

LA FUSIÓN NUCLEAR, ESPERANZA CLIMÁTICA

*Adolfo Marroquín Santoña
Doctor en Física
Meteorólogo del Estado
Director del CMT en Extremadura*

La energía es sin duda un factor clave para asegurar el desarrollo de la humanidad, tanto desde el punto de vista económico como social; sin embargo, el actual modelo energético basado en un crecimiento constante del consumo es insostenible, en primer lugar a la vista de los recursos de energías fósiles, cuyo agotamiento es cuestión de unos años, poco importa aquí que sean 25, 50 o 100 años, lo cierto es que esos combustibles son sin duda finitos. Pero, en segundo lugar, aunque no menos importante, es insostenible porque las consecuencias del continuismo con el actual modelo energético nos llevaría a superar el límite del desarrollo climáticamente sostenible, que podemos definir como «aquel que satisface las necesidades del presente, sin provocar cambios irreversibles en los procesos dinámicos internos al sistema climático».

Ahora bien, por lo que respecta a los recursos energéticos, si las perspectivas de crecimiento de la población mundial se confirman, es evidentemente previsible un aumento continuado de la demanda energética global, por lo que debemos administrar cuidadosamente los recursos conocidos, para optimizar su rendimiento y obtener los mejores resultados posibles. Conseguirlo pasa no sólo por fomentar tecnologías energéticas más limpias y eficientes, si no por materializar cambios profundos en el actual modelo social, sin estos cambios las perspectivas de reducir substancialmente los consumos de energía y con ello los impactos ambientales serán muy limitadas. Es necesario que el conjunto de la sociedad apoye esos cambios y que se tomen las decisiones a corto y medio plazo, de manera coherente, teniendo claro el objetivo a largo plazo, y aplicando, en cada momento, las mejores soluciones disponibles en un mundo en continuo cambio, y no sólo climático.

Para los próximos años debemos asegurar el suministro energético, fomentar el ahorro y la eficiencia energética, impulsar las fuentes energéticas renovables, apoyar la I+D+i (Investigación, Desarrollo e innovación tecnológica) en el ámbito energético, sobre todo en cuanto hace referencia a la energía nuclear de fusión, única fuente energética realmente alternativa que conocemos hoy.

Desarrollo energético climáticamente sostenible

A lo largo del pasado siglo XX, sobre todo en su segunda mitad, hemos estado siguiendo un mal modelo energético, y en la actualidad las cosas no han mejorado mucho, de forma que a día de hoy una de nuestras asignaturas pendientes es justamente esa, el conseguir la transición hacia un modelo energético sostenible

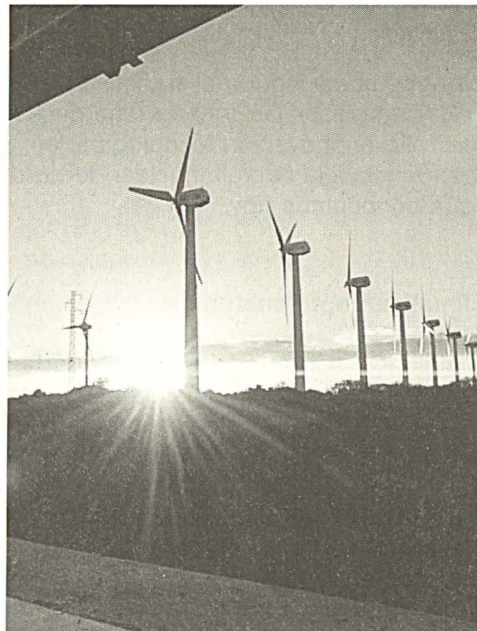
El modelo de desarrollo que predomina en las sociedades del primer mundo, y al que aspiran los países en desarrollo y del tercer mundo, se basa en el crecimiento económico y en la mejora constante de las condiciones de vida de los ciudadanos. Sin embargo este modelo, basado en un crecimiento constante, plantea algunos interrogantes de cara al futuro:

- ¿Existen, son conocidos y están, o estarán, disponibles los recursos suficientes para asegurar la viabilidad de este modelo de desarrollo en el conjunto del planeta?
- ¿Cuánto tiempo más resistirá el medio ambiente la creciente presión a que se ve sometido como consecuencia del mantenimiento de nuestro actual modelo energético?
- ¿Cuál será el precio que nos impondrá el Sistema Climático, a través de sus Subsistemas (atmósfera, hidrosfera, litosfera, biosfera y criosfera) en su búsqueda constante del equilibrio?

El modelo de crecimiento y el aumento del bienestar de la humanidad dependen en gran medida del suministro energético. Por eso, uno de los objetivos principales de la política energética es asegurar el suministro, asegurando además que este suministro sea de calidad, al mínimo coste posible y respetuoso con el medio ambiente. En este sentido la planificación energética juega un papel clave.

Por otro lado el fomento del ahorro y de la eficiencia energética es la estrategia que se puede aplicar de forma más inmediata y que puede representar un impacto mayor en la optimización del consumo, permitiendo reducir nuestras necesidades energéticas. Por eso es imprescindible que nos replanteemos el actual modelo de sociedad, incidiendo en los usos y hábitos energéticos, para conseguir obtener el máximo provecho de las tecnologías existentes e incorporar progresivamente las mejores tecnologías disponibles.

Además es importante impulsar el uso de tecnologías limpias y eficientes como son las fuentes energéticas renovables. Sin embargo no todas las energías renovables se encuentran en el mismo punto de evolución ni de madurez tecnológica.



Opciones energéticas con la mirada puesta en la meteorología y el clima

La energía renovable no contamina, pero ¿es viable pensar en un suministro energético «renovable»? Por el momento, la energía hidroeléctrica suministra un 24% de toda la electricidad mundial, y es utilizada por más de mil millones de personas. Otras tecnologías de energía renovable representan tan sólo un 2% de toda la energía mundial, aunque algunas están creciendo rápidamente; por ejemplo, el mercado eólico está en rápida expansión. Entre 1998 y 2002, creció en promedio un 33% anual, y su potencial es enorme. Para escoger la ubicación de un parque eólico, son consideraciones importantes la dirección dominante del viento, su valor de umbral y su constancia; así, aunque los vientos sean en un lugar relativamente flojos, si soplan allí con regularidad a lo largo del año, el lugar será un buen candidato para formar parte de una red eléctrica. Las explotaciones eólicas pueden beneficiarse de las predicciones de viento a corto y medio plazo para estimar su régimen de potencia y para optimizar el rendimiento.



La energía solar se muestra también prometedora, dado que el mercado de módulos fotovoltaicos, con ser reducido, aumenta a un ritmo del 30% anual. Los módulos fotovoltaicos, o los colectores solares térmicos, encuentran su aplicación óptima en lugares de insolación elevada y relativamente constante a lo largo del año. Esta tecnología podría por tanto tener un gran potencial en algunas de las regiones menos desarrolladas del mundo, que cumplen bien las condiciones anteriores.

Por último, las tecnologías asociadas con el aprovechamiento de la biomasa, con materiales tales como los residuos agrícolas, ganaderos o forestales, están claramente en ascenso. De hecho, la biomasa es en la actualidad la fuente de energía sostenible más utilizada en el mundo, y aunque la quema de material vegetal arroja dióxido de carbono a la atmósfera, las propias plantas consumen una cantidad equivalente de ese gas para su crecimiento.

Prácticamente todas las tecnologías renovables aprovechan la energía de los fenómenos y recursos naturales, por lo que son, inevitablemente, muy sensibles a las variaciones meteorológicas o del clima. Los vientos huracanados, por ejemplo, pueden causar

estragos en los parques eólicos, mientras que la sequía puede dejar inactivas las plantas hidroeléctricas. Por el contrario, un incremento de las horas de sol despejado y por tanto de la irradiación solar, podría favorecer la utilización de la energía solar.

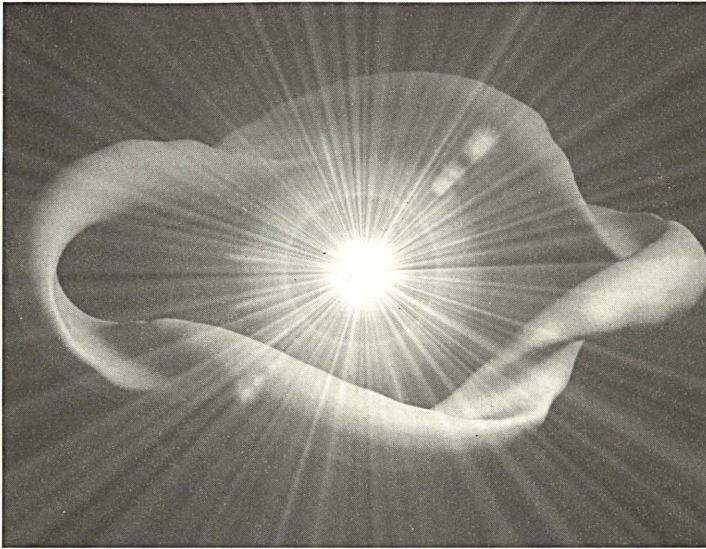
Una de las principales causas del deterioro del medio ambiente y del cambio climático es la generación de energía a gran escala a partir de combustibles fósiles. Ante este hecho, hemos de ser conscientes de que las mal llamadas energías alternativas (solar, eólica, biomasa, minihidráulica, geotérmica, etc.), son en realidad energías renovables, pero no constituyen alternativas, en el sentido de poder sustituir a las energías convencionales actuales. Podemos y debemos hacer el mayor uso posible de estas energías renovables, junto con el principio básico que debe presidir toda política energética, el máximo ahorro y la optimización del rendimiento de los equipos convencionales. Pero, por el momento al menos, la única fuente alternativa de energía que se vislumbra es la fusión nuclear, capaz, al menos en teoría, de suministrar considerables cantidades de energía, sin imponernos indeseables efectos secundarios, o al menos no muchos, ni muy graves, ni muy duraderos, que hipotequen el futuro. De momento pues, la más importante fuente de energía alternativa a medio y largo plazo, que puede solucionar gran parte de nuestros problemas en este campo es la fusión nuclear. Por tanto, parece adecuado en este marco dedicar unas líneas a esa esperanza.

La fusión nuclear una esperanza real

La fusión nuclear es el proceso mediante el cual los núcleos ligeros se fusionan para formar núcleos más pesados. Este es el proceso que genera la energía del sol y de las estrellas. Desde que la ciencia se dio cuenta por primera vez, en los años veinte del siglo pasado, cual era el verdadero origen de la cantidad ingente de energía que radia el sol, ha sido un sueño de la humanidad aprender a controlar esta fuente de energía en la tierra. Al inicio de los estudios de la fusión nuclear se predijo que un reactor basado en la fusión podría entrar en funcionamiento en unos veinte años, pero esta estimación se ha mostrado demasiado optimista. Actualmente los conocimientos sobre esta fuente de energía limpia y prácticamente inagotable son mucho más detallados.

En un reactor de fusión se fusionan (se unen) núcleos de átomos ligeros (isótopos de hidrógeno), liberando mucha energía en el proceso. La reacción de fusión se produce a temperaturas extremas, del orden de los 150 millones de grados centígrados. Cuando se calienta la materia a estas temperaturas, se encuentra en el estado de plasma, que es el término que se usa para un gas caliente de partículas cargadas eléctricamente (iones). Un plasma se puede contener (o «confinar») en un reactor en forma de anillo, donde la fuerza continente la ejercen unos campos magnéticos, para así evitar que el plasma caliente se enfríe al tocar la vasija que lo rodea. La energía que se libera en las reacciones de fusión puede usarse para generar electricidad o para (por ejemplo) fabricar más hidrógeno.

La fusión como método de generación de energía tiene importantes ventajas medioambientales y de seguridad. Ya que la reacción de fusión no es una reacción en cadena, no es posible por tanto que se pierda el control de la misma, como podría ocurrir, al menos en teoría, en los actuales reactores de fisión nuclear. En un reactor de fusión, en cualquier momento se puede parar la reacción, cerrando sencillamente el suministro de combustible. Esa materia prima para combustible, deuterio y litio, está disponible en cualquier parte, y en cantidad suficiente como para poder garantizarnos la generación de energía durante millones de años. Además, en el proceso de la fusión no se generan gases que contribuyan al efecto invernadero. La reacción en sí sólo produce helio, un gas



no nocivo, tan inocente e inofensivo que es utilizado por ejemplo para el inflado de los globos de los niños.

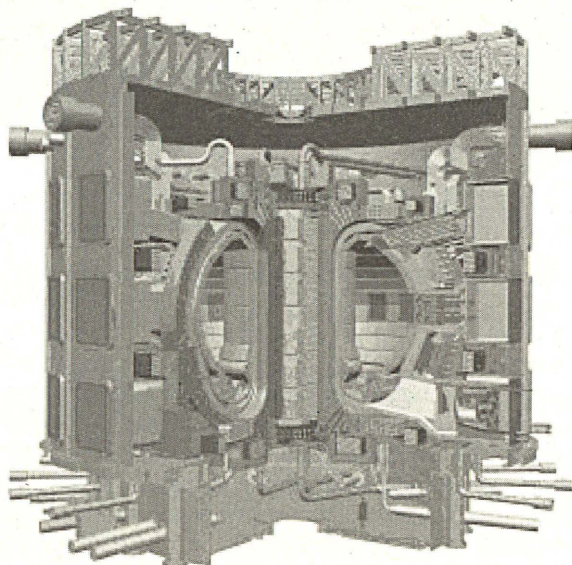
En la realidad las cosas no suelen ser nunca absolutamente idílicas, perfectas e inocuas, de forma que también aquí hay que citar algunos aspectos no deseables del todo, si bien al compararlos con la actual fisión nuclear, resultan casi beatíficos. El aspecto de seguridad más importante de un reactor de fusión es la presencia de tritio, un gas radioactivo que se produce dentro del reactor mismo a partir de litio. Debido a esto, no hay necesidad de transportes de material radioactivo desde fuera hacia el reactor. La cantidad de tritio que se necesita en cada momento es muy pequeña, por lo que una central basada en este principio nunca debería contener una gran cantidad del mismo. Por otra parte, la pared del reactor de fusión, expuesta a las radiaciones provenientes del plasma, sí se vuelve radioactiva después de un tiempo, pero la mayor parte de esta radioactividad desaparecerá en un plazo de unos cincuenta años, de tal modo que los reactores de fusión no suponen una carga para las generaciones futuras, que podrán olvidarse de la pesadilla que suponen los residuos radiactivos procedentes de nuestras centrales actuales; aunque siempre tendrán más o menos lejos, pero cerca, los cementerios nucleares que nuestra generación les dejará como herencia maldita.

La meta de la investigación internacional en el campo de la fusión es diseñar un prototipo de central de generación de energía de fusión, que cumpla con los requisitos de la sociedad: a saber, que sea seguro, fiable, sostenible, sin dañar el medio ambiente y económicamente viable. En los últimos años se ha avanzado de manera importante en cuanto al conocimiento científico y técnico necesario en este campo.

El experimento Joint European Torus (JET), cerca de Oxford en el Reino Unido, es el mayor experimento de fusión en el mundo. JET es capaz de funcionar con los combustibles de los centrales de fusión futuros, concretamente deuterio y tritio. Así, en 1997 JET produjo 16 MW de energía proveniente de la fusión, lo cual sigue siendo el record mundial. El experimento JET es muy adecuado para probar los materiales que se usarán para

construir la pared de la cámara del plasma, y para investigar el calentamiento y los métodos de medida y control en condiciones realistas para un reactor.

El siguiente paso que se tomará en el campo mundial de la investigación en fusión es el Tokamak experimental ITER. La meta de ITER es demostrar que la generación de energía por el método de la fusión es viable técnicamente y científicamente. Para tal fin, ITER debe alcanzar ciertas condiciones para poder generar unos 500 MW de energía durante un tiempo más o menos largo. El ITER producirá diez veces la energía que la que usa para ponerse en funcionamiento. En el ITER, también se harán experimentos para probar componentes y tecnologías que son esenciales para una futura central de fusión industrial.



Los actuales socios del proyecto ITER, de escala mundial, son la Unión Europea, Japón, China, la Federación Rusa, los Estados Unidos de América y Corea del Sur. Dentro del proyecto, Europa ocupa un puesto de liderazgo.

Cuatro países se ofrecieron como sede para el ITER: España, Francia, Canadá y Japón. Todos estos sitios fueron aprobados por un comité de expertos internacionales. Posteriormente, en el proceso de las negociaciones internacionales, España y Canadá se retiraron, así que la decisión quedó entre Francia y Japón, siendo finalmente Francia la seleccionada.

ITER es el camino

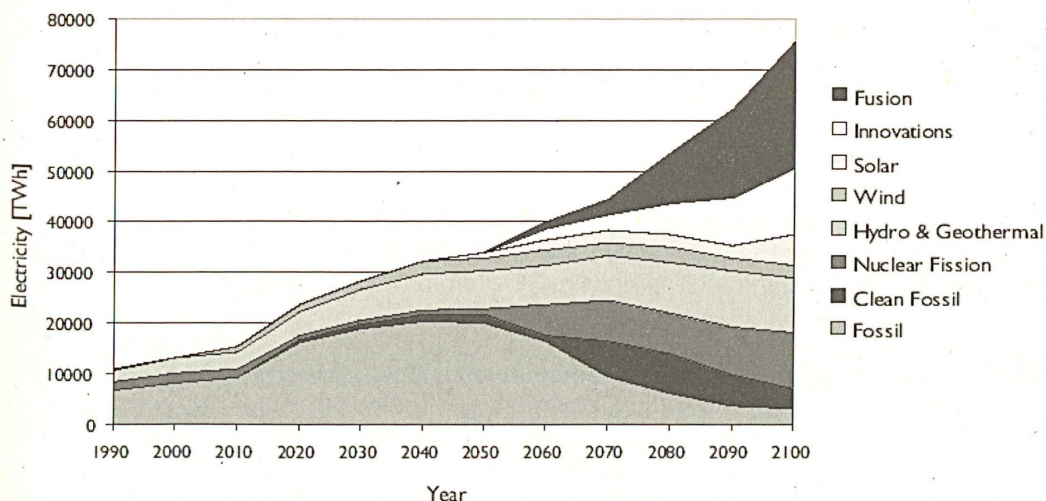
ITER (en latín significa «el camino») es el paso experimental intermedio entre los actuales estudios teóricos sobre la física del plasma y las futuras plantas de producción de electricidad mediante fusión nuclear. Se basa en plasma de hidrógeno a una temperatura

de unos 100 millones °C, lo que generará una energía de fusión de 500 MW. Este experimento, que ya es una realidad en marcha es el camino, o al menos es uno de los caminos, que nos permitirá llegar a la deseable meta del abastecimiento energético climáticamente sostenible.

Técnicamente el proyecto está listo, y su construcción ha comenzado en Cadarache, cerca de Aix-en-Provence (Francia), esperándose que la primera operación del nuevo reactor tenga lugar hacia el año 2016, si bien la entrada en fase de operación comercial de este tipo de centrales no llegará hasta mediados de siglo.

Admitiendo, como parece razonable a la vista de los estudios realizados, que la fusión nuclear se constituya como una fuente real de energía sostenible a mediados del siglo XXI, cave pensar que su cuota de participación en la demanda energética crecerá rápidamente a partir de su entrada en el mercado. Se prevé que para final de siglo este tipo de energía cubrirá un tercio de las crecientes necesidades mundiales, lo que en términos absolutos equivaldría a más del consumo total actual, pero en términos relativos, atendido un tercio, nos quedarán por atender los otros dos tercios de la demanda.

Las cuestiones con las que ahora nos enfrentamos son por una parte, a largo plazo, resolver ese problema que se plantea para poder atender los dos tercios de la demanda no satisfecha con la fusión, lo que en términos absolutos supondrá para fin de siglo una cifra del orden de seis veces el consumo total actual, y ello en unas condiciones de contorno de combustibles fósiles extinguidos o en fase de extinción, y con un medio ambiente que, en el mejor de los casos estará seriamente tocado, incluso suponiendo que se adopte uno de los escenarios más blandos de entre los manejados por el IPCC (Panel de Expertos sobre el Cambio Climático), lo cual por cierto tal vez sea mucho suponer. Pero, por otra parte, a corto y medio plazo, hasta que la fusión nuclear entre en escena, no parece que tengamos más alternativa que en primer lugar el cumplimiento, lo más estrictamente posible, de los acuerdos establecidos en el Protocolo de Kyoto y en segundo lugar el apoyo decidido a la I+D+i en el ámbito energético, para tratar de encontrar cuanto antes lo que los expertos llaman «innovaciones energéticas», que puedan ayudarnos a resolver, o al menos suavizar, el conflicto: suministro energético frente a desarrollo climáticamente sostenible.



En nuestros días, unos 2.000 millones de personas carecen de acceso a la energía eléctrica y, a medida que sus países se desarrollen, su necesidad de energía para escuelas, hogares, hospitales, industrias, explotaciones agrícolas, etc., aumentará hasta duplicarse de aquí al 2025. La necesidad de una energía fiable y no contaminante es, simple y llanamente, urgente.

Conclusión

Conseguir un desarrollo climáticamente sostenible implica asumir un modelo energético sostenible, lo que pasa inexorablemente por realizar un cambio social. En la actualidad, alrededor del 25% de la población mundial consume casi el 80% de la energía total. Las estadísticas muestran que 1.200 millones de personas que viven en el mundo desarrollado emiten unas 3 toneladas de carbono per cápita. Mientras que, en claro contraste con lo anterior, 4.400 millones de personas que viven en el mundo en desarrollo, emiten apenas 0,5 toneladas de carbono per cápita.

Es evidente que los países en vías de desarrollo tienen pleno derecho a conseguir ese desarrollo para sus habitantes, pero también resulta evidente que, si no queremos que cometan nuestros mismos errores, corregidos y aumentados, necesitan que se les facilite capacidad financiera, tecnológica e institucional para hacer frente a este tema. Por lo tanto, si bien resulta claro que el cumplimiento de los acuerdos establecidos en el Protocolo de Kioto es una condición necesaria, ya veremos si también suficiente, para conseguir un desarrollo climáticamente sostenible; al mismo tiempo, resulta claro también que los mecanismos de financiación previstos en el Protocolo son de vital importancia para el cumplimiento de los objetivos del mismo.

La salud del planeta a medio y sobre todo a largo plazo no es posible sin la reducción mundial de las emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual a su vez no es posible sin un cambio radical en el modelo energético global.