

Fuentes de energía: historia y perspectivas futuras

Dr. Francisco Jarabo

ÍNDICE

LA ENERGÍA Y SUS FORMAS.	2
EFICACIA DE CONVERSIÓN DE LA ENERGÍA.	3
TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA.	4
LA ENERGÍA COMO BASE DE LA CIVILIZACIÓN.	6
CARACTERÍSTICAS DEL CONSUMO ENERGÉTICO ACTUAL.	8
LOS RECURSOS ENERGÉTICOS DE LA TIERRA.	10
SITUACIÓN ENERGÉTICA DE LAS ISLAS CANARIAS.	12
BIBLIOGRAFÍA.	13



LA ENERGÍA Y SUS FORMAS

La energía nos rodea continuamente y se manifiesta de muchas y muy diferentes formas: calor, luz, sonido, magnetismo, gravedad y todas las funciones vitales. Está en todas partes y en gran abundancia; sin embargo, desde un punto de vista material, la energía no se puede definir. No es algo que se pueda tocar, o determinar su color, o su constitución. Realmente se podría afirmar que se sabe lo que es ese «algo», pero nos resulta difícil explicarlo. Para delimitarla de algún modo, se puede decir que se trata de la **«medida de la capacidad de un sistema para proporcionar trabajo por medios mecánicos o calor por medios no mecánicos»**.

Aunque se habla de las distintas formas de energía, en el momento actual la Física sólo reconoce la existencia de la energía mecánica en sus dos formas, la cinética y la potencial, y la de la energía interna de los cuerpos. Lo demás son mecanismos de transporte o transferencia de energía, que fluye de unos cuerpos a otros. Las otras denominaciones se siguen utilizando, sin embargo, para expresar el origen de la energía que en un cierto momento se está desarrollando, o para expresar el modo de que nos hemos servido para obtenerla.

Cualquier forma que tome la energía está gobernada, hasta donde se sabe hoy día, por las leyes de la Termodinámica, dos de los principios fundamentales de nuestra existencia física. No podemos escapar a las implicaciones de estas leyes, aunque muchos fallos humanos han sido resultado de no conocer las limitaciones que estos principios imponen sobre las actividades humanas. Los principios de la Termodinámica se enuncian de la siguiente manera:

Primer principio: *«La energía no se puede crear ni destruir, sólo se puede transformar de una de sus formas a otra»*.

Segundo principio: *«Toda la energía del Universo es constantemente degradada hacia una forma de energía menos utilizable»*.

Uniendo los dos principios de la Termodinámica se puede constatar que, aunque la cantidad de energía del Universo es constante, su calidad está cambiando hacia una

forma menos útil. Esto significa que ninguna conversión de una forma de energía en otra tiene un 100% de eficacia, porque parte de ella se transforma en formas no recuperables nuevamente. Es decir, aunque la energía se conserva, hay fracciones que no son aprovechables, por lo que, para los efectos, parece que siempre se desperdicia algo de energía, porque ésta se invierte en los alrededores. Podemos así definir los principios de la Termodinámica de una forma más popular:

Primer principio: *«No se puede obtener algo por nada, sólo se puede llegar a un intercambio equivalente».*

Segundo principio: *«Ni siquiera se puede lograr un intercambio totalmente equivalente, sólo se puede perder, porque hay cambios no recuperables».*

Existen, pues, fuertes implicaciones de las leyes termodinámicas. Por un lado, cuanto más nos esforzamos en lograr un mayor número de personas a niveles de consumo de energía cada vez superiores, tanto mayor desorden habrá en nuestros sistemas de mantener la vida (por ejemplo, la contaminación). Por otro lado, debe quedar claro que la energía no puede ser reciclada. La utilizamos sólo una vez, quizá en varias de sus formas, pero siempre terminamos disipándola en formas degradadas. Por ello, no podemos, realmente, «conservar» energía en el sentido estricto de la palabra equivalente al ahorro; sólo podemos intentar disminuir la velocidad a la que producimos energía degradada, lo que se logrará procurando alcanzar mayores rendimientos de conversión de la energía disponible en energía útil.

EFICACIA DE CONVERSIÓN DE LA ENERGÍA

Utilizamos los términos equivalentes de «eficiencia», «eficacia» o «rendimiento» de forma muy amplia, para indicar un funcionamiento mejor, para describir algo que es «mejor» que otra cosa, etc. De hecho, hay distintos tipos de rendimientos, que es necesario tener en cuenta: rendimientos energéticos, económicos y sociales, expresiones todas ellas aplicadas en el estudio de los sistemas que transforman energía.

Rendimiento energético: considerando los principios de la Termodinámica,

este rendimiento se puede definir como la relación entre la energía mínima requerida para realizar una tarea específica y la energía total utilizada para ello. Esta definición contempla las pérdidas, tanto en cantidad (eficiencia) como en calidad (eficacia), de la energía.

Rendimiento económico: se mide comparando el coste de los sistemas de conservación de energía con el coste de la energía consumida, sin conservación de energía. Estas comparaciones se hacen considerando la inversión de capital inicial, la fiabilidad de la fuente de energía y las previsiones de aumento del coste de la energía.

Rendimiento social: intenta medir las implicaciones sociales del uso de la energía, a las que no se les puede asignar un coste numérico. Así, el rendimiento físico de un automóvil cambia muy poco cuando va ocupado por cinco personas en vez de una, pero el rendimiento social evidentemente cambia de forma ostensible.

TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA

Cuando se habla de energía, no siempre está claro a qué tipo de energía se refiere. De ahí que, para comprender el sistema energético, sea importante distinguir la energía en sus diversas fases de conversión y utilización.

La **energía primaria** es la energía obtenida de la Naturaleza: el agua saliendo de una presa, el carbón sacado de una mina, el petróleo, el gas natural, el uranio natural. Sólo en contadas ocasiones puede utilizarse la energía primaria para proporcionar energía final, que es la que ofrece al consumidor sus servicios. Una de las pocas formas de energía primaria que puede emplearse como energía final es el gas natural.

En su mayor parte, la energía primaria es convertida en **energía secundaria**. Es ésta una forma de energía que puede utilizarse para una gran cantidad de aplicaciones. Los ejemplos principales son la electricidad y la gasolina. Formas menos cómodas son el carbón vegetal y la leña.

Para su uso práctico, la energía tiene que adoptar una forma que permita transportarla y distribuirla fácilmente. Se tiende, sobre todo, a la creación de redes de distribución, concretamente de electricidad, gas y calor. Por razones de almacenamiento y transporte, se tiende también al uso de los combustibles líquidos (sobre todo la gasolina y el gasóleo).

La energía primaria se convierte en energía secundaria de varias maneras. Por ejemplo, las centrales de energía producen electricidad y, a veces, calor. Las refinerías transforman el petróleo en gasolina, keroseno y gasóleo. A veces, la instalación de conversión es el punto final de un sistema, como ocurre con la energía de la fisión nuclear (antes de construir las instalaciones, hay que realizar la conversión química, el enriquecimiento isotópico y la fabricación del combustible); otras veces, como en el caso de la energía hidroeléctrica o en el de la eólica, se trata de una simple máquina.

Los últimos pasos son la conversión de la energía secundaria en energía final (energía de un motor, de una estufa, de una bombilla eléctrica) y la conversión de la energía final en energía útil, que es la que se almacena en un producto o se utiliza para un servicio.

Mención especial merece un concepto que tiene gran importancia práctica en la ingeniería de los sistemas productores de energía útil es el de «potencia», ya que el tiempo que se invierte en realizar un cierto trabajo es de vital importancia. Por ejemplo, un pequeño motor eléctrico puede ser tan capaz de elevar un pequeño montacargas como uno grande (quizá añadiéndole una serie de engranajes multiplicadores), pero no puede utilizarse para el segundo fin, porque su cometido le llevaría demasiado tiempo. Así, tanto una persona, como un caballo, como un tractor, pueden arar un campo, pero el tractor lo hará en el tiempo más corto y realizará la mayor cantidad de trabajo por unidad de tiempo (tiene mayor potencia).

Como se puede observar, pues, este concepto de potencia es de fundamental utilidad en la aplicación de los conceptos de trabajo y energía a la práctica.

LA ENERGÍA COMO BASE DE LA CIVILIZACIÓN

La historia de la humanidad se ha visto determinada por el descubrimiento y la utilización de la energía. El primer escalón lo constituyó el uso y dominio del fuego; siguieron los avances en el aprovechamiento agrícola y ganadero como fuente de energía en forma de alimentos y la aparición de los transportes con la invención de la rueda.

Hacia el año 2000 a.C. se utilizaron ya las velas para captar la energía del viento y unos miles de años después aparece la rueda hidráulica y los molinos de viento, que constituyeron posteriormente en Europa la principal fuente de energía durante la Edad Media. Es en esta época cuando comienzan a utilizarse tanto el carbón como otros tipos de energía como la magnética (brújula) y la química (pólvora).

A finales del siglo XVIII se llevan a cabo los primeros intentos de utilizar el vapor como fuente de energía, pero tienen que pasar casi cien años hasta que Watt construye la primera "máquina de vapor", que constituiría la base de la civilización mecanizada. Este invento hizo que en gran parte del mundo se adoptase el vapor para mover las máquinas, lo que produjo un abandono de los campos y de las industrias domésticas, iniciándose la llamada "Revolución Industrial".

La máquina de vapor revolucionó también el transporte, tanto marítimo (barcos a vapor) como terrestre (ferrocarril). Sin embargo, a mitad del siglo XIX, el desarrollo tecnológico no había alcanzado el punto en que se requiriesen fuentes de energía especiales. De hecho, la principal y casi única fuente energética de la época era la madera.

Ahora bien, desde que en 1859 se perfora el primer pozo de petróleo en EE.UU., comienza a producirse una gran cantidad de inventos que utilizan esta fuente de energía: el generador eléctrico, el motor de combustión interna, la luz eléctrica y el automóvil. La puesta en marcha de la primera central eléctrica significó además el comienzo de un sistema de distribución de energía de uso cotidiano: la electricidad.

Desde comienzos del siglo XX empieza a aumentar fuertemente el uso de energía. Aunque la producción de carbón comenzó a descender después de la Primera Guerra Mundial, aumentó la de petróleo, que superó a aquella justo después de la

Segunda Guerra Mundial y siguió creciendo posteriormente.

Finalmente se descubrió la energía nuclear, construyéndose el primer reactor nuclear en EE.UU. en 1942. A pesar de las esperanzas puestas en esta fuente de energía, a mitad de los años 70 ésta sólo ocupaba una pequeña parte de la producción mundial. Y en 1973, cuando se consumían en el mundo más de 6.000 toneladas equivalentes de petróleo (tep), comenzó la llamada «*crisis energética*».

Se vio claramente entonces el agotamiento en un futuro no muy lejano del petróleo, por lo que los países de la OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo), que en 1973 controlaban las dos terceras partes del mercado de crudos, decretaron un embargo petrolífero, con el consiguiente aumento de los precios de los crudos. Posteriormente, y como consecuencia de un círculo vicioso, estos precios siguieron subiendo, produciéndose otro aumento brusco en 1979, la llamada «*segunda crisis del petróleo*».

Diversos factores sociales y económicos, fundamentalmente el fuerte ahorro de energía llevado a cabo en los países más industrializados, produjeron un hundimiento del mercado de crudos a principios de 1986, situándose los precios del petróleo de nuevo al mismo nivel de 1973. Todo ello ha provocado una enorme incertidumbre, por lo que es imposible predecir la evolución de los precios de petróleo en un futuro, incluso próximo. Lo que es evidente es que el consumo del petróleo ha disminuido, aunque no se ha encontrado una fuente de energía que lo sustituya.

Por otra parte, el crecimiento de la población y sus necesidades energéticas hacen imprescindible una política de ahorro de energía y la búsqueda de nuevas fuentes. Es necesario, pues, diversificar las fuentes de energía según las condiciones y posibilidades de cada país, para que cada comunidad procure encontrar su propia alternativa energética en función de sus recursos naturales.

Asimismo, el despertar de la responsabilidad en el campo energético de todos los países del mundo debe ir acompañado de una labor de clarificación de conceptos a sus habitantes. Aunque ya se ha producido una mayor sensibilización de la opinión pública frente a la necesidad de emprender labores de conservación y ahorro energético, todavía es necesario proceder a una amplia información relativa a la

imprescindible adopción de tecnologías, basadas en soluciones energéticas alternativas, principalmente de aquéllas procedentes de fuentes renovables.

CARACTERÍSTICAS DEL CONSUMO ENERGÉTICO ACTUAL

Desde que en 1859 se perforó el primer pozo de petróleo, su consumo ha crecido desorbitadamente, llegando a ser el motor actual de la sociedad industrializada. Tan importante cuestión invade el ámbito entero de la sociedad humana, afectando, tanto a la vida de cada familia, como a la política mundial, a la economía internacional y a la estrategia de un desarrollo nacional.

Hoy, muchos años después del primer embargo petrolífero tres hechos parecen evidentes:

- 1.º El consumo de petróleo se mantiene más o menos a su nivel de aquella época.
- 2.º Ninguna fuente de energía ha podido, por el momento, sustituir al petróleo, que hasta entonces era un factor de producción barato que estimulaba la expansión.
- 3.º Se ha entrado en una fase de disminución del ritmo de crecimiento económico mundial, que va acompañado por crisis estructurales graves, y plantea problemas cada vez más agudos en materia de división internacional del trabajo.

Así, tanto los países en desarrollo como los industrializados, atrapados en la doble red del alza de precios y el descenso de la producción de petróleo, han tenido que revisar su política energética y examinar las posibilidades que ofrecen otras fuentes de energía, que permitan mantener el equilibrio oferta-demanda. Debido a esto, ciertos países industrializados, que ya hoy tienen tasas de crecimiento mucho más modestas, y a los que el aumento de los precios obliga a economizar la energía, parecen estar en buenas condiciones para no incrementar, e incluso disminuir con el tiempo, su dependencia respecto de fuentes de aprovisionamiento inseguras.

Otros países cuentan con la intensificación de la prospección petrolífera en su subsuelo aún inexplorado y con una mayor utilización de las nuevas técnicas, que permitirán explotar recursos energéticos hasta ahora inaccesibles, tanto técnica como

económicamente. Este es el caso de todas las formas de energía solar, que pueden brindar a la población rural de los países en desarrollo los medios para satisfacer mediante técnicas tradicionales, hoy de escasa eficacia, sus necesidades energéticas.

La Historia nos enseña que se requieren muchos decenios para pasar de una fuente de energía a otra. Así, la sustitución de la leña por carbón y, después, del carbón por el petróleo, necesitó más de medio siglo. Estos cambios se realizaron en condiciones favorables de crecimiento económico rápido y disminución constante de los costes de las nuevas formas de energía. En cambio, de ahora en adelante, la tarea de mantener un aprovisionamiento suficiente será, en muchos aspectos, más difícil. En primer lugar, la población mundial se ha incrementado a un ritmo sin precedentes; sus necesidades materiales ya están siendo perceptibles. Aún en la hipótesis de que disminuya drásticamente el número medio de niños por familia, la población del globo casi se duplicará en 50 años.

Debido a la marcada influencia del consumo de energía en el crecimiento, se ha abierto una «etapa de transición» desde el comienzo de la crisis energética, que durará hasta que pueda ser suplantada la actual fuente de energía por otra. Esta etapa se puede caracterizar por los siguientes hechos:

- El consumo de hidrocarburos seguirá siendo fundamental para el funcionamiento de la sociedad.
- Existe una gran incertidumbre en el ámbito mundial.
- Se insinúan graves peligros de escasez, debidos a la vulnerabilidad del sistema económico frente a cualquier tipo de conflicto internacional.
- Seguirán aumentando los precios de los recursos energéticos. La población debe acostumbrarse a que, frente a un recurso no renovable y escaso como lo es el petróleo, sólo queda ajustar su precio hasta adecuarlo al de otras formas alternativas de energía.
- Los países en desarrollo, más pobres, necesitan mucha más energía de la que hoy consumen y probablemente tendrán que elevar sus tasas de consumo energético con mayor rapidez que sus tasas de crecimiento, si no quieren

detener su proceso de desarrollo.

- Se requieren grandes inversiones, posiblemente, para alcanzar un nuevo equilibrio energético.
- Es necesario diversificar las fuentes de energía, según las condiciones y posibilidades de cada país, para que cada comunidad procure encontrar su propia alternativa energética en función de sus recursos naturales.
- Es previsible que los objetivos en el campo energético compitan con otros objetivos del desarrollo económico, desde el punto de vista de la asignación de inversiones, por lo que existe un claro desafío frente a la programación del desarrollo de los próximos años.
- Dado que la inversión energética requiere un prolongado período de maduración para dar sus frutos, es probable que la propia solución del problema energético genere tendencias regresivas en la sociedad.

El despertar de la responsabilidad de todos los países del mundo en el campo energético, debe ir acompañado de una labor de clarificación de conceptos a la opinión pública. Aunque ya se está produciendo una mayor sensibilización de la opinión pública frente a la necesidad de emprender políticas de conservación, todavía es necesario proceder a una amplia información relativa a la imprescindible adopción de tecnologías basadas en soluciones energéticas alternativas, principalmente aquellas procedentes de fuentes renovables.

LOS RECURSOS ENERGÉTICOS DE LA TIERRA

Es conveniente ahora establecer claramente los distintos medios energéticos que se encuentran hoy en fase de explotación o investigación y que previsiblemente acompañarán a los seres humanos en el futuro. A este respecto es fundamental diferenciar las fuentes energéticas según su origen, ya que de él no sólo dependerá su posible duración, sino que además indicará su tecnología de aprovechamiento. Se distinguen así:

* **Energías no renovables**, de origen terrestre, ya que llevan almacenadas en la Tierra desde hace millones de años y, por tanto, son recursos finitos y de distribución geográfica irregular

* **Energías renovables**, que tienen su origen en el flujo continuo de la energía del Sol y se disipan a través de ciclos naturales

Dentro de las fuentes de energía no renovables se consideran los combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural), así como el uranio, materia prima para la producción de energía nuclear de fisión. Estas fuentes energéticas son consideradas actualmente como convencionales, pero existen otras fuentes alternativas, cuyo estudio para su aprovechamiento a gran escala se ha iniciado hace pocos años: se trata de las pizarras bituminosas y las arenas asfálticas, que presentan un cierto parentesco geológico con el petróleo.

Por su parte, las fuentes de energía renovables son aquéllas que proceden del flujo de energía que recibe continuamente la Tierra, y que tiene su origen en el Sol, aunque en ciertos casos existe una cierta contribución de los campos gravitatorios terrestre y lunar.

Aunque casi una tercera parte de la energía procedente del Sol es reflejada por la atmósfera terrestre, las dos terceras partes restantes la atraviesan experimentando o no cambios en sus características, lo que da lugar a las distintas fuentes renovables de energía:

- Energía solar directa, parte de la energía solar incidente que no se transforma en otras fuentes renovables
- Energía eólica, o energía contenida en el viento
- Energía de la biomasa, energía química almacenada en las plantas verdes y que se extiende a todos los seres vivos y sus residuos
- Energía geotérmica, cuyo origen remoto también está en el Sol, pero actualmente contenida en el interior de la Tierra
- Energía hidráulica, contenida en las masas de agua situadas a cierta altura

- Energía del mar, que se manifiesta de tres formas distintas: mareas, diferencias de temperatura y olas

SITUACIÓN ENERGÉTICA DE LAS ISLAS CANARIAS

La energía que se consume en Canarias procede casi en su totalidad del petróleo, que procede del exterior y se transforma en la refinería de petróleos de Santa Cruz de Tenerife, a razón de unos 4 millones de Tm/año de crudo. Con los combustibles obtenidos se abastecen dos importantes mercados de suministros:

- * Mercado interior, constituido por los abastecimientos destinados al transporte interior y pesca, sistema eléctrico, usos domésticos y restantes actividades económicas (40%).
- * Mercado exterior, que se compone del suministro a buques y aeronaves, tanto nacionales como extranjeros (60%).

En cuanto al consumo de energía final en el mercado interior, se puede decir que alrededor de la mitad corresponde a la producción de energía eléctrica, unos 3,7 millones de MW·h en 1991, procedentes de una potencia instalada de unos 1.000 MW.

Este somero análisis permite establecer el siguiente resumen de la situación energética canaria:

- * Canarias depende casi exclusivamente de los combustibles derivados del petróleo.
- * La cobertura de las necesidades de combustible está asegurada por una refinería, de alta capacidad de refino.
- * La distribución de los combustibles es compleja y costosa, por existir pequeños mercados insulares.
- * La situación estructural del sector eléctrico es también compleja y costosa, por la necesidad de producir en cada isla por separado.
- * Existen fuertes crecimientos de la demanda eléctrica, debido al aumento de

la actividad económica de las islas.

* Es conveniente diversificar las fuentes de suministro eléctrico y reducir sus costes.

A estos puntos es imprescindible añadir otro más, de importancia trascendental: el tema de la energía en las Islas Canarias está íntimamente relacionado a otro de sus problemas fundamentales, que es la escasez de sus recursos de agua y que se ve paliada con el apoyo de la energía, que hace posible la desalación de agua de mar, la depuración, el bombeo y la extracción desde profundidades cada vez mayores.

Por todo ello se han planteado en Canarias desde hace ya algunos años unos objetivos básicos con respecto al tema de la energía:

* Diversificar las fuentes de suministro energético exterior, garantizando la oferta en cualquier situación.

* Fomentar la utilización racional de la energía, mejorando el rendimiento energético.

* Potenciar los recursos energéticos propios, reduciendo la dependencia exterior.

BIBLIOGRAFÍA

BOYLE, D.; "Energía", Ed. Jaimes Libros, Barcelona (1982).

ENTRENA, J., GUAL, C. y JUAREZ, A.; "La crisis de la energía", Salvat "Temas Clave", nº 1, Barcelona (1980).

GRENON, M.; "La crisis mundial de la energía", Alianza Editorial, Madrid (1974).

HOYLE, F.; "¿Energía o extinción?", Alianza Editorial, Madrid (1981).

MARIN, F.; "Energía", Ed. Alhambra, Madrid (1982).

McMULLAN, J.T., MORGAN, R. y MURRAY, R.B.; "Recursos energéticos", Blume, Barcelona (1981).

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO; "Guía de la Energía", Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE), (MICYT), Madrid (1993).

POSTIGO, L.; "El mundo de la energía", Ramón Sopena, Barcelona (1975).

SCIENTIFIC AMERICAN; "La energía", 2ª ed., Alianza Editorial, Madrid (1979).

STEADMAN, P.; "Energía, medio ambiente y edificación", Herman Blume, Madrid (1978).

Usos y posibilidades de las energías renovables

Dr. Francisco Jarabo

ÍNDICE

FUENTES ENERGÉTICAS RENOVABLES.....	2
LA ENERGÍA SOLAR DIRECTA.	4
LA ENERGÍA EÓLICA.	4
LA ENERGÍA DE LA BIOMASA.	4
LA ENERGÍA GEOTERMICA.....	5
LA ENERGÍA HIDRÁULICA.	5
LA ENERGÍA DEL MAR.....	5
RECURSOS ENERGÉTICOS DE LAS ISLAS CANARIAS.	6
UNA TEORÍA PARA LA REFLEXIÓN: LA CONTAMINACIÓN POR ENERGÍA.....	8
LA CONTAMINACIÓN TRADICIONAL.	8
LA NUEVA CONTAMINACIÓN.	9
¿CONTAMINA LA ENERGÍA?.....	10
EL CALOR COMO RESIDUO.	11
¿QUÉ SOLUCIONES PODREMOS ESPERAR?.	12
BIBLIOGRAFÍA.....	14



FUENTES ENERGÉTICAS RENOVABLES

Las fuentes de energía renovables proceden del flujo de energía que recibe diariamente la Tierra desde el exterior. Aunque casi una tercera parte de la energía procedente del Sol es reflejada por la atmósfera terrestre, el resto la atraviesa experimentando ciertos cambios en sus características, lo que da lugar a las fuentes renovables de energía, cuyas formas de captación y aprovechamiento serán diferentes.

Dentro de este grupo ha ocupado un lugar esencial el almacenamiento de la energía solar en la materia vegetal, pero hay que añadir las grandes posibilidades que puede ofrecer la conversión de este flujo de energía solar inagotable: captación directa para obtener calor y electricidad, captación de la energía del viento, de los saltos de agua (que incorporan además la fuerza de la gravedad), del calor de la Tierra, del mar (que incorpora la gravitación lunar); en definitiva, todos los tipos de energía denominados también «libres», en el sentido de que son abundantes, renovables y que fluyen continuamente, sean o no aprovechadas por el hombre.

Debido al gran interés despertado por estas energías en función de su bajo o nulo deterioro del medio ambiente y en relación al posible agotamiento de las fuentes convencionales de energías concentradas, se ha incrementado el estudio de sus posibilidades de utilización con vistas a encontrar en ellas una alternativa frente a los combustibles fósiles y nucleares. Esto ha hecho que normalmente se esté empleando el término energías renovables para englobarlas a todas ellas: energía solar, energía eólica, energía de la biomasa, energía geotérmica, energía hidráulica y energía del mar.

Ahora bien, el hecho de que una fuente de energía sea renovable, no quiere decir que sea abundante o que su explotación resulte gratuita. Ya desde hace años se está procediendo a revisar los conocimientos tecnológicos actuales, en relación con las diferentes formas para captar y transformar fuentes renovables de energía. La investigación sobre estos procesos se encuentra en aumento en los países menos avanzados, donde las fuentes de energías renovables podrían cubrir una proporción importante de su demanda energética.

A fin de que sea apropiada, la tecnología usada para aprovechar las fuentes energéticas renovables debe ser tan robusta como barata, dos requerimientos que generalmente se contraponen y, por ello, difíciles de reconciliar. Pero usando personal y material autóctonos, sobre la base de la habilidad actual o potencial de la población local, se puede seleccionar la técnica adecuada y desmitificar el valor tecnológico.

Por otra parte, en la actualidad se admite ampliamente, que la dificultad no radica en el desarrollo de la técnica apropiada, sino en la mejora de las condiciones sociales y políticas para lograr la difusión de los principios básicos de la tecnología, a fin de poder ser usada a escala masiva.

El éxito de una tecnología depende, no sólo de factores técnicos, sino también de factores económicos, geográficos y culturales. Así, hay que destacar el carácter relativo del concepto de «tecnología apropiada», porque se puede decir que es apropiada a un lugar, a un tiempo o a una estructura económica particular. También es muy importante en este aspecto la conciencia de la necesidad y del problema, y el conocimiento de las posibles soluciones. Resulta así más importante proporcionar una educación general, que un entrenamiento técnico estricto.

En resumen, deben producirse una serie de acontecimientos para que exista una alta probabilidad de éxito de una tecnología determinada, especialmente en lo relativo al caso que nos ocupa, el aprovechamiento de fuentes energéticas alternativas y renovables, acontecimientos que, en líneas generales, se esbozan a continuación:

- Conocimiento de las necesidades y posibilidades.
- Tecnología al alcance de una mayoría.
- Demanda popular.
- Dedicación y apoyo por parte de los gobiernos, en forma de inversiones y de divulgación.
- Conocimiento del tipo de integración de la tecnología, absoluta o gradual.
- Posibilidad de discernir si las tecnologías sencillas y baratas serán capaces de aumentar con suficiente rapidez el nivel de satisfacción de las necesidades básicas de la población.

Todos los factores enumerados constituyen, en definitiva, serias barreras para el desarrollo en gran escala de las fuentes no tradicionales de energía, o energías alternativas. La complejidad del problema requiere que la preparación de planes a largo plazo y una amplia cooperación internacional, sean abordadas globalmente.

LA ENERGÍA SOLAR DIRECTA

Es la parte de la energía procedente del Sol que atraviesa la atmósfera sin experimentar cambios sensibles. Los sistemas de captación de esta fuente están basados, bien en aprovechar el calor contenido en la radiación solar (conversión térmica) o bien en usar la energía luminosa de la radiación para generar directamente energía eléctrica gracias al «efecto fotovoltaico». Dentro del primer grupo, la tecnología es diferente si se trata de un aprovechamiento de baja temperatura (colectores solares planos), si se opera a temperaturas medias (colectores cilindro-parabólicos) o si la conversión se realiza a altas temperaturas (centrales solares).

LA ENERGÍA EÓLICA

La diferente distribución de la energía en la atmósfera influye en el movimiento del aire, que es el origen de los vientos. Para captar la energía que éstos transportan se utilizan «máquinas eólicas». Si se usa directamente la energía mecánica se habla de un «aeromotor», mientras que si acciona un generador eléctrico, se tratará de un «aerogenerador». Estas máquinas constan de distintos elementos (palas, orientadores, reguladores, etc.), cuyo estudio está permitiendo un diseño cada vez más eficiente.

LA ENERGÍA DE LA BIOMASA

Otra parte de la energía solar que penetra en la atmósfera es absorbida por las plantas verdes para el crecimiento de la materia orgánica, que almacena la energía en forma de «biomasa». A través de la cadena biológica, parte de la biomasa vegetal se convierte en animal; la utilización de sólo una parte de esta biomasa genera unos residuos (agrarios, industriales y urbanos), cuyo aprovechamiento con fines energéticos

puede hacerse por vía termoquímica o bioquímica. También se pueden utilizar como fuente de biomasa los llamados «cultivos energéticos», plantaciones destinadas exclusivamente a producir energía.

LA ENERGÍA GEOTERMICA

El calor almacenado en el interior de la Tierra se conoce como «energía geotérmica». Para poder extraer este calor han de existir zonas de elevada temperatura a profundidades asequibles y rocas capaces de retener agua cerca de ellas. La explotación se realiza mediante perforaciones y el aprovechamiento de la energía depende de la temperatura que alcance el fluido geotérmico. Los yacimientos de alta temperatura se utilizan en la producción de electricidad, mientras que los de baja temperatura se aplican en calefacción agrícola, industrial o urbana.

LA ENERGÍA HIDRÁULICA

El agua de los mares se evapora por el calor solar, pero vuelve a caer sobre la tierra cierto tiempo después. La energía de las corrientes de agua que se precipitan desde zonas elevadas hacia zonas más bajas es también una forma de energía solar, denominada «energía hidráulica». Un sistema de aprovechamiento hidráulico puede usar dos tipos de máquinas: las «ruedas hidráulicas» y las «turbinas». Su principal aplicación es la generación de electricidad, tanto en grandes centrales hidroeléctricas como aprovechando caudales de agua muy pequeños.

LA ENERGÍA DEL MAR

La energía gravitatoria terrestre y lunar, la energía solar y la eólica dan lugar a las mareas, gradiente térmicos y olas, tres manifestaciones de la energía del mar que permiten obtener energía eléctrica de diversas formas.

La energía de las mareas o «maremotriz» se aprovecha embalsando el agua del mar en ensenadas naturales y haciéndola pasar a través de turbinas hidráulicas. La

energía de los gradientes térmicos o «maremotérmica» es debida a la diferente temperatura entre la superficie del mar y una cierta profundidad. El salto térmico así producido se puede aprovechar en una máquina térmica. La energía de las olas es muy irregular, lo que ha llevado al diseño de múltiples tipos de «convertidores de olas», todos ellos actualmente en fase experimental.

RECURSOS ENERGÉTICOS DE LAS ISLAS CANARIAS

Existen hoy muy pocos lugares en el mundo en los que, como en Canarias, coincidan simultáneamente y con un elevado potencial, las diferentes fuentes de energías renovables: solar, eólica, biomasa, geotérmica, oleaje. Si se tiene en cuenta la creciente demanda energética para la desalación de agua de mar y el bombeo de agua de pozos, y que ambas actividades consumen directa o indirectamente petróleo, se puede afirmar que concurren a la vez dos hechos importantes en las Islas Canarias:

- * Existe uno de los balances energéticos más desfavorables del mundo.
- * Existe una situación de gran privilegio mundial en cuanto a disponibilidad de energías renovables.

Sin embargo, hay una serie de inconvenientes que hacen que el desarrollo de las energías renovables no haya sido hasta ahora el deseado.

Por un lado, estas fuentes energéticas son de baja densidad, por lo que son adecuadas para aplicaciones dispersas en el espacio y no para aquéllas donde se requieran fuertes concentraciones energéticas, ya que además no son fácilmente transportables ni almacenables.

Por otro lado, las previsiones en cuanto a su desarrollo tecnológico y a la reducción de costes no se han cumplido, de tal forma que hoy día las energías renovables no siempre son competitivas en términos económicos con las fuentes convencionales.

Por estas razones no debe esperarse que, de momento, las energías renovables sean la alternativa total al esquema clásico de producción y consumo energético, si bien pueden ser un complemento apreciable y alcanzar una participación significativa

en la estructura de la oferta energética a medio plazo.

Resulta, pues, muy difícil analizar el papel del sector de las energías renovables en el futuro, debido a que es muy sensible a pequeñas modificaciones de los entornos económico y legislativo. Está claro que la tecnología no está completamente desarrollada, que no siempre es rentable utilizarla, que no se conoce con exactitud el potencial energético renovable y que la evolución del precio del petróleo es imprevisible. No obstante, se ha visto que es necesario anticiparse a los posibles problemas energéticos futuros, realizando los programas oportunos para el aprovechamiento de las energías renovables. Es, por ello, importante fomentar la creación de una infraestructura que permita a los científicos de todos los países del mundo llevar a cabo investigaciones tendentes al desarrollo de tecnología, en un lugar en que concurren prácticamente todas las fuentes de energía renovables, algunas de ellas, además, con un gran potencial.

En definitiva, la relación entre energía y medio ambiente alcanza su grado óptimo cuando se utilizan las denominadas «energías renovables» ya que son precisamente éstas las de menor incidencia ambiental. Por ello se debe intentar crear la conciencia adecuada, con vistas a lograr una mayor educación energética y ambiental, es decir, una utilización más racional de los recursos energéticos y una actitud más favorable hacia la conservación del medio ambiente.

Según estos hechos resulta evidente que las fuentes renovables de energía deben ser divulgadas desde los niveles educativos más elementales ya que, además se pueden estudiar como casos prácticos muy interesantes de la integración de muchas disciplinas, actualmente desligadas entre sí. Así, desarrollando adecuadamente la estructura teórico-práctica de estos temas, se puede llegar a comprender la naturaleza compleja de la energía y el medio ambiente, resultante de la interacción de aspectos físicos, químicos, biológicos, tecnológicos, económicos, sociales y culturales.

Se podrá entonces profundizar en la adquisición de los conocimientos y las actitudes que permitan una participación responsable y eficaz en la resolución de los problemas energéticos y la gestión de los recursos naturales.

UNA TEORÍA PARA LA REFLEXIÓN: LA CONTAMINACIÓN POR ENERGÍA

LA CONTAMINACIÓN TRADICIONAL

Hace muchos años que en los países industrializados sonó la alarma de la contaminación, lanzada, bien por algunos científicos y técnicos, bien por los movimientos sociales *verdes* o ecologistas. Como fuente de esa contaminación se señalaron las instalaciones industriales y los medios de transporte, abriéndose una etapa de lucha contra la contaminación producida por diferentes sustancias químicas *no naturales*.

En el caso de las industrias, la lucha contra la contaminación exigía grandes inversiones en los equipos, a las que los empresarios no se prestaron de buen grado. Aunque estas industrias pertenecían a grupos económicos con influencia en los poderes públicos, la presión social terminó obligando a actuar contra la contaminación. Se ha ido logrando así, desde comienzos de los años setenta, un cierto control sobre las actividades industriales: legislación sobre vertidos, control de emisiones gaseosas y, en general, obligación de procesar los desechos para reducir o eliminar su poder contaminante.

Por otro lado, los medios de transporte impulsados por derivados del petróleo (automóviles, aviones, etc.) emitían gases nocivos (dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y derivados del plomo). En este caso, la gran cantidad y la enorme dispersión de los focos contaminantes dificultaba el control de los mismos, por lo que los poderes públicos actuaron sobre los productores de vehículos y los de combustibles. Así, se mejoró el diseño de los motores para evitar productos indeseados en la combustión y se redujeron los contenidos en azufre y plomo de los combustibles.

Todas estas actuaciones han reducido sensiblemente el problema de la contaminación y, lo que no es menos importante, han permitido crear una conciencia social acerca de la necesidad de proteger el medio ambiente. Hoy día muchos ciudadanos podrían recitar de memoria toda una serie de compuestos químicos

contaminantes, e incluso se han acostumbrado, con ayuda de los medios de comunicación, a una cierta jerga de la contaminación: emisiones, vertidos, depuradoras, reciclados, catalizadores, etc. La denuncia de la contaminación producida por productos químicos se ha convertido en algo habitual y, por ello, ha dejado de ser noticia importante, salvo en los casos de grandes desastres.

LA NUEVA CONTAMINACIÓN

Los titulares periodísticos muestran, sin embargo, que la preocupación social se ha desviado hacia un tipo diferente de problemas; tan diferente que no lo asociamos con una contaminación, por cuanto no están involucrados los compuestos químicos hasta entonces considerados como nocivos. Los medios de comunicación hablan de agujeros de ozono, de efecto invernadero, de calentamiento de la atmósfera, de clima alterado, de desertización y de sequías o lluvias torrenciales a destiempo.

Y estamos tan acostumbrados a que las alteraciones se deban a productos químicos, que la sociedad tiene una reacción refleja: los culpables del agujero de ozono son los fluorocarbonos, mientras que el responsable del efecto invernadero y los fenómenos climáticos asociados al mismo es el dióxido de carbono. Surge así el hecho curioso de que, por primera vez, se considera contaminante a un producto *natural*, el dióxido de carbono, resultado de la combustión de todos los derivados del carbono y, por tanto emitido, no sólo en las unidades de combustión (motores) usadas por el hombre, sino también por los propios seres vivos en sus procesos respiratorios.

Sin embargo, el problema real va mucho más allá de los compuestos químicos que provocan alteraciones atmosféricas y que, por tanto, hay que controlar. Ello es debido a que hay que considerar un nuevo residuo, hasta ahora prácticamente olvidado: la propia energía.

¿CONTAMINA LA ENERGÍA?

Hoy día sabemos que las centrales térmicas convencionales, que utilizan derivados del petróleo o carbón como combustibles, son importantes focos de contaminación, en tanto emiten productos considerados como nocivos. De igual forma, las centrales nucleares han sido sometidas a un profundo análisis, sin haberse llegado a conclusiones claras en lo relacionado con la eliminación de los residuos radiactivos. Por todo ello se habla de que las tecnologías energéticas actuales producen una energía contaminante, que dejaría de serlo cuando la Ciencia y la Tecnología permitiesen la aplicación comercial de la fusión nuclear. Entonces tendríamos energía abundante, barata y limpia. Pero, ¿habrían desaparecido entonces los problemas?

Sí, habríamos resuelto el problema de la energía contaminante, pero nos seguiría quedando otro no menos importante: la contaminación por energía. ¿Se podría explicar y resolver este nuevo foco de contaminación?

Las primeras etapas de la contaminación por energía ya son claramente perceptibles, lo que facilita mucho su explicación.

Por un lado, cualquier habitante de una gran ciudad es consciente de que existe una contaminación sonora. El ruido no es otra cosa que energía desplazándose por el aire como onda sónica, generalmente entre una máquina que transforma energía y nuestros sufridos oídos. ¿No sería ésto un tipo de contaminación por energía?

Por otro lado, los astrónomos están teniendo problemas con la llamada contaminación luminosa, es decir, la iluminación nocturna de las ciudades les impide ver el cielo con claridad. Como la luz también es energía desplazándose en forma de ondas electromagnéticas, estamos planteando un nuevo ejemplo de contaminación por energía. Este caso podría seguir extendiéndose a otras actividades, ya que la luz visible sólo es una onda electromagnética muy particular, y el aire está lleno de otras ondas electromagnéticas, cuya densidad aumenta día a día: radio, televisión, microondas, etc.

Pero el verdadero problema, el que hay que contemplar cara al futuro, es otro. Cualquier habitante de una gran ciudad del norte de Europa o América ha observado que la nieve es siempre más abundante y persistente en las afueras de las ciudades

que en el casco urbano, y que las temperaturas en éste suelen ser entre dos y cinco grados superiores a las de las zonas del extrarradio. También se ha comprobado que los vertidos de agua limpia, pero caliente, de algunas industrias y centrales energéticas provocan alteraciones en el ecosistema circundante, ya que aumentan su temperatura. Ello provoca la muerte por asfixia de distintas especies acuáticas, por que el agua caliente contiene mucho menos oxígeno disuelto que el agua fría.

En estos casos el foco de contaminación es simplemente el propio calor que, al tratarse de una manifestación de la energía nos lleva a una nueva forma de contaminación por energía, la contaminación térmica, caso mucho más grave que los anteriores, ya que el calor es un *residuo* inevitable en cualquier proceso de intercambio energético.

EL CALOR COMO RESIDUO

Vivimos en una sociedad que se caracteriza por el consumo de energía, y nuestro nivel de vida está indefectiblemente relacionado con la cantidad de energía que consumimos. Tener garantizado el suministro de energía es un objetivo primordial de cualquier gobierno y cuantos más seres humanos mejoran su calidad de vida, mayores cantidades de energía se ponen en juego sobre nuestro planeta.

Las leyes de la Física nos dicen que la energía se degrada constantemente en su calidad hasta convertirse en energía interna, energía que se manifiesta como un calentamiento de la materia. Así, cualquier cantidad de energía de que dispongamos terminará calentando el entorno del sistema en el que la hayamos utilizado. Por ejemplo, el petróleo que se quema en una central térmica permite producir vapor en una caldera, vapor que mueve una turbina conectada a un alternador, del que sale una corriente eléctrica. Sin embargo, la energía contenida en el petróleo no se transforma íntegramente en corriente eléctrica: se produce calor como residuo.

En efecto, la caldera caliente transmite energía al aire que la rodea, los gases de combustión calientes disipan energía a la atmósfera y los ejes de la turbina y del alternador se calientan por rozamiento. En todos los casos se pierde energía hacia el medio ambiente. Aún podemos ir más lejos: la corriente eléctrica calienta los cables por

los que es transportada y cuando la utilizamos, los motores eléctricos y las bombillas se calientan, las estufas calientan aire, los calentadores calientan agua, las cocinas eléctricas calientan comida y, en fin, toda la energía contenida en el petróleo termina calentando algo. Evidentemente, la energía de cualquier otra fuente sufrirá procesos semejantes.

Definitivamente, pues, podemos decir que toda la energía que liberamos sobre nuestro planeta termina calentándolo, ya que las leyes de la Termodinámica indican que la energía ni se crea ni se destruye, sino que se transforma (principio de la conservación de la energía), y hemos visto que al final siempre tenemos un calentamiento. Por tanto, se hace esencial eliminar de nuestro planeta la energía que no nos es útil, aquella que una vez utilizada está calentando la atmósfera.

Afortunadamente, la Tierra tiene un mecanismo natural por el que es capaz de deshacerse de energía: la radiación hacia el vacío espacial. Pero la cantidad de energía que puede perder la Tierra por radiación depende de su temperatura por lo que, para aumentar las pérdidas por radiación, tendríamos que calentar el planeta, que es precisamente lo que queremos evitar. Y nuestra tecnología actual está muy lejos de encontrar un mecanismo alternativo a este fenómeno natural.

Así pues, no nos queda más remedio que aceptar que, aunque tuviésemos la energía limpia, barata y abundante de la fusión nuclear, nuestros problemas continuarían. Por tanto, la contaminación por energía en sí no es, por el momento, evitable.

¿QUÉ SOLUCIONES PODREMOS ESPERAR?

El petróleo y el carbón liberan de forma instantánea la energía que se ha ido acumulando durante millones de años. Por el contrario, la fisión nuclear del uranio libera instantáneamente energía que, en condiciones naturales, tardaría en liberarse millones de años. Finalmente, la fusión nuclear permitiría liberar en la propia Tierra la energía que ahora se libera en el Sol. Pero en todos los casos el problema es el mismo: toda esa energía no *cabe* en la Tierra. Inevitablemente la calienta.

Existen, desde luego, las energías renovables: el viento, mareas y olas, la utilización térmica y fotovoltaica de la energía solar, la biomasa, la energía geotérmica y la energía hidráulica. Son útiles y deseables, por cuanto no aportan energía extra al planeta, pero difícilmente pueden sostener una civilización industrial de alto consumo energético como la actual. Su uso atenuaría el problema, podría solucionar el suministro doméstico de energía, pero difícilmente el de la industria. Este caso sólo lo cubre la energía hidráulica, pero ésta está sujeta a la climatología y debe siempre ser complementada con otras fuentes. Y desde luego tiene poco futuro en lugares cuya orografía y condición climática sean poco favorables a las grandes retenciones de agua.

Se podría alegar que la energía manipulada por el hombre es una ínfima parte de la que nos llega del Sol. Pero, ¿es tan ínfima realmente? Los efectos de su uso ya se notan hoy día y si dispusiésemos de esa energía limpia, barata y abundante que ya citamos, esos efectos aumentarían rápidamente.

La energía se utiliza o no; y si no se utiliza, el nivel de vida desciende bruscamente. Claro está que la energía se puede usar sobriamente o se puede despilfarrar. Hasta ahora, uno u otro comportamiento ha venido determinado por el precio de la energía y, por tanto, ante el petróleo o la energía de fusión baratos, no habría ninguna razón para la sobriedad.

Las leyes físicas nos imponen otro comportamiento. El problema empieza a pasar de ser el precio, a ser la estabilidad energética del planeta. Podremos solucionar el agujero de ozono descartando el uso de los fluorocarbonos; podremos resolver el efecto invernadero provocado por el dióxido de carbono dejando de usar carbón o petróleo. Pero, mientras consumamos energía calentaremos la atmósfera, tanto más rápidamente cuanto mayor sea la velocidad de mejora de nuestro nivel de vida.

Seamos, pues, sobrios en el uso de la energía. **El ahorro energético es la fuente de energía más limpia y más barata de la que disponemos.** ¡No la desaprovechemos!

BIBLIOGRAFÍA

- ALEMANY, J.; "Las otras energías", Ed. HMB, Barcelona (1982).
- BLAIR, P.D., CASSEL, T.A.U. y EDELSTEIN, R.H.; "Geothermal energy. Investment decisions and commercial development", John Wiley and Sons, London (1982).
- CONSTANS, J; "Marine sources of energy", Pergamon Press, Oxford (1979).
- DEMEYER, A., JACOB, F., JAY, M., MENGUY, G. y PERRIER, J.; "La conversión bioenergética de la radiación solar y las biotecnologías", Alhambra, Madrid (1985).
- JARABO, F. y FERNANDEZ, J.; "Energías alternativas renovables. ¿Un futuro para Canarias?", Secretariado de Publicaciones, Universidad de La Laguna, La Laguna (Tenerife) (1983).
- JARABO, F., FERNÁNDEZ, J., TRUJILLO, D., ELORTEGUI, N. y PÉREZ, C.; "La energía de la biomasa", S.A. de Publicaciones Técnicas, Madrid (1984).
- JARABO, F., PÉREZ, C., ELORTEGUI, N., FERNÁNDEZ, J. y MACÍAS, J.J.; "El libro de las energías renovables", S.A. de Publicaciones Técnicas, Madrid (1988).
- JARABO, F., SANZ, M. y PÉREZ, C.; "Energías renovables", Centro de la Cultura Popular Canaria, La Laguna (Tenerife) (1987).
- PORTILLO, P.; "Energía solar", Ediciones Pirámide, Madrid (1985).
- PUIG, J., MESEGUER, C. y CABRÉ, M.; "El poder del viento", Ecotopía Ediciones, Barcelona (1982).
- SIMEONS, C.; "Hydro-power", Pergamon Press, Oxford (1980).
- ROSS, D.; "Energy from the waves", Pergamon Press, Oxford (1979).