

CAMBIO CLIMÁTICO Y ENERGÍA

Adolfo Marroquín Santoña
Meteorólogo del Estado – Doctor en Física
Miembro de la Comisión Científica de la R.S.E.E.A.P.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

1.- EL SISTEMA CLIMÁTICO

- 1.1.- El sistema climático, fundamental para entender el clima.
- 1.2.- Algunos aspectos del cambio: Pasado, presente y futuro.
- 1.3.- Impactos de la variabilidad del clima
- 1.4.- Un enfoque integrado

2.- UN CLIMA CAMBIANTE EN UN MUNDO CAMBIANTE

- 2.1.- Anatomía del clima
- 2.2.- Desastres meteorológicos y cambios climáticos
- 2.3.- Tormentas, inundaciones, corrimientos de tierra y avalanchas
- 2.4.- Sequía y desertificación
- 2.5.- Olas de calor
- 2.6.- Agotamiento del ozono
- 2.7.- Seguimiento de las condiciones meteorológicas
- 2.8.- El agua en el mundo

3.- ACTUACIONES ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIÓN EUROPEA

- 3.1.- Sistemas de energía sostenibles
- 3.2.- Transporte de superficie sostenible
- 3.3.- Pilas de combustible

4.- RIESGOS NATURALES DE ORIGEN CLIMÁTICO

- 4.1.- Riesgo de crecidas fluviales
- 4.2.- Riesgo de inestabilidad de laderas
- 4.3.- Riesgo de incendios forestales
- 4.4.- Sector energético
- 4.5.- Salud humana

5.- LA ENERGÍA ES EL PROBLEMA Y LA SOLUCIÓN

- 5.1.- Desarrollo energético climáticamente sostenible
- 5.2.- Opciones energéticas con la mirada puesta en la meteorología y el clima
- 5.3.- La fusión nuclear una esperanza real
- 5.4.- ITER es el camino

CONCLUSIONES, bibliografía y sitios Web de interés.

INTRODUCCIÓN

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 claramente 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”.

Los recursos energéticos conocidos son limitados y finitos por lo que debemos administrarlos cuidadosamente para optimizar su rendimiento y obtener los mejores resultados posibles, siempre dentro del marco de referencia del desarrollo climáticamente sostenible. Conseguirlo pasa no solo por fomentar las tecnologías energéticas más limpias y eficientes, si no por materializar cambios profundos en nuestro modelo de sociedad.

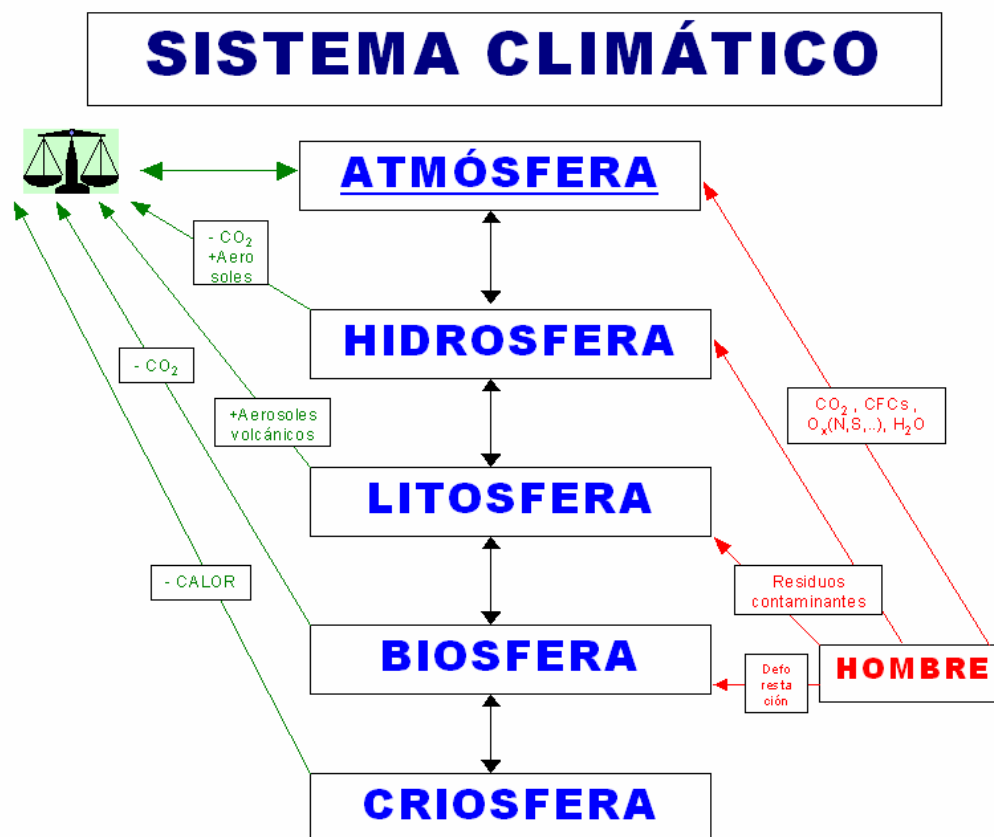
Ahora bien, para asegurar el desarrollo sostenible, es necesario que el conjunto de la sociedad apoye este cambio y que se tomen las decisiones a corto y medio plazo, de manera coherente, teniendo claro el objetivo a largo plazo, y aplicando, en cada momento, las mejores soluciones disponibles en un 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 búsqueda de nuevas fuentes de energía o a la optimización del uso de la que tenemos disponible, así como, de forma especial, a la energía nuclear de fusión, única fuente energética realmente alternativa que conocemos hoy

1.- EL SISTEMA CLIMÁTICO

1.1.- El sistema climático, fundamental para entender el clima.

El concepto de clima no debe asociarse sólo a la atmósfera, que no es más que uno de los subsistemas del sistema climático conjunto, constituido, además de por la propia atmósfera, por la hidrosfera (mares, océanos, etc.), la litosfera (superficie terrestre), la criosfera (conjunto de los hielos del planeta) y la biosfera (conjunto de los seres vivos, incluido el hombre). Todos estos subsistemas interaccionan permanentemente, de forma que cualquier cambio en uno de ellos influye, directa o indirectamente en los demás, dando lugar a cambios inducidos, cambios que a su vez dan lugar a nuevas interacciones, y así sucesivamente, de manera que el sistema en su conjunto está siempre sometido a procesos dinámicos de búsqueda del equilibrio.



Los elementos del clima asociados al subsistema atmósfera (temperatura, presión, precipitación, viento, etc.) se vienen observando con precisión y regularidad, registrando sus valores, desde hace aproximadamente dos siglos, mientras que las observaciones de elementos asociados a otros subsistemas climáticos han sido escasas y, con frecuencia, de muy dudosa

fiabilidad. Prácticamente es la puesta en órbita de los satélites de observación lo que dio lugar a la consideración del sistema climático como un conjunto único, cuyos elementos son interdependientes. El hecho de no poder disponer de datos fiables simultáneos de todos los elementos durante un período suficientemente largo, es uno de los principales obstáculos para poder estudiar el clima en profundidad.

Toda la dinámica del clima, está sostenida por la energía solar que recibimos continuamente. El Sol aporta 1.367 W/m^2 (constante solar) en las llamadas condiciones AM0, lo que significa fuera de la atmósfera y en un plano perpendicular al de incidencia de la radiación. Este aporte energético supone una disponibilidad media “permanente” de 342 W/m^2 en toda la superficie de la Tierra. Parte de esta energía es capturada por la superficie terrestre y otra parte es reflejada hacia el exterior por la atmósfera (nubes, aerosoles, etc.) o por la propia superficie terrestre. Para establecer y mantener el equilibrio energético, la Tierra debe emitir tanta energía como la que absorbe del Sol.

Dado que la atmósfera es prácticamente transparente a la radiación solar incidente, no la absorbe directamente, sino que esa radiación alcanza el suelo que se calienta, y es la radiación emitida por la superficie terrestre, que es de onda larga, la que sí es absorbida y reemitida a su vez por la atmósfera. Este fenómeno, llamado efecto invernadero natural, provoca el calentamiento de la atmósfera en sus capas bajas; y los gases que lo producen se denominan, comúnmente, "gases de efecto invernadero" (GEI). Gran parte de estos gases (vapor de agua, dióxido de carbono, monóxido de nitrógeno, metano, ozono, óxido nitroso, etc.) son componentes naturales de la atmósfera. Por tanto, el efecto invernadero es un fenómeno natural y, de hecho, gracias a él es posible la vida en la Tierra.

1.2.- Algunos aspectos del cambio: Pasado, presente y futuro.

Como consecuencia de alteraciones en el balance energético, el clima está sometido a variaciones en todas las escalas temporales, desde decenios a miles y millones de años. Entre las variaciones climáticas más destacables que se han producido a lo largo de la historia de la Tierra, figura el ciclo de unos 100.000 años, de períodos glaciares, seguido de períodos interglaciares.

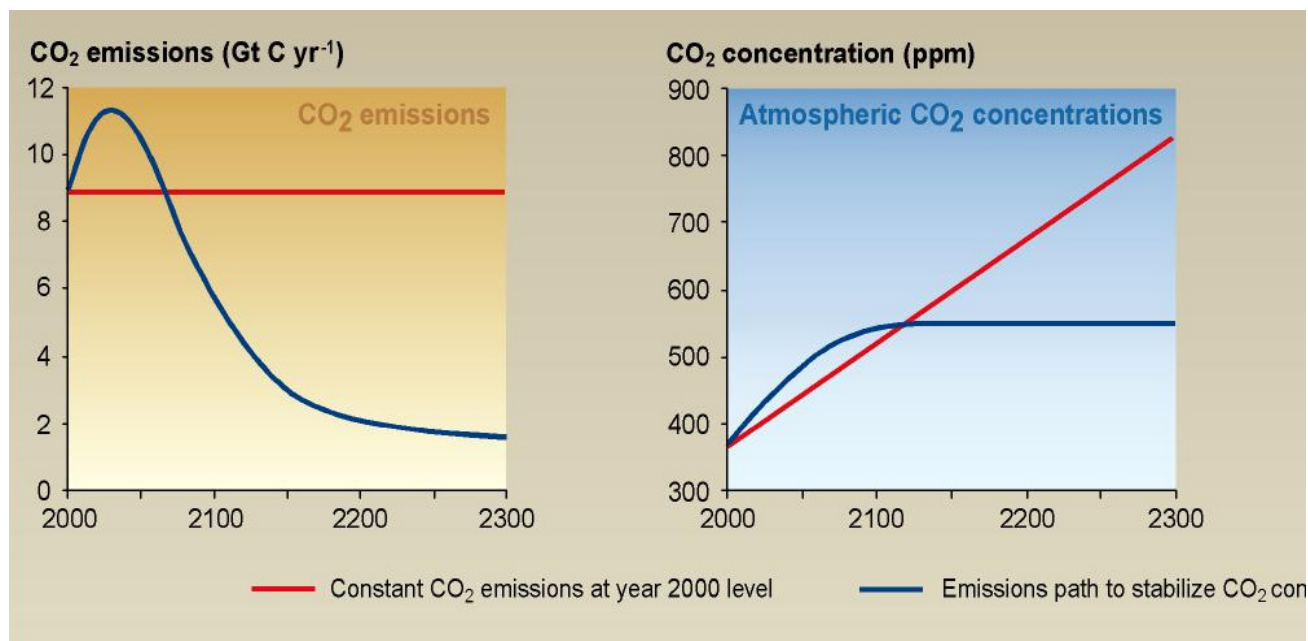
Es suficientemente conocido y admitido que el clima ha estado cambiando continuamente a través de los tiempos, desde hace millones de años, por lo que hablar de “cambio climático” como algo nuevo, o como algo que hay que probar que está ocurriendo, no tiene en realidad mucho sentido. Otra cosa es si ese cambio lo referimos a la unidad de tiempo, porque lo que sí parece ser novedad, respecto a los continuos cambios climáticos del pasado, es el hecho de que ahora las cosas están cambiando mucho más deprisa que en períodos anteriores. La incertidumbre surge al tratar de cuantificar, con cifras exactas, o al menos muy aproximadas, la magnitud de los cambios esperados para las variables meteorológicas fundamentales, en concreto la temperatura y la precipitación.

Los cambios en el clima derivados de la actividad humana son debidos a la intensificación del efecto invernadero natural, al aumentar la concentración atmosférica de los gases radiativamente activos y provocar lo que se conoce como un forzamiento radiativo. Cerca del 60% de este forzamiento es debido al CO_2 , en tanto que el CH_4 contribuye en un 15%, el N_2O en un 5%, mientras que otros gases y partículas, como el ozono, los FCCs y HFCs, etc., contribuyen con el 20% restante.

En el pasado también ha habido alteraciones en la concentración atmosférica de los gases de efecto invernadero que han originado profundos cambios climáticos. Sin embargo, la diferencia fundamental entre estos cambios naturales y la evolución actual del sistema climático no está tanto en los procesos y sus causas, como en la velocidad a la que se producen las alteraciones, tanto en la concentración atmosférica de los gases de efecto invernadero como en el clima.

Para acercarse al fondo del problema del cambio climático y entender la necesidad de

establecer un compromiso global que conduzca a la aplicación de políticas y medidas para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero, es necesario conocer también la importante relación que existe entre las emisiones y la estabilización de sus concentraciones y el largo período de tiempo necesario para alterar, aunque sea ligeramente, las tendencias. Si centramos el análisis en el CO₂, el gas con mayor influencia en las causas del cambio climático, se comprueba que una molécula de este gas una vez emitida permanece en la atmósfera alrededor de cuatro años por término medio, antes de ser captada por un reservorio; aunque la Tierra en su conjunto necesita más de cien años para adaptarse a la alteración de sus emisiones y estabilizar de nuevo su concentración atmosférica.



Así, por ejemplo, si a partir de hoy se mantuvieran constantes durante los próximos cientos de años las emisiones mundiales de CO₂, su concentración atmosférica, que actualmente es de cerca de 380 partes por millón (ppm), seguiría aumentando a lo largo de casi dos siglos. Para mantener dicha concentración por debajo de las 550 ppm (objetivo de la Unión Europea para finales del siglo XXI), las emisiones globales durante este siglo no deberían crecer, sino disminuir a lo largo de este siglo XXI y durante los siglos siguientes.

En consecuencia, aunque existen todavía incertidumbres que no permiten cuantificar con la suficiente precisión los cambios del clima previstos, la información validada hasta ahora es suficiente para aconsejar la toma de medidas de forma inmediata, de acuerdo al denominado "principio de precaución" al que se hace referencia en la Convención Marco sobre Cambio Climático. La inercia, los retrasos y la irreversibilidad del sistema climático son factores muy importantes a tener en cuenta y, cuanto más se tarde en tomar esas medidas, los efectos del incremento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero serán más y más irreversibles.

1.3.- Impactos de la variabilidad del clima

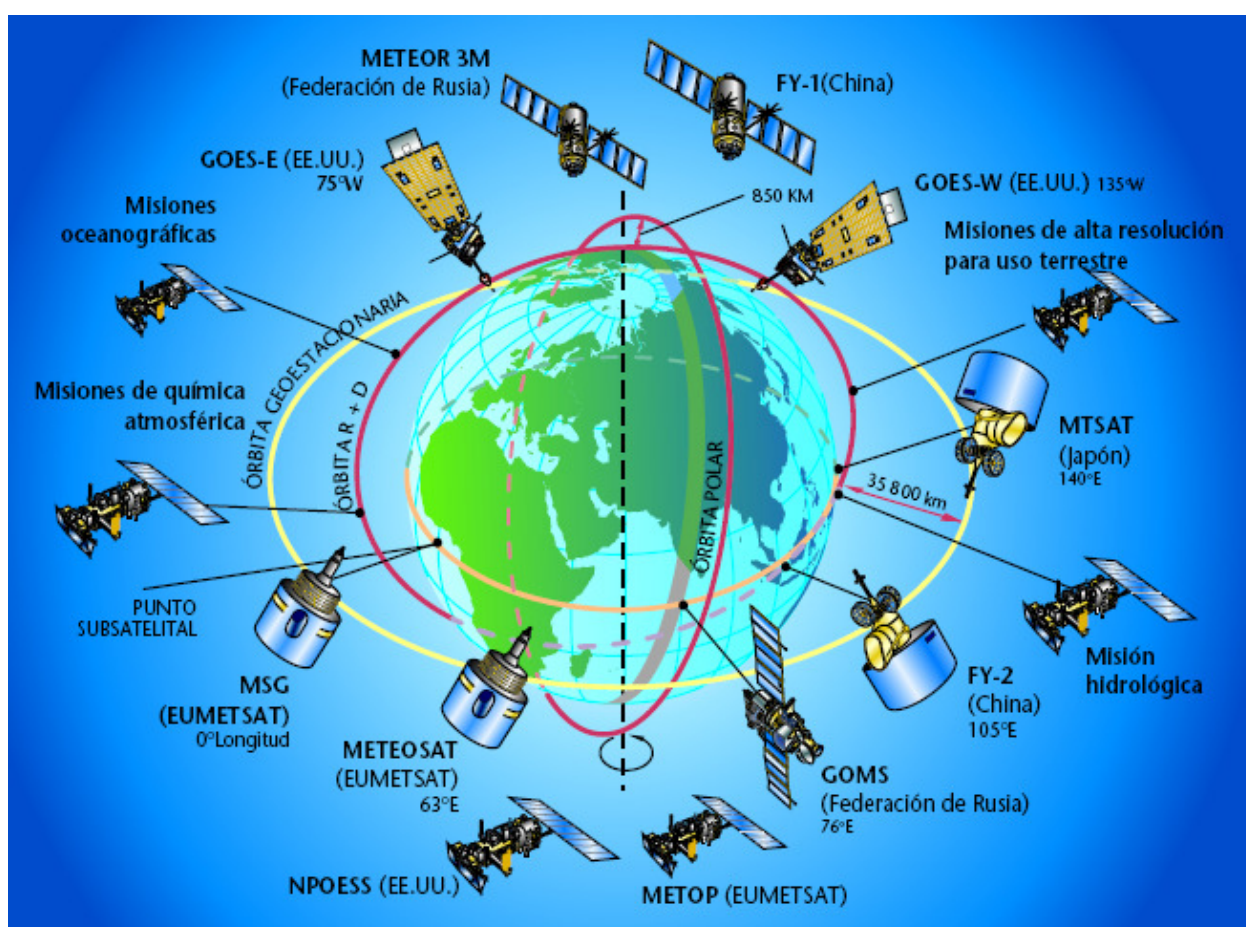
En la actualidad, en muchas zonas del mundo, grandes inundaciones se cobran vidas humanas, destruyen bienes y cultivos y desencadenan epidemias. El mar, cuyo nivel ha aumentado, inunda enclaves turísticos en pequeñas islas del Pacífico, debilitando su economía. En África, enormes extensiones de tierras áridas (asoladas por la sequía y agotadas por el pastoreo) desaparecen arrastradas por el viento. Cada vez con mayor frecuencia, los ciclones destruyen centenares de viviendas pobres en ciudades del este de Asia o, en el Caribe, obligando a evacuar a millares de personas, al tiempo que olas de calor e inundaciones siembran la desolación en Europa, América del Norte y América del Sur.

Todos estos ejemplos apuntan a una única realidad mundial: el enorme impacto de la meteorología y el clima sobre la salud y las formas de subsistencia de las personas, sobre las economías de los países y sobre el medio ambiente.

El desarrollo sostenible, que la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo definió en 1987 como “la respuesta a las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para atender a sus propias necesidades”, es la gran asignatura pendiente de nuestro tiempo.

1.4.- Un enfoque integrado

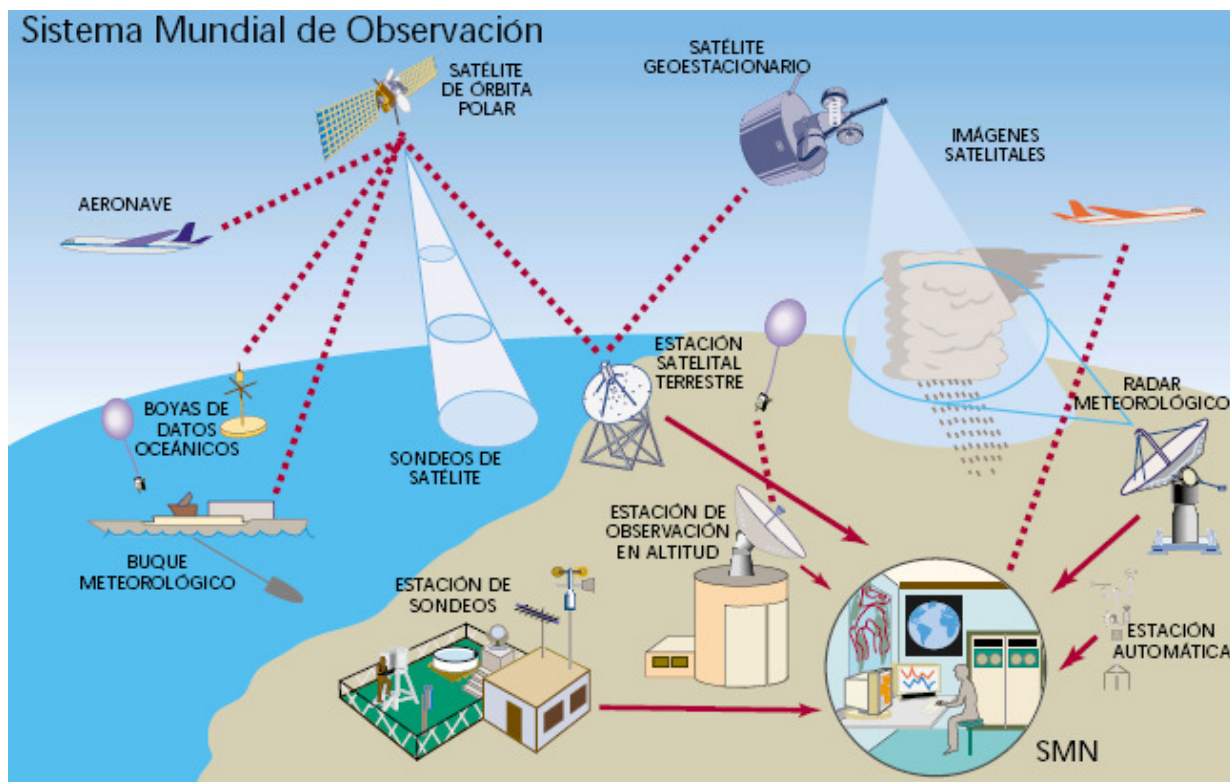
No es sorprendente que la gestión del medio ambiente sea actualmente considerada como un factor integral del desarrollo sostenible. Afrontando los riesgos mediante la prevención, la mitigación y la preparación (vigilando eficazmente los riesgos, controlando la planificación, promulgando leyes, haciendo un uso apropiado de la tierra y del agua, y luchando contra la contaminación) se da prioridad a los esfuerzos en pro del desarrollo.



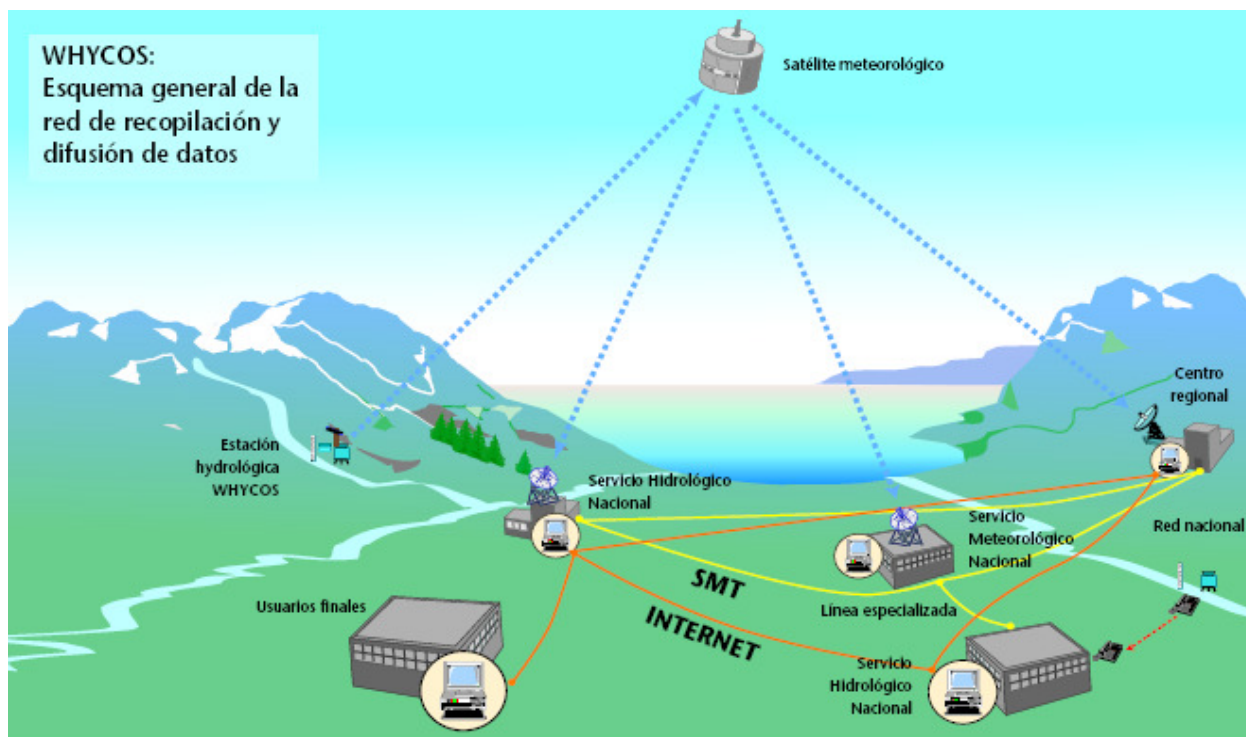
Una población que utiliza sensatamente los combustibles de origen fósil y que se orienta hacia las energías renovables puede aspirar a frenar los efectos del cambio del clima. En última instancia, las personas que protegen el medio ambiente estarán salvaguardando sus propios medios de subsistencia y sus propias vidas.

Las observaciones de la Tierra y de su atmósfera son esenciales para llegar a la sostenibilidad, ya que ayudan a alejar los efectos de algunos de los principales peligros para la humanidad: la pérdida del ozono estratosférico, el calentamiento del planeta, el aumento del nivel del mar, la contaminación del aire y del agua, las crecidas, la sequía, la desertificación, la deforestación, y la pérdida de diversidad biológica.

En la actualidad, el Sistema Mundial de Observación de superficie comprende unas 10.000 estaciones automáticas y manejadas por el hombre, 1.000 estaciones de aire en altura, 100 boyas fondeadas y 600 a la deriva y cientos de radares meteorológicos.



Además, unos 3.700 barcos ofrecen datos de observación de forma voluntaria, mientras que unos 3.000 aviones comerciales ofrecen más de 70.000 observaciones diarias. Los datos adquiridos se enriquecen enormemente con los de la constelación de más de 10 satélites meteorológicos, de órbita polar y geoestacionarios, que vigilan permanentemente la Tierra.



Por otra parte, la OMM (Organización Meteorológica Mundial) creó en 1993 el WHYCOS (Sistema Mundial de Observación del Ciclo Hidrológico), como respuesta a la preocupación

mundial por los recursos de agua dulce, las inundaciones, la sequía, la gestión del suelo y el cambio climático.

Los datos hidrológicos pueden ofrecer una señal sensible de aviso temprano del cambio climático y son un aporte importante para los modelos climáticos y para las proyecciones del cambio, la variabilidad y los efectos potenciales del cambio climático.

2.- UN CLIMA CAMBIANTE EN UN MUNDO CAMBIANTE

El clima y el tiempo han afectado siempre a la especie humana pero, si queremos comprender esas complejas relaciones recíprocas, necesitamos antes conocer los mecanismos del clima, y en qué manera el cambio podría afectarnos.

2.1.-Anatomía del clima

Cuando hablamos de clima solemos referirnos a una serie de variables meteorológicas (temperatura, precipitación, presión, insolación, viento, humedad, nubosidad, etc.), promediadas para una región dada durante cierto período de tiempo; y a eso llamamos clima. Pero el sistema climático de la Tierra es de una complejidad y envergadura mucho mayores. En él están implicados la atmósfera, los océanos, la superficie de la Tierra, la biosfera y la criosfera, todo ello combinado con la radiación solar entrante.

Considerado en su conjunto, este sistema está en equilibrio, si bien no se trata de un equilibrio estático, sino muy al contrario, el equilibrio es enormemente dinámico. Alimentándose de la energía del sol, el sistema climático mantiene en equilibrio su balance energético reemitiendo energía solar de nuevo al espacio. Ciertos gases de la atmósfera, como el vapor de agua, el dióxido de carbono y el metano, retienen parte de la energía que se refleja en la superficie del planeta, creando así el calor del efecto invernadero que hace posible la vida en la Tierra. Sin embargo, este perfecto equilibrio se ha visto perturbado durante el último siglo, en gran medida como consecuencia de algunas actividades humanas (las emisiones de los automóviles e industrias, prácticas agrícolas poco respetuosas con el medio ambiente, la creciente e incontrolada tala de bosques, etc.).

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (conocido como el IPCC, de sus siglas en inglés), patrocinado por Naciones Unidas, ha puesto de manifiesto que las concentraciones de dióxido de carbono superan actualmente en más de un 33 % a las de la época de la revolución industrial. Aún así, el cambio y la variabilidad son parte intrínseca de nuestro clima planetario. Se trata de un sistema dinámico que evoluciona durante decenios, milenios y millones de años por efecto de las alteraciones de la órbita y de la inclinación de la Tierra, los cambios en la radiación solar, las erupciones volcánicas y otros fenómenos naturales. La temperatura, el viento y la precipitación varían constantemente, adaptándose a los cambios, y en ese marco, los fenómenos extremos, como las sequías o las fuertes tormentas, son simplemente reflejos característicos de la variabilidad extrema. En nuestros días, lo que caracteriza el cambio climático es que, durante el último siglo, la rapidez y la duración del calentamiento han sido mayores que en cualquier otro período de los últimos milenios.

Los efectos sobre el medio ambiente mundial han sido notables:

- .- El nivel del mar aumentó a un promedio de hasta 2 mm/año durante el siglo XX.
- .- El hábitat de muchos seres vivos se desplazó hacia altitudes y latitudes más elevadas.
- .- En las latitudes medias y altas del Hemisferio Norte, la precipitación aumentó hasta en un 10 por ciento, acompañada de episodios infrecuentes, como crecidas en ciertas partes de Europa, mientras que las sequías se intensificaron y fueron más frecuentes en África y Asia.
- .- Los glaciares se están derritiendo más aprisa que nunca, y el hielo, tanto del Ártico como del Antártico, disminuye de espesor.

Estos cambios podrían, dificultar seriamente el avance hacia el desarrollo sostenible. Entrañan un peligro real para todos los países y, en particular, para las economías frágiles de los países en desarrollo.

2.2.- Desastres meteorológicos y cambios climáticos

En el período de 1992–2001 los desastres relacionados con la meteorología y el clima han causado la muerte de aproximadamente 622.000 personas, han afectado a más de dos mil millones de personas, han dejado a millones de personas sin hogar, han devastado tierras de cultivo y han propagado enfermedades. Desgraciadamente, se constata que este tipo de episodios son cada vez más frecuentes, habiéndose detectado que el número de desastres relacionados con la meteorología se ha triplicado en los últimos 30 años.

2.3.- Tormentas, inundaciones, corrimientos de tierra y avalanchas

Los ciclones tropicales, conocidos también como tifones o huracanes, se originan en áreas de baja presión atmosférica, sobre las aguas templadas de las regiones tropicales o subtropicales. Pueden llegar a convertirse en torbellinos gigantes de vientos devastadores y lluvias torrenciales, de hasta centenares de kilómetros de diámetro, que dejan un camino de desolación a medida que penetran en tierra firme, trayendo consigo temporales, inundaciones y tornados.

El aumento previsto de las temperaturas en la superficie del mar conducirá también a un cambio, al alza, en la intensidad y frecuencia de las tormentas tropicales.

Los corrimientos de tierra y de lodo son esencialmente crecidas semisólidas causadas, frecuentemente, por fuertes lluvias o por un deshielo rápido. La degradación del suelo es un factor importante, ya que la deforestación y la quema de matorrales hacen los suelos menos estables y propensos a agrietarse cuando se saturan. Los aludes de cieno entrañan un enorme peligro, ya que suceden sin previo aviso, y son tan densos y viscosos que pueden enterrar completamente terrenos edificadas. Las avalanchas, por el contrario, que son grandes masas de nieve y de hielo que barren pendientes inclinadas, causan muchas menos muertes cada año, ya que se producen casi siempre en regiones poco habitadas, si bien constituyen un importante peligro para algunas poblaciones, así como para los esquiadores, turistas y montañeros, durante el invierno y la primavera.



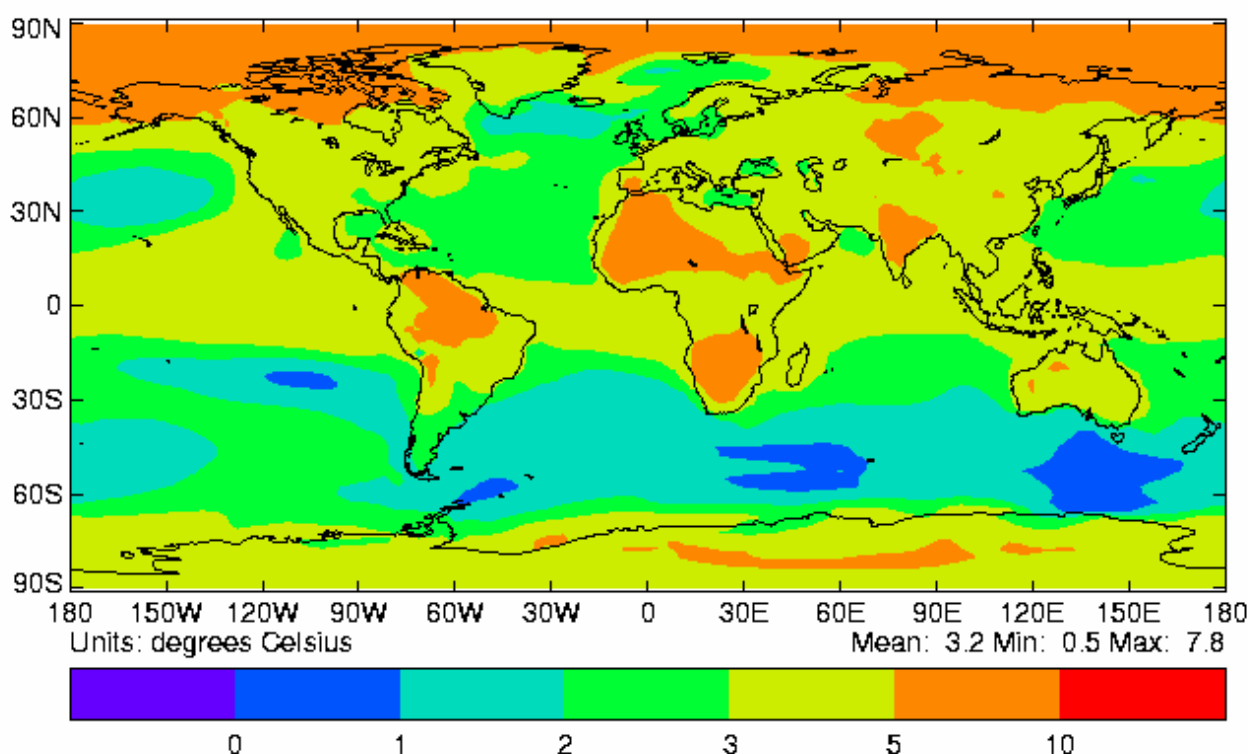
2.4.- Sequía y desertificación

Cuando las lluvias se reducen significativamente durante un largo período, por ejemplo a lo largo de toda una estación, habitualmente lluviosa, el resultado puede ser una sequía. El calor, los vientos fuertes y una baja humedad relativa pueden contribuir a incrementar su gravedad y duración.

PERÍODOS DE SEQUÍA (Q1+Q2) EN LOS OBSERVATORIOS PRINCIPALES DE EXTREMADURA			
BADAJOZ		CÁCERES	
Período de funcionamiento: (1864) 1876 a hoy		Período de funcionamiento: 1907 a hoy	
Duración/años	Período	Duración/años	Período
3	1876-1878	3	1920-1922
3	1889-1891	3	1929-1931
6 (3+3)	1894-1899	3	1944-1946
3	1929-1931	3	1948-1950
3	1933-1935	3	1973-1975
3	1944-1946	3	1980-1982
3	1980-1982	3	1990-1992
6 (3+3)	1990-1995		

Una sequía puede presentarse casi en cualquier lugar, aunque ciertas regiones son particularmente proclives a padecerlas. Las tierras áridas constituyen la tercera parte de la superficie mundial, y en ellas sólo son posibles la agricultura, el pastoreo y los asentamientos humanos si se les prestan los cuidados adecuados: el suelo es frágil, un método de explotación inadecuado puede dañarlo fácilmente, y la mayoría de las tierras áridas cultivadas corren peligro de degradarse.

Change in annual average surface air temperature from 1960–1990 to 2070–2100 from HadCM2 IS92a



La desertificación se produce cuando varias extensiones de tierra árida degradadas se funden en una sola y dan lugar a condiciones desérticas en un amplio territorio. Las tormentas de viento y de polvo pueden intensificar el proceso iniciado por los agricultores y por los pastores, erosionando gravemente los suelos y llevándose la delgada capa de suelo fértil superior que existía. Además de sus efectos directos sobre las personas, en forma de hambruna, también la diversidad biológica

puede verse afectada, y podría aumentar el calentamiento, ya que la degradación destruye la vegetación que actuaba como “sumidero” de carbono.

2.5.- Olas de calor

Las olas de calor, el aumento de las temperaturas máximas y un mayor número de días calurosos son ya una realidad. Los riesgos son notables: algunas olas de calor, asociadas a la contaminación, causan más muertes que los tornados, los terremotos o los huracanes.

Las ciudades son las más afectadas, ya que incluso un pequeño aumento de la temperatura mundial puede resultar amplificado como consecuencia del efecto de “isla térmica” urbana. En el medio urbano, el hormigón, el asfalto y los edificios altos absorben radiación solar y la transmiten al aire, mientras que una ausencia relativa de vegetación conlleva un menor enfriamiento por evaporación. En el futuro, el número de muertes por calor en los grandes núcleos urbanos puede aumentar considerablemente.

2.6.- Agotamiento del ozono

La capa de ozono protege a las plantas, a la vida marina, a los animales y a las personas de la radiación ultravioleta B (UVB) del Sol, que es perjudicial en varios aspectos. A mediados de los años 1980, el descubrimiento de un “agujero” en la capa de ozono de la estratosfera, sobre la Antártida, impulsó un gran esfuerzo de investigación sobre la química y el transporte del ozono en la atmósfera. El aumento de la radiación UV deteriora el ADN de los animales, inhibe la fotosíntesis de las plantas y daña el plancton, que constituye la base de la cadena alimentaria marina.

Posteriormente, el descubrimiento de que los clorofluorocarbonos derivados de los procesos industriales y de refrigeración, junto con otras sustancias químicas antropogénicas, eran los causantes de este catastrófico adelgazamiento de la capa de ozono impulsó la redacción del Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono (1985), y del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono (1987). El agujero de la Antártida tardará aún decenas de años en recuperarse, mientras que en Europa la disminución del ozono alcanza ya entre un 5 y un 30 %, y sigue constituyendo un importante problema de salud.

2.7.- Seguimiento de las condiciones meteorológicas

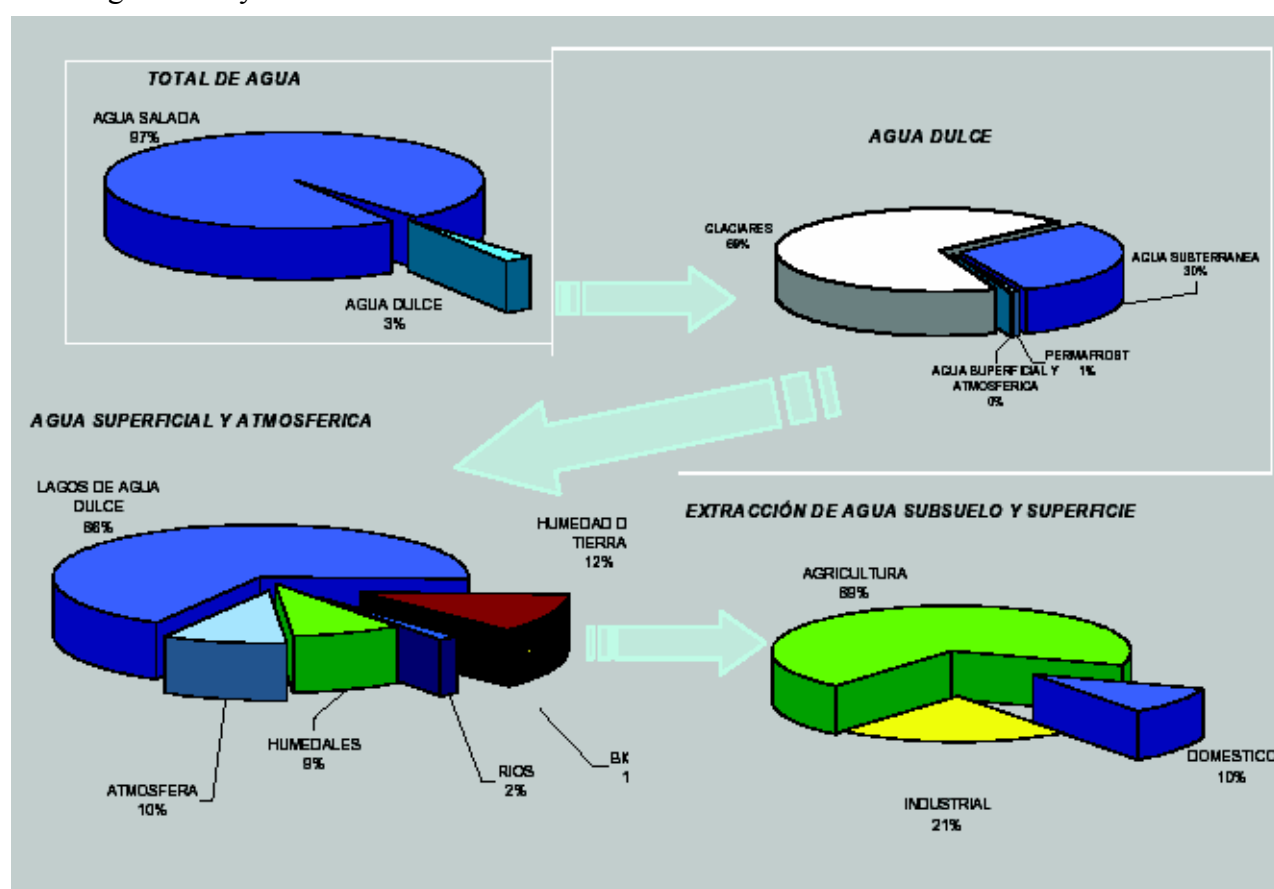
Para alcanzar el desarrollo sostenible es necesario conocer la evolución del calentamiento del planeta, del aumento del nivel del mar, de la contaminación del aire y del agua, de los fenómenos meteorológicos extremos, y de otros procesos y problemas a los que se enfrenta el mundo. Aunque nadie es capaz de controlar el tiempo, lo cierto es que, mediante observaciones exactas, predicciones con un más alto grado de precisión y un mayor tiempo de preparación podremos aumentar aceptablemente nuestra seguridad, mejorar nuestra calidad de vida y proteger eficazmente los recursos naturales.

Vivimos en un mundo de desigualdades sociales. Una de cada cinco personas sobrevive con menos de un dólar al día. En los países en desarrollo, más de mil millones de personas carecen de acceso a un agua salubre, y 2.400 millones no disponen de saneamientos básicos. Una de cada tres personas padece malnutrición. Entre tanto, el planeta está cada vez más poblado: en 2050, se ha estimado que el planeta estará habitado por unos 9 000 millones de personas, de los que más de 7.000 millones vivirán en regiones menos desarrolladas. Las repercusiones de los fenómenos meteorológicos extremos pueden ser catastróficas. Desde 1991, cerca del 98 por ciento de las muertes causadas por los desastres naturales ocurre en los países más pobres. La pobreza y los desastres son, ciertamente, una combinación mortífera.

2.8.- El agua en el mundo

No es casual que hablemos de nuestro planeta como del “planeta azul”. El agua es sinónimo de vida. Los seres humanos estamos constituidos por un 70 % de agua, y el agua es vital para los saneamientos, la agricultura, la industria y también para el medio ambiente. Sin embargo, apenas un 2,5 % de las reservas mundiales son de agua dulce, y la inmensa mayoría de ellas se encuentra en forma de hielo en la Antártida y en Groenlandia. Son, pues, los ríos, lagos, aguas subterráneas y acuíferos de baja profundidad los que constituyen las fuentes de agua utilizable de nuestro planeta. Pero su volumen en un lugar dado no se mantiene constante. Las condiciones climáticas de los meses y años anteriores, que determinan la cantidad de agua disponible en un momento dado, pueden variar, al igual que el ciclo hidrológico.

El agua, evaporada por el sol, va a parar a la atmósfera, y desde allí se precipita en forma de lluvia y de nieve. Luego se evapora rápidamente de nuevo hacia la atmósfera, se filtra hacia los lagos, ríos u océanos, o se infiltra hasta acumularse en aguas subterráneas, y esa situación cambia de un lugar a otro y de un día a otro.



Las actividades humanas afectan también al suministro de agua a través del ciclo hidrológico. Con el cambio climático, la deforestación, el regadío o la construcción de presas, estamos modificando continuamente los recursos hídricos. El enorme aumento de la demanda que se viene produciendo, pone aún más de relieve la necesidad de evaluar el potencial real de la disponibilidad y de asegurar para el futuro un suministro adecuado de agua.

La demanda del sector agrícola (en torno al 80 %), de la industria, de las plantas generadoras de energía y de otras fuentes parece hallarse en rápido ascenso, a la par que la población mundial. A medida que aumenta la demanda van apareciendo problemas medioambientales en relación con los ríos, lagos, aguas subterráneas y acuíferos.

La extracción de agua de los ríos está reduciendo el caudal de éstos y la extensión de los lagos en los que desemboca. La extracción excesiva está reduciendo los niveles de agua

subterránea, y algunos acuíferos han descendido ya decenas de metros, lo cual rebaja también el caudal de los ríos que se alimentan de las capas freáticas. Algunos acuíferos están perdiendo más agua que la que reciben de las lluvias, y esa situación es un verdadero problema en las regiones áridas con escasas perspectivas de reponer sus reservas.

La ineficacia en el uso del agua es también otro factor importante, ya que hasta un 60 % del agua utilizada para riego se escapa o se evapora antes de llegar a los cultivos; y en un 20 % aproximadamente de las tierras de regadío de todo el mundo las fugas de agua salinizan el suelo y reducen la productividad de las cosechas: los sistemas públicos de suministro de agua adolecen a menudo, en muchas zonas del mundo, de una profusión de fugas, que representa en ocasiones el 50 por ciento del total.

El inevitable resultado de las actuales pautas de uso y abuso en el suministro de agua son las situaciones límite. Se dice que un país está en una situación límite en cuanto al suministro de agua cuando consume anualmente más del 20 % de las reservas de agua renovables. En la actualidad, unos 2.000 millones de personas viven en países que no disponen ni de recursos hídricos adecuados ni de los fondos necesarios para abandonar el regadío intensivo en aras de una práctica agrícola más sostenible.

Algunos, muchos en realidad, temen que las guerras por el agua sean una realidad en el futuro. Necesitaremos más agua para que la agricultura alimente a los miles de millones de personas que van a nacer y, sin embargo, el cambio climático podría llevarnos a una disminución de las precipitaciones en las regiones que producen la mayor parte de los alimentos. A lo largo de este siglo, la mitad de la población de los países en desarrollo vivirá en las ciudades, lo cual acarreará una enorme demanda de agua en ellas. Muchas de esas ciudades tienen ya más de 10 millones de habitantes y un suministro de agua incierto. A medida que las metrópolis aumenten de tamaño y compitan por un volumen cada vez menor de agua, aumentarán las posibilidades de conflicto entre usuarios dentro de un mismo país, y entre países que compartan cuencas fluviales.

3.- ACTUACIONES ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIÓN EUROPEA

El cambio global, la seguridad energética, el transporte sostenible, la gestión sostenible de los recursos naturales de Europa y la interacción de todos estos factores con las actividades humanas son temas prioritarios en las actuaciones de la Unión Europea. El objetivo de las acciones de esta prioridad es fortalecer la capacidad científica y tecnológica de Europa de manera que pueda implantar un modelo de desarrollo sostenible, tanto a corto, como a medio y largo plazo.

3.1- Sistemas de energía sostenibles

Son objetivos estratégicos la reducción de las emisiones de gases de invernadero y de contaminantes, la seguridad del abastecimiento de energía, el incremento del uso de las energías renovables y la mejora de la competitividad de la industria europea. Para alcanzar estos objetivos a corto plazo resulta necesario un gran esfuerzo investigador para fomentar la implantación de las tecnologías que ya se están desarrollando y contribuir a transformar las pautas de demanda y los hábitos de consumo de energía mejorando la eficiencia energética e integrando la energía renovable en el sistema energético. La implantación a largo plazo del desarrollo sostenible exige asimismo un importante esfuerzo de investigación y desarrollo tecnológico para poder garantizar en condiciones económicamente atractivas la disponibilidad de energía y para superar los obstáculos que pudieran oponerse a la adopción de las fuentes de energía renovables y de nuevos sistemas y tecnologías, tales como las pilas de combustible y el hidrógeno, que son intrínsecamente limpios.

El objetivo global de la Comunidad es reducir la demanda de energía en un 18 % para el año 2010 con el fin de contribuir al cumplimiento de los compromisos contraídos por la UE en relación con el cambio climático y de mejorar la seguridad del abastecimiento de energía. Las actividades de

investigación se centrarán en particular en la llamada arquitectura bioclimática, para generar ahorros de energía y mejorar la calidad del medio ambiente, así como la calidad de vida de sus ocupantes. Se tratará de lograr el objetivo comunitario de duplicar la cuota de la cogeneración en la generación de electricidad, llevándola del 9 al 18 % para el año 2010, y a la mejora de la eficiencia de la producción combinada de servicios de electricidad, calefacción y refrigeración.

En el capítulo de los combustibles alternativos para motores, la Comisión se ha fijado el ambicioso objetivo del 20% para la sustitución de gasóleos y gasolinas por combustibles alternativos en el sector del transporte por carretera para el año 2020. Los objetivos son mejorar la seguridad del abastecimiento de energía a través de una menor dependencia de los hidrocarburos líquidos importados y hacer frente al problema de las emisiones de gases de invernadero procedentes del transporte, fomentando al máximo la generación de energía mediante los biocombustibles, el gas natural y el hidrógeno.

A medio y largo plazo, el objetivo es desarrollar fuentes de energía nuevas y renovables, así como nuevos sistemas, tales como por ejemplo el hidrógeno, que sean a la vez asequibles y limpios y puedan integrarse bien en un contexto de oferta y demanda de energía sostenible a largo plazo, tanto para aplicaciones estacionarias como para el transporte. Además, el mantenimiento del uso de los combustibles fósiles en un futuro previsible exige contar con soluciones económicas para la eliminación del CO₂. El objetivo es seguir reduciendo las emisiones de gases de invernadero una vez rebasada la fecha del 2010 establecida en Kioto.

En cuanto a las pilas de combustible, incluidas sus aplicaciones, representan una tecnología emergente que se espera sustituya a largo plazo a buena parte de los actuales sistemas de combustión en la industria, los edificios y el transporte por carretera, ya que posee un rendimiento superior, contamina menos y podría resultar más económica. Las actuaciones se centrarán en la producción rentable y limpia de hidrógeno; infraestructura del hidrógeno, incluido el transporte, la distribución, el almacenamiento y la utilización.

3.2.- Transporte de superficie sostenible

La Unión Europea prevé un incremento de la demanda de transporte para el 2010 del 38 % en el caso de las mercancías y del 24 % en el de los pasajeros (tomando como referencia el año 1998). Las redes de transporte ya congestionadas tendrán que absorber el tráfico adicional y, de confirmarse la tendencia, es probable que aumente la proporción absorbida por los modos menos sostenibles.

Las actuaciones deben ir encaminadas a reducir la contribución del transporte de superficie (ferrocarril, carretera, navegación) a las emisiones de CO₂ y otras emisiones peligrosas para el medio ambiente. Deben implantarse sistemas de propulsión de alta eficiencia y sus componentes, basados en combustibles alternativos y renovables, teniendo en cuenta la infraestructura de alimentación de combustible; desarrollo de sistemas de propulsión y sus componentes de emisión nula o casi nula, en particular integrando las pilas de combustible, la combustión de hidrógeno y su infraestructura de alimentación en el sistema de transporte; conceptos integrados para un transporte urbano limpio y un uso racional del automóvil en entornos urbanos.

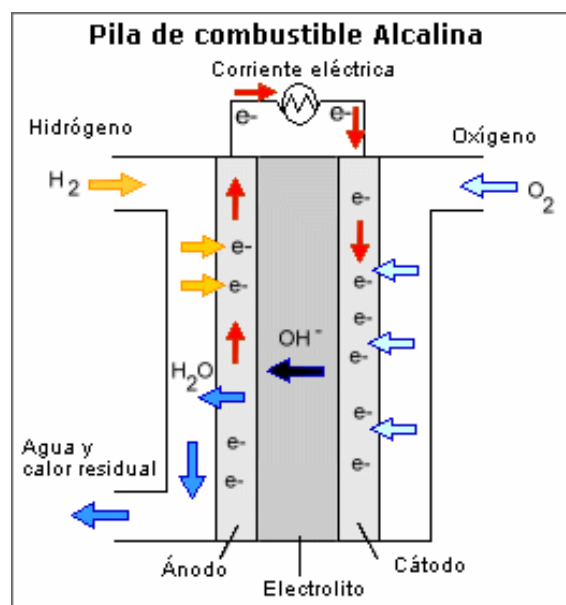
3.3.- Pilas de combustible

Dado que en la actualidad, la mitad de la energía de la UE se importa, y se calcula que el porcentaje aumentará hasta un 70 % en el 2030, se entiende que la UE haya apostado fuertemente por las soluciones al problema del suministro energético. Una de las líneas que presenta mayor interés para el corto y medio plazo es el de las pilas de combustión, que, entre otras muchas ventajas, tiene la de ser una solución energética sostenible para procesos que requieran descentralización y movilidad, como es el caso de todo tipo de vehículos.

Las pilas de combustible generan electricidad al combinar, en reacciones electroquímicas, hidrógeno y un oxidante (oxígeno o aire), siendo el residuo generado agua. En principio, las pilas no son una alternativa a generadores de energía como tales, puesto que el hidrógeno hay que producirlo y el proceso puede no ser barato en términos energéticos, pero se espera que las pilas resulten muy útiles como alternativa de almacenamiento energéticos para cualquier dispositivo no conectado a la red eléctrica. Los vehículos son, indudablemente, el gran objetivo de los expertos, ya que la sustitución de los combustibles fósiles por el hidrógeno conllevaría importantes ventajas tanto en el ámbito medioambiental como en el económico.

Como decíamos, el hidrógeno no es un combustible que exista como tal en la naturaleza, no obstante, se puede obtener fácilmente a partir del agua, eso sí, con un aporte de energía externo (la energía solar sería perfecta en este marco). El hidrógeno es por tanto un combustible de los que llamamos "secundarios", un vector energético, y como tal, será tan verde o ecológico como la energía que se haya empleado en generarlo. En otras palabras, el hidrógeno generado con electricidad de una central térmica podría servir para reducir la contaminación local en áreas urbanas pero no para reducir la contaminación global, y tampoco se podría considerar como parte de un proceso energético eficaz; todo lo contrario podría decirse si el hidrógeno ha sido generado en base a la utilización de energía solar. Las pilas de combustible serán por tanto piezas clave pero integradas en un nuevo esquema energético que debe incluir además generación a partir de energías renovables, en una sociedad que debe ir controlando, por su propio bien, su adicción al petróleo y otros combustibles fósiles.

El esquema de la estructura y funcionamiento de una pila de combustible es el siguiente: El hidrógeno fluye hacia el ánodo donde un catalizador como el platino facilita su conversión en electrones y protones (H^+); éstos atraviesan la membrana electrolítica para combinarse con el oxígeno y los electrones en el lado del cátodo (una reacción catalizada también por el platino). Los electrones, que no pueden atravesar la membrana de electrolito, fluyen del ánodo al cátodo a través de un circuito externo y alimentan nuestros dispositivos eléctricos. Para aplicaciones de potencia se apilan muchas de estas unidades para formar la pila de combustible, cuya capacidad para suministrar energía aumenta en proporción al número de unidades apiladas.



La posibilidad de trabajar a temperaturas más elevadas permitiría sustituir el platino, material extremadamente caro, usado como catalizador de las reacciones de electrodo, indicadas más arriba, por otros catalizadores más baratos, contribuyendo decisivamente al abaratamiento y a la generalización de esta tecnología. Otros avances en los que se trabaja actualmente incluyen el desarrollo de catalizadores más eficientes para la reducción del oxígeno, así como el diseño de métodos seguros y eficaces de almacenamiento del combustible, es decir del hidrógeno. Esta combinación Pila de combustible – Hidrógeno, se piensa que puede ser la base de futuros sistemas de energía descentralizados, en los que una familia obtenga toda la energía que precise para su hogar.

Por otra parte, en España circulan desde hace algún tiempo autobuses propulsados por pilas de combustible, y los prototipos de vehículos de las marcas comerciales más conocidas, comienzan a salir a la calle, en espera de que se cumplan las previsiones a 50 años vista del cambio de la economía del petróleo a la del hidrógeno y que los altos precios del kilovatio y de la tecnología sigan bajando al ritmo exponencial de la actualidad.

Un futuro vehículo propulsado por una pila de combustible en lugar de un motor convencional, como los prototipos de autobuses urbanos que están ensayándose en varias ciudades europeas, incluida como decíamos Madrid, lleva depósitos con hidrógeno comprimido. Pero esta opción no es la única posible tecnológicamente, ya que se está avanzando en el desarrollo de sistemas de almacenamiento basados en alternativas de estado sólido. Esta tecnología parte de materiales capaces de absorber grandes cantidades de hidrógeno y emitirlo luego, cuando hace falta para alimentar la pila. Es una opción aún en fase experimental, donde los expertos esperan dar respuesta a parámetros como la eficiencia del material, el peso o los márgenes de temperatura admisibles.

4.- RIESGOS NATURALES DE ORIGEN CLIMÁTICO

4.1.- Riesgo de crecidas fluviales

La variabilidad hidrológica en las cuencas atlánticas aumentará en el futuro debido a la intensificación de las fases del índice NAO (Oscilación del Atlántico Norte).

En las cuencas mediterráneas y del interior la mayor irregularidad del régimen de precipitaciones ocasionará un aumento en la irregularidad del régimen de crecidas y de las llamadas crecidas relámpago, de devastadores efectos.

4.2.- Riesgo de inestabilidad de laderas

La inestabilidad de laderas produce, en la actualidad, pérdidas de cientos de millones de euros anuales, sobre todo en vías de comunicación y, en menor medida, en núcleos de población. El número de víctimas mortales por deslizamientos se ha reducido en las últimas décadas, pero el producido por aludes de nieve ha aumentado debido a una mayor frecuentación de la montaña.

A la espera de confirmación por modelos climáticos más afinados, el aumento de la torrencialidad conllevará un mayor número de deslizamientos superficiales, cuyos efectos pueden verse amplificadas por los cambios de uso del suelo y un menor recubrimiento vegetal. Como consecuencia de ello, se espera un aumento de la erosión en las laderas y la pérdida de calidad de las aguas superficiales, por el aumento de la turbidez, y un mayor ritmo de colmatación de los embalses.

4.3.- Riesgo de incendios forestales

El aumento de las temperaturas y la falta de agua en el suelo inducirán una mayor y más duradera desecación de los combustibles. Por lo tanto, la inflamabilidad de los combustibles aumentará. Los índices medios de peligro aumentarán y también lo hará la duración media de la temporada de peligro. Dado el previsible aumento en el número de fenómenos tormentosos, aumentarán también las igniciones causadas por rayos.

4.4.- Sector energético

Bajo un escenario de incremento de temperaturas y disminución de precipitaciones se prevé un incremento de la demanda eléctrica, que deberá cubrirse sin poder recurrir a energía hidráulica, pues ésta se reducirá. Se prevé, asimismo, un incremento de la demanda de petróleo y de gas natural, y una reducción del aporte de la biomasa.

Sólo la energía solar (en sus diversas formas) se vería beneficiada por el previsible incremento de las horas de sol despejado. Caso de producirse un incremento de los vientos medios, así como de los episodios de viento fuerte, aspectos estos sobre los que los modelos climáticos no

aclaran mucho, podrían darse incrementos en la producción de electricidad de origen eólico.

4.5.- Salud humana

Cabe esperar un aumento en la mortalidad causada por las olas de calor, que se apuntan como más frecuentes en intensidad y duración en los próximos años. Por otro lado, el aumento previsible de los aerosoles y del ozono troposférico, serían los principales impactos relacionados con la contaminación atmosférica frente a la salud al agravarse los problemas derivados de sus altas concentraciones en la atmósfera.

El clima influye en la concentración de todo tipo de contaminantes (gases, polen, aerosoles en general, etc.) en el aire, y las condiciones meteorológicas (régimen de vientos, temperaturas, humedad y precipitación) determinan la propagación. Las lluvias intensas pueden limpiar la atmósfera, en tanto que ciertas condiciones meteorológicas, como los anticiclones estacionarios, proporcionarán por el contrario las condiciones estables que permiten la acumulación y persistencia de partículas y gases en la atmósfera.

El agotamiento del ozono constituye un peligro más para la salud. No es de esperar que los niveles de ozono de la estratosfera retornen a sus valores normales antes de varios decenios. Entretanto, su disminución implica una menor absorción de la radiación UV procedente del Sol, que puede favorecer la aparición de cataratas, así como cánceres de piel.

5.- LA ENERGÍA ES EL PROBLEMA Y LA SOLUCIÓN

A lo largo del pasado siglo XX, sobre todo en su segunda mitad, hemos estado siguiendo un modelo energético insostenible, 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.

5.1.- Desarrollo energético climáticamente 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.



5.2.- 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.

5.3.- 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.

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 100 millones de °C. 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, mediante campos magnéticos. La energía que se libera en las reacciones de fusión puede usarse para generar electricidad o para (por ejemplo) fabricar más hidrógeno.

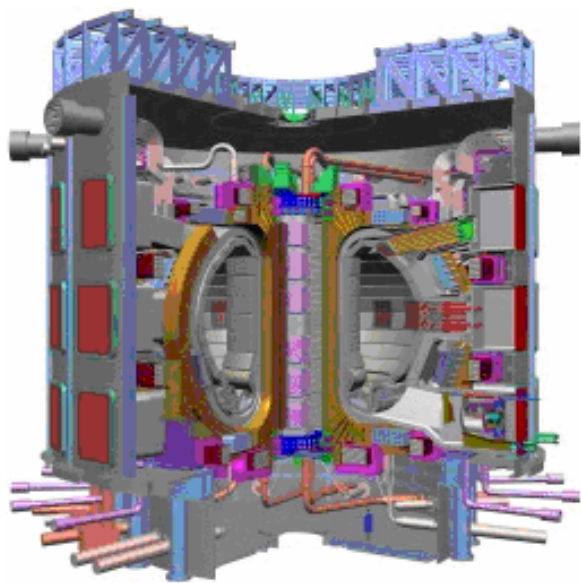


La fusión como método de generación de energía tiene importantes ventajas medioambientales y de seguridad. Ya que la reacción de fusión no es una reacción en cadena, no es posible por tanto que se pierda el control de la misma, como podría ocurrir, al menos en teoría, en los actuales reactores de fisión 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.

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.

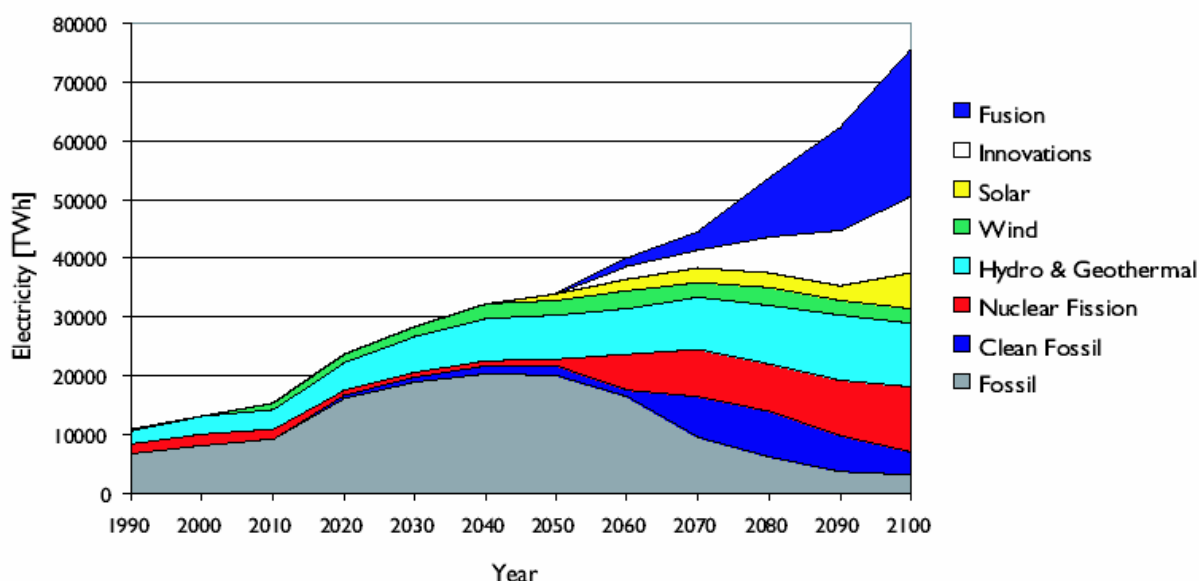
Cuatro países se ofrecieron como sede para el ITER: España, Francia, Canadá y Japón. Todos estos sitios fueron aprobados por un comité de expertos internacionales. Posteriormente, en el proceso de las negociaciones internacionales, fue finalmente Francia la seleccionada.

5.4.- 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.

CONCLUSIONES

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.

Badajoz, octubre 2005
A.M.S.

BIBLIOGRAFÍA DE INTERÉS

Linés Escardó, Alberto. “Cambios en el sistema climático”, Instituto Nacional de Meteorología, Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones, Madrid, 1990.

Nota comentario.- El autor fue uno de los mejores climatólogos españoles de los últimos años, así como un excelente comunicador; todo ello se refleja en esta obra, en la que se presenta, de forma muy clara y ordenada, el problema del cambio climático a finales del siglo XX, así como su influencia sobre las componentes del sistema climático, junto con las acciones y estrategias que deberían tenerse en cuenta para paliar los efectos indeseables.

Houghton, John. “Global Warming”, Cambridge University Press, Cambridge, 2004.

Nota comentario.- Presenta una visión muy completa y actualizada del cambio climático, sus causas, sus consecuencias, estrategias de mitigación, etc., presenta una visión panorámica, del clima desde los orígenes de la Tierra, a la actualidad, presentando y explicando la modelización que permite inferir el mañana.

Burroughs, William. “Climate Into the 21st Century”, Cambridge University Press, Cambridge, 2003.

Nota comentario.- La obra, editada bajo los auspicios de la OMM (Organización Meteorológica Mundial), presenta el trabajo de un grupo de autores, coordinados por el editor y presentando aspectos del clima, sus cambios y sus impactos, de una forma muy atractiva, con numerosas imágenes y gráficos explicativos, enfocando los temas de forma divulgativa, pero manteniendo el máximo rigor científico.

Barry, Roger G. y Chorley, Richard J. “Atmósfera, tiempo y clima”, Ediciones Omega, Barcelona, 1999.

Nota comentario.- Se presenta de forma muy condensada, pero clara, una visión global de la meteorología y la climatología. Los temas tradicionales están bien tratados y en los aspectos del cambio climático está bastante actualizado, a pesar de su fecha de edición.

Climate Change 2001: The Scientific Basis

Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability

Climate Change 2001: Mitigation

Climate Change 2001: Synthesis Report

Son los 4 tomos, conteniendo el Tercer Informe (2001) del IPCC, y constituyen la última y más completa visión “del estado del arte” en relación con el cambio climático, desde todos los puntos de vista.

SITIOS WEB DE INTERÉS

www.wmo.ch Página de la Organización Meteorológica Mundial, Organismo especializado de Naciones Unidas para los temas de Meteorología, Hidrología, Climatología y afines. Puede localizarse en ella mucha información sobre reuniones, publicaciones, noticias y actualidad, y otros temas relacionados con sus campos de responsabilidad.

www.inm.es Página oficial del Instituto Nacional de Meteorología de España, donde puede encontrarse una enorme cantidad de información relacionada con la meteorología, el clima y asuntos afines. La parte perecedera de su contenidos (observación diaria, datos de estaciones automáticas, imágenes radar y satelitales, etc.) se renuevan continuamente, en forma dinámica, a medida que se va disponiendo de las actualizaciones. Ofrece enlaces con muchos otros sitios de interés, incluyendo las páginas de los demás Servicios Nacionales del Mundo.

www.ipcc.ch Página del IPCC (Panel Intergubernamental para el estudio del cambio Climático), conteniendo las actividades y publicaciones de este grupo de expertos, que se ha constituido como máxima representación científica sobre el tema del cambio climático.

www.mma.es/oecc/ Página de la Oficina Española de Cambio Climático, dependiente del Ministerio de Medio Ambiente, en la que se encuentra información sobre el tema del cambio, incluyendo toda la documentación generada en España y una buena cantidad de publicaciones oficiales, nacionales e internacionales. Dispone también de abundante información sobre el Protocolo de Kyoto, comercio de emisiones, plan nacional de asignaciones, mecanismos de desarrollo limpio, etc.

www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html Página del Nacional Climatic Data Center de la NOAA, contiene información y datos meteorológicos y climáticos, sobre todo de los EEUU, pero también del resto del mundo. Son de notable interés, entre otros, sus informes del seguimiento climático (Climate Monitoring - State of the Climate).

www.eea.eu.int Página de la Agencia Europea de Medio Ambiente, con información sobre política medioambiental europea, incluido el tema del cambio climático, reuniones, documentación técnica, etc.

unfccc.int/2860.php Página de la United Nations Framework Convention on Climate Change, contiene información básica y documentación, totalmente actualizada sobre cambio climático, Protocolo de Kyoto y otros temas afines.

www.clivar.org Página del Programa Internacional de Investigación sobre Variabilidad Climática, presenta un enfoque interesante, en el que destaca el aspecto de la influencia antrópica en el cambio.

yosemite.epa.gov/oar/globalwarming.nsf/content/index.html Página de la Agencia de Protección Medioambiental de los EEUU, con enfoque hacia el calentamiento global, emisiones, impactos y recursos.

www.autobahn.mb.ca/~het/globalwarming.html Página de páginas sobre el calentamiento global y el cambio climático, contiene cientos de enlaces con sitios dedicados a estos temas.