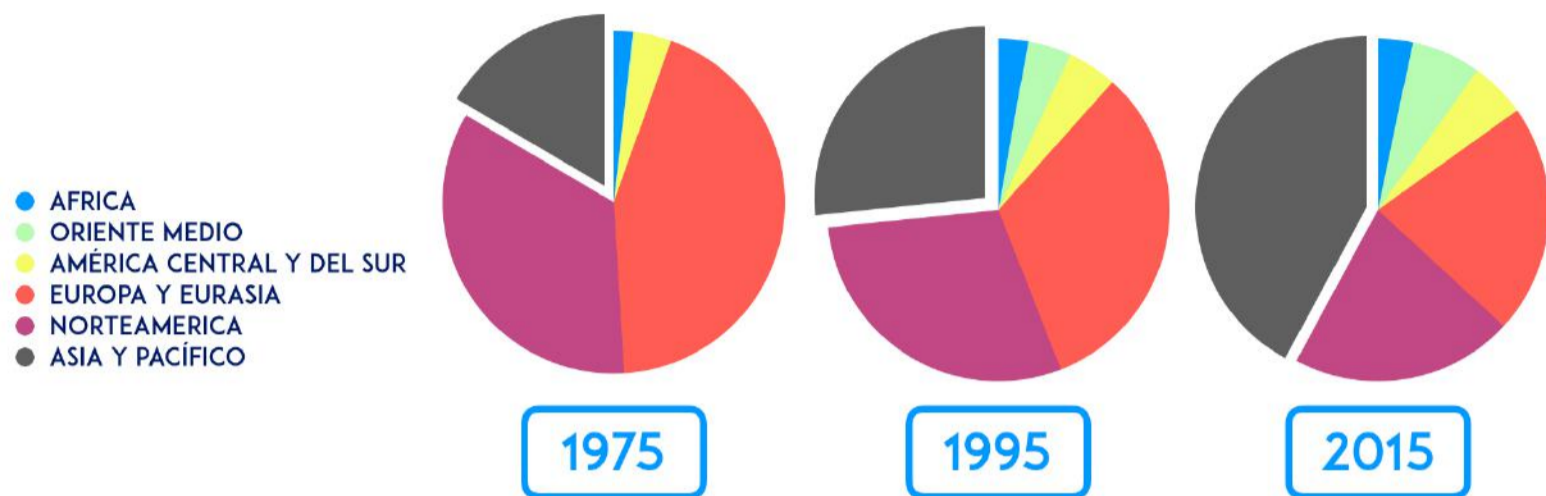


Fig. 4.8. Consumo energético por regiones del mundo en 1975, 1995 y 2015. Se aprecia el gran crecimiento del continente asiático debido al consumo de China. Datos: [BP Statistical Review of World Energy](#)

Por último, recordar que todos datos se refieren al suministro de energía que cada país necesita, que será diferente a lo que produce ya que se a la producción propia se suman las importaciones y se restan las exportaciones. Así, algunas regiones, como África y Oriente medio, consumen la mitad de la energía que producen, exportando lo demás a las zonas más intensivas en consumo y con menores recursos energéticos, como Asia, Europa o Norteamérica.

Hasta aquí hemos visto el modelo energético desde un punto de vista global, pero, ¿cuál es la situación de España?

En 2015 el consumo de energía primaria llegó a los 118 millones de Tep (Fig. 4.9), todavía por debajo del máximo alcanzado en 2007. El modelo energético español es bastante similar a lo que hemos visto en el escenario global.

Cerca del 85% proviene de fuentes no renovables, principalmente petróleo. Un dato importante de nuestro modelo es el hecho de que sólo un 28% de la energía consumida es producida con recursos propios, teniendo que importar el resto, lo que hace de España un país muy dependiente energéticamente. Esta es una situación poco deseable ya que la energía es un input estratégico para la economía de cualquier país.

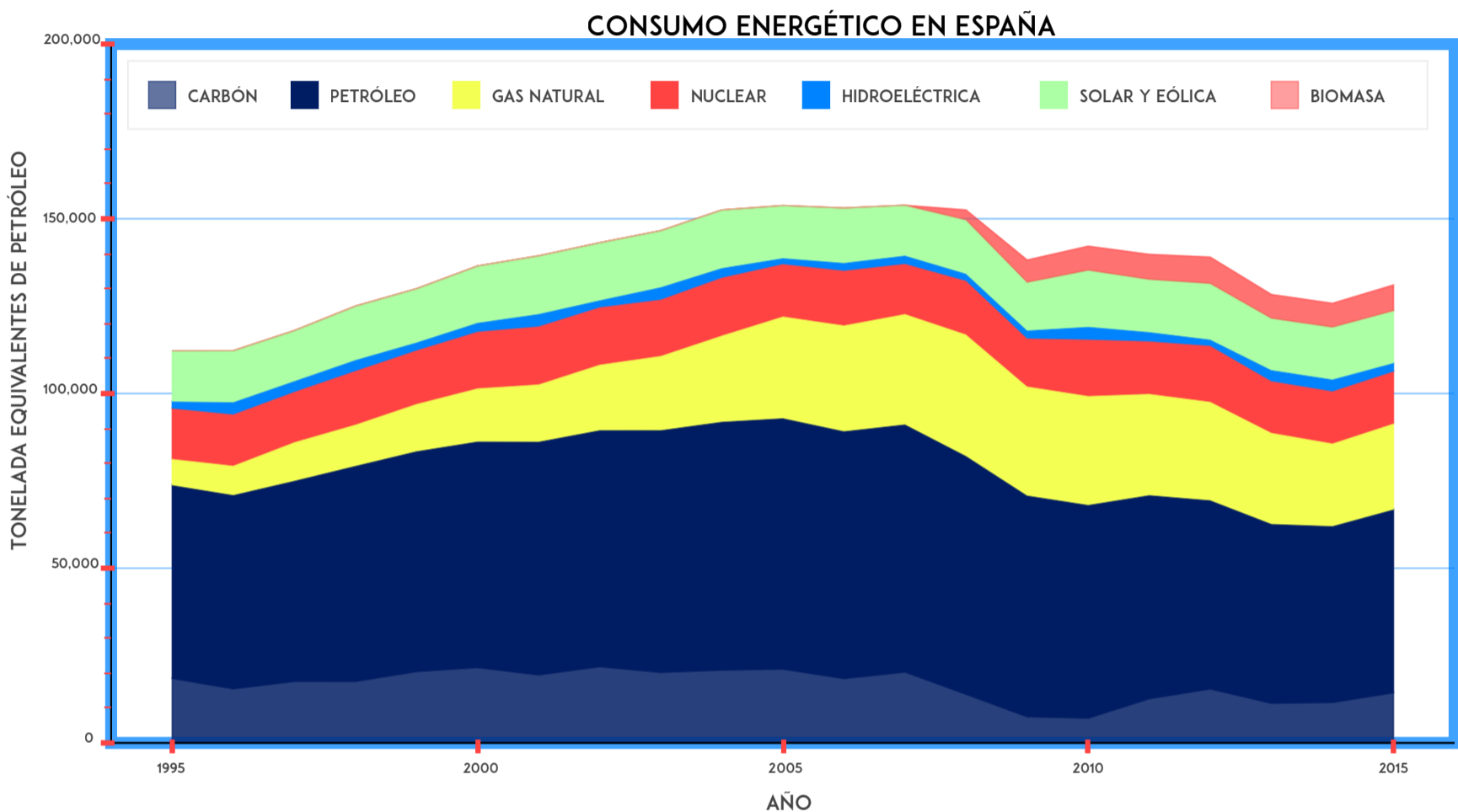


Fig. 4.9. Consumo energético en España desde 1995.
 Datos: [Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital de España.](#)

Por ello, es destacable el esfuerzo que ya se ha realizado para aumentar el peso de las renovables en el mix energético, lo que contribuye a reducir la dependencia energética del país y disminuir el ritmo de emisiones de efecto invernadero. Este aumento de producción renovable está incluido dentro de los objetivos de la Unión Europea en materia de energía. En la actualidad, la producción renovable triplica a la que existía en 1990 gracias principalmente al aumento de las energías eólicas y fotovoltaica.

Otro importante parámetro que caracteriza el modelo energético de un país es su eficiencia energética. Para su seguimiento, se suele emplear como parámetro la intensidad energética. Ésta se define como el consumo energético de un país por unidad de actividad económica, generalmente el Producto Interior Bruto del mismo. La intensidad energética indica el coste de convertir energía en actividad económica. Aunque es difícil comparar este parámetro entre diferentes países, ya que depende de más factores como su estructura productiva (la industria utiliza mucha más energía que el sector servicios), clima, geografía; es posible emplear esta magnitud para observar la tendencia de un país, ya que si se mejora la eficiencia energética, se será capaz de producir bienes y servicios del mismo valor con una menor cantidad de energía. Aunque requiere un análisis más exhaustivo por sectores, en general se puede afirmar que España ha mejorado su eficiencia energética en los últimos años.

No es fácil hacer predicciones sobre cómo evolucionará el escenario de la energía en las próximas décadas. Existen elementos como la variabilidad de precios, la aparición de nuevas reservas, las políticas en materia emisiones de gases de efecto invernadero, el descubrimiento de nuevas tecnologías o la concienciación de los ciudadanos como consumidores de energía, que pueden hacer variar la cantidad y tipo de energía que se consumirá en el futuro.

No obstante, muchos estudios predicen un importante aumento de la demanda energética global en las próximas décadas, del orden del 50% de aquí a 2040 debido al fuerte crecimiento de las economías emergentes. En términos relativos, se espera que las fuentes renovables y la energía nuclear sean las que más crezcan, a un ritmo de más del 2% anual. Sin embargo, en términos absolutos, el consumo de combustibles fósiles crecerá más que las fuentes emisoras, principalmente los derivados del petróleo y el gas natural. La confirmación de esta tendencia es lo que marcará el futuro del cambio climático.



4.5 LOS SECTORES DE LA AGRICULTURA, GANADERÍA Y LOS CAMBIOS DE USO DEL SUELO

En esta última sección del módulo 4 vamos a tratar las otras actividades económicas que más están contribuyendo a aumentar la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, que son la agricultura, la ganadería, y los cambios de uso del suelo.

Todas estas actividades están relacionadas con la provisión de materias primas a la industria alimentaria, la cual se estima que es la responsable de un tercio de las emisiones de efecto invernadero. De ese tercio una parte se debe al propio consumo energético de esta industria. Sin embargo, la producción de alimentos conlleva procesos que generan emisiones sin implicar ningún tipo de producción de energía. Estas emisiones suponen un 25% del total (Sonja J. Vermeulen, et al; 2012).

¿Qué procesos son estos?

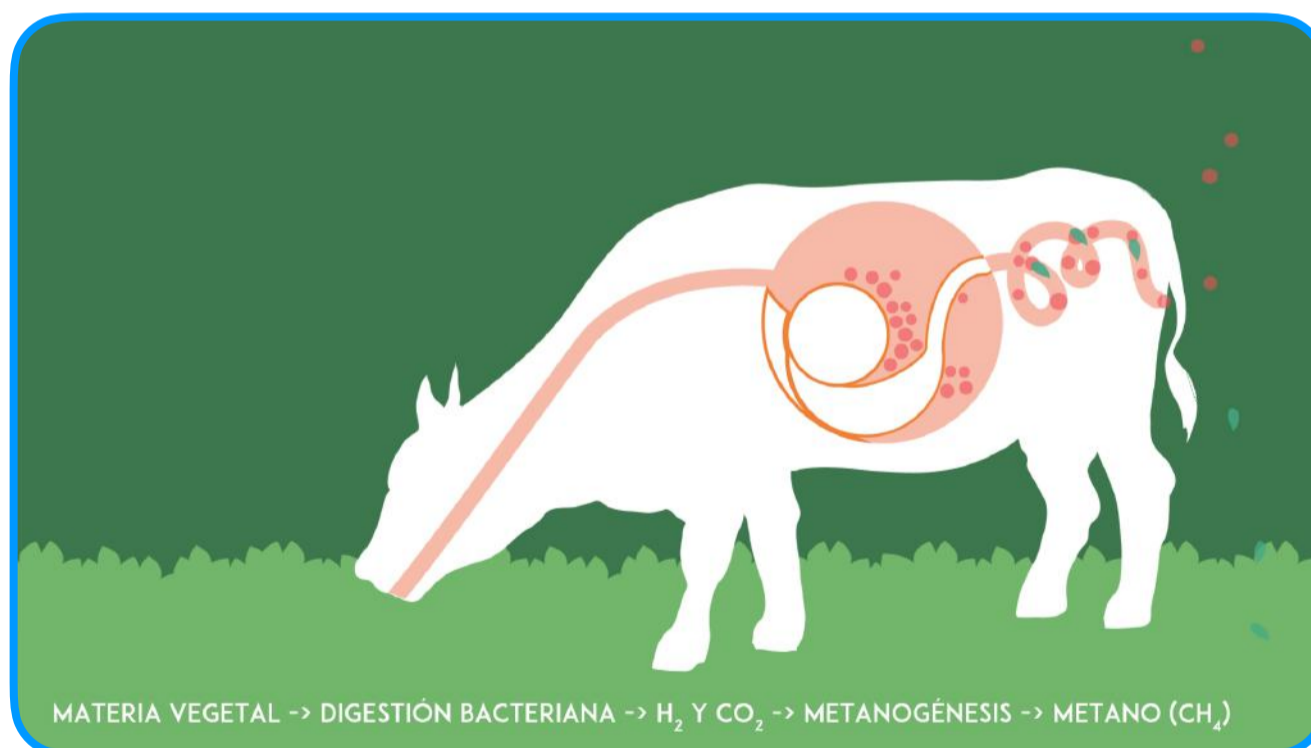


Fig. 4.10. Producción de metano por el ganado vacuno.

La principal actividad emisora de la producción alimentaria consiste en la emisión de metano debida a los procesos digestivos del ganado rumiante (Fig. 4.10), en especial, por su volumen de producción y su intensidad emisora, del vacuno. Estos animales poseen sistemas digestivos capaces de degradar grandes cantidades de celulosa con procesos de fermentación en los que se produce metano como producto secundario.

La siguiente actividad más intensiva en la producción de emisiones es el cultivo de arroz. La mayor parte del arroz cultivado en todo el mundo se realiza con variedades que requieren la inundación de los terrenos de cultivo durante varios meses del año. En ese tiempo, la materia orgánica del sustrato se degrada por microorganismos en condiciones anaeróbicas, proceso en el que se genera metano que asciende y se difunde a la atmósfera.

Otra importante actividad agrícola emisora es la fertilización del suelo. En la actualidad, la principal forma de enriquecer los suelos agrícolas es mediante la adición de sustancias que aumentan la disponibilidad de nitrógeno en los sustratos. Este nitrógeno participa en varios procesos químicos en los que se produce amonio y posteriormente nitratos, que acaban transformándose en dióxido de nitrógeno, gas de efecto invernadero que se filtra del suelo a la atmósfera.

Por último, dos actividades emisoras menos importantes que las anteriores son la gestión de estiércoles y la quema de residuos procedentes de las cosechas. En la primera se dan procesos similares a los que acabamos de ver relacionados con el metano y el dióxido de nitrógeno, mientras la quema de residuos es una fuente de dióxido de carbono derivado de la combustión de materia rica en carbono.

Todas estas actividades son las principales generadoras de gases de efecto invernadero que no son dióxido de carbono, que como hemos dicho son el metano y el dióxido de nitrógeno. Estas moléculas tienen un poder de calentamiento 20 y 200 veces superior al dióxido de carbono, respectivamente. Sin embargo, estas fuentes sólo suponen la mitad de las emisiones no



derivadas del consumo energético aproximadamente. La otra mitad se debe a un proceso algo más complejo, que son los cambios de uso del suelo.

Existe otra fuente de emisiones, en este caso de CO_2 . Ésta es un poco más compleja, ya que dependiendo de la región puede tratarse de una emisión o una absorción de esta gas de la atmósfera. Se trata de las actividades relacionados con los cambios de uso del suelo.

Como hemos visto, la masa vegetal del planeta es uno de los elementos que configura el ciclo del carbono. Las plantas captan el dióxido de carbono de la atmósfera para producir moléculas más complejas que se incorporan a su estructura y que posteriormente pueden pasar a formar parte de otros seres vivos o del sustrato. Así, cuando una planta crece, actúa como un sumidero de carbono y si ésta muere o es arrancada, estará dejando de capturar dióxido de carbono, lo que podría considerarse como una emisión en términos netos. Si además la masa vegetal es quemada todo ese carbono volverá a transformarse en dióxido de carbono y será emitido a la atmósfera.

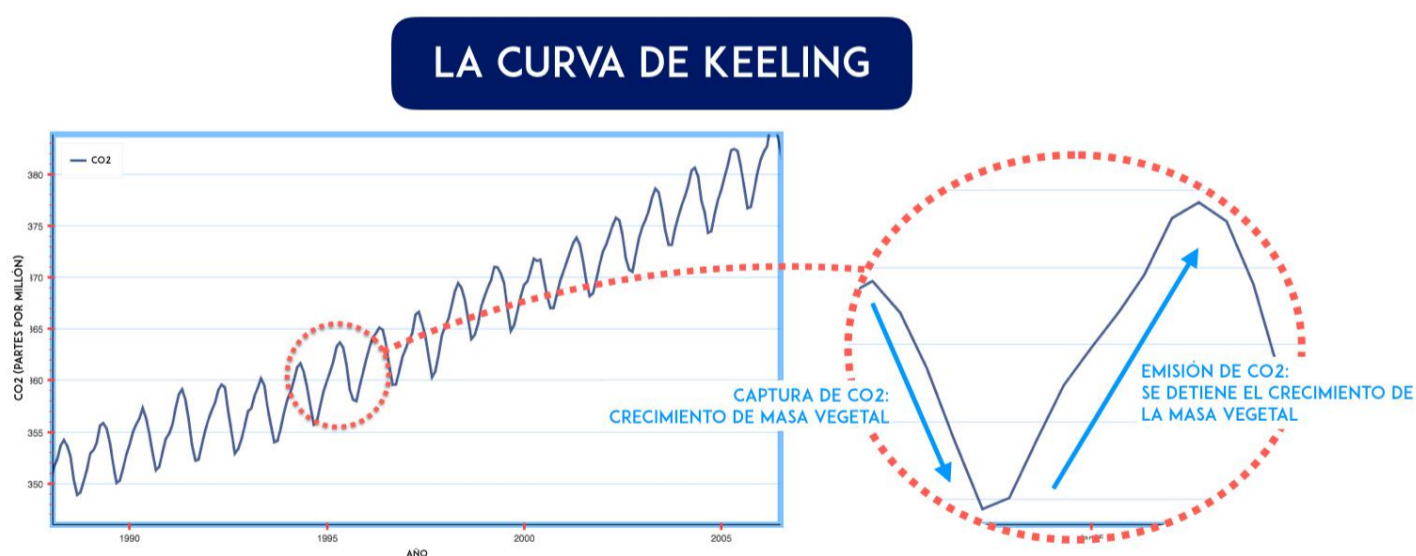


Fig. 4.11. Variación de la concentración de CO_2 en la atmósfera, conocida como la "curva de Keeling". Los dientes de sierra de la curva se deben a la absorción de dióxido de carbono por la masa vegetal del planeta en los meses de crecimiento. Datos: NOAA.

El impacto de la biosfera en la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera es tal, que es el responsable de las variaciones anuales periódicas de este gas, ya que durante los meses de primavera, la vegetación de hoja caduca del hemisferio norte captura grandes cantidades

de carbono, mientras que en otoño e invierno ese proceso se detiene. Esto es lo que se conoce como la curva de Keeling (Fig. 4.11).

Las zonas continentales del planeta con mayores cantidades de masa vegetal son los bosques. Es por ello que cuando hablamos de estos cambios de usos del suelo, nos referimos principalmente a la deforestación. Ésta puede deberse a la dedicación del suelo a diversos usos, siendo el principal la agricultura. En muchos casos y por desgracia, la deforestación se debe a la aparición cada vez más frecuente de incendios forestales. Aunque las emisiones debidas a la deforestación en la última década han sido menores que en las pasadas, esta fuente es aún la principal fuente emisora no derivada de la producción de energía.

Algunas regiones del mundo con políticas de reforestación están ya actuando como sumideros de carbono y tienen un balance neto de emisiones negativo en lo que a uso del suelo se refiere. Sin embargo, existen casos dramáticos como los de la destrucción de grandes superficies selváticas de Amazonas e Indonesia. La deforestación además supone un auténtico desastre medioambiental al destruir no sólo la masa forestal, sino los ecosistemas que permiten la supervivencia de numerosas especies vegetales y animales.

Probablemente una de las formas más sencillas de reducir las emisiones de efecto invernadero a corto plazo sería el cambio en los patrones de alimentación de la población. Una de las bases de las dietas en occidente es la carne de vacuno. Como hemos visto, ésta es la principal emisora de metano a la atmósfera, y además su producción es altamente ineficiente en aprovechamiento del suelo, ya que implica el uso de grandes superficies para pastos. Esto se traduce en que una ración de carne de vacuno genera 6 veces más emisiones que una de pollo, y más de 100 veces que un plato de lentejas.



BIBLIOGRAFÍA

International Agency of Energy . World energy Outlook 2017. <https://www.iea.org/weo2017/>

Vermeulen, Sonja J. and Campbell, Bruce and Ingram, John S., Climate Change and Food Systems (November 2012). Annual Review of Environment and Resources, Vol. 37, pp. 195-222, 2012. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2163586> or <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-environ-020411-130608>.

Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (Eds.). Summary for Policymakers, 2014. , in: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Climate Lab. University of California. <https://www.universityofcalifornia.edu/climate-lab>

GLOSARIO

Potencia: magnitud física que se define como trabajo realizado por unidad de tiempo. Su unidad por tanto es el *julio por segundo*, denominado *vatio* (W). Como ejemplos de órdenes de magnitud, una bombilla de bajo consumo puede consumir unos 10 vatios, un ciclista profesional puede desarrollar unos 200 vatios durante la subida de un puerto de montaña, una estufa eléctrica puede consumir 2000 vatios, un aerogenerador puede producir cerca de un millón de vatios (un megavatio) y una central térmica convencional produce cerca de mil millones de vatios (1 gigavatio).

Ciclo termodinámico: serie de procesos en los que se alteran las magnitudes termodinámicas (presión, temperatura, densidad, etc) de un sistema (un fluido como aire o agua) de manera que tras el transcurso de los mismos el sistema vuelve a su estado inicial. El objetivo de los ciclos termodinámicos es el de producir un trabajo o extraer calor de un



sistema. La manera de realizar estos ciclos es mediante el uso de motores térmicos, como las turbinas de gas y vapor o los motores de combustión interna. Existen muchos tipos de ciclos termodinámicos, entre ellos podemos citar el ciclo de Rankine, empleado en las grandes centrales térmicas, o los ciclos de Otto y Diesel, utilizados en los motores de combustión interna de nuestros automóviles.

Fisión nuclear: reacción nuclear en la que un núcleo pesado como el uranio se divide en dos núcleos más ligeros, generando calor y radiación. Generalmente, estas reacciones son iniciadas a través del bombardeo de esos núcleos pesados con otras partículas, como los neutrones, lo que unido al hecho de que las propias reacciones producen radiación en forma de neutrones, hace que estas reacciones se produzcan en cadena. Este proceso es el empleado en las centrales nucleares actuales, capaces de controlar el ritmo al que se producen dichas reacciones de manera que se genera calor de forma sostenida. El otro tipo de reacciones nucleares son las reacciones de fusión, en las que dos núcleos ligeros, como el hidrógeno, se unen para formar un nuevo elemento más pesado, como el helio, generando también calor y radiación.

Efecto fotoeléctrico: fenómeno que consiste en la emisión de electrones por un material al incidir sobre el mismo una radiación electromagnética, como puede ser la luz visible o la radiación ultravioleta. Este proceso se traduce en la transformación parcial de la energía radiante de la luz en energía eléctrica, es decir, un voltaje capaz de generar una corriente eléctrica.

Aerogenerador: máquina capaz de extraer la energía cinética del viento para su transformación en energía eléctrica. Éstos consisten en grandes torres en las que se coloca una aeroturbina en su parte más alta. El viento genera una sustentación en los álabes de la misma de igual manera que lo hace en un ala de avión, haciendo girar la turbina que a su vez mueve un generador eléctrico.

Energía final: magnitud empleada para referirse a la energía que tras todos los procesos de transformación, es empleada por el consumidor final. Puede tratarse de la energía eléctrica empleada por un hogar, el combustible que un automóvil reposta, o el gas natural empleado en un sistema de calefacción.





MOOC: CONCIENCIACIÓN Y CAPACITACIÓN EN MATERIA DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA PROFESORES DE PRIMARIA Y SECUNDARIA

PRIMERA EDICIÓN, 2018

EQUIPO DOCENTE:

CAMILO RUIZ MÉNDEZ

MARÍA LAURA DELGADO MARTÍN

DIEGO CORROCHANO FERNÁNDEZ

MARÍA ISABEL ASENSIO

SANTIAGO ANDRÉS SÁNCHEZ

PABLO HERRERO TEIJÓN

SUSANA LAGÜELA LÓPEZ

JESÚS MANUEL SAMPEDRO GÓMEZ

ANNE-MARIE BALLEGEER

CON EL APOYO DE:



MEDIALAB USAL

