

# EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA

Informe de Greenpeace

Noviembre de 1997

## AGRADECIMIENTOS

Este informe, original en inglés, ha sido escrito por Jacqueline Karas, consultora sobre cambio climático y desarrollo sostenible. Anteriormente, fue investigadora superior en el Centro de Investigación Climática (CRU) y Centro de Evaluación Ambiental de la Universidad de East Anglia (UEA), Amigos de la Tierra, y la Fundación de Nueva Economía. El informe se ha beneficiado además del experto asesoramiento de Jean Palutikof, lector del CRU, que ha trabajado extensamente sobre la ciencia y los impactos del cambio climático. Los trabajos recientes incluyen el desarrollo de escenarios climáticos para la región mediterránea.

La autora agradece a David Lye su apoyo durante la redacción de este informe y al personal de Greenpeace sus constructivos comentarios sobre los borradores y la producción del informe. Ente las personas de Greenpeace que han contribuido se incluyen: Karen Brower (Internacional), Bill Hare (Internacional), Hannoun Guizani (Mediterráneo), Mustapha Kharrat (Túnez), Juan López de Uralde (España), Athena Ronquillo (Sudeste Asiático). También agradece a Phil Jones y Mike Hulme, del CRU, su ayuda para identificar materiales pertinentes y a Phil Judge, de la Escuela de Ciencias Ambientales de la UEA, los borradores de dos de los diagramas que se presentan aquí.

La autora también reconoce el trabajo de los muchos investigadores de los que este estudio hace uso, en particular, aquellos involucrados en el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático y el Plan de Acción del Mediterráneo del PNUMA y el Proyecto MEDALUS de la Comisión Europea. La responsabilidad del contenido de este informe pertenece, como siempre, a la autora.

La versión en castellano ha sido traducida por Fátima Lorenzo, y revisada y editada por el equipo de Greenpeace España.

## INDICE

### Resumen y Conclusiones

#### 1. Introducción

#### 2. El Cambio Climático Futuro Cambios Globales en el Clima

El Cambio Climático en la región Mediterránea  
Cambios en la Temperatura  
Cambios en las Precipitaciones  
Cambios en la Humedad Disponible  
Cambios en los Episodios Extremos  
Aumento del Nivel del Mar

3. El Cambio Climático Observado: Señales del Cambio  
Tendencias en la Temperatura  
Tendencias en las Precipitaciones  
Ocurrencia de Episodios Extremos

4. Impactos del Cambio Climático  
Desertificación  
Recursos hídricos  
Agricultura  
Pastos  
Producción de las Cosechas  
Seguridad Alimentaria  
Grandes Implicaciones Socioeconómicas  
Salud  
Ecosistemas Naturales  
Industria e Infraestructura  
Alteraciones Sociales  
Economías Nacionales

5. Implicaciones para el Desarrollo Sostenible  
Vínculos entre Cambio Climático y Desarrollo Sostenible  
Afrontar los Impactos  
Reducir el Problema

6. Conclusiones

Glosario

Referencias

## RESUMEN Y CONCLUSIONES

Durante las sequías de comienzos de los 90, la escasez de agua y las pobres cosechas demostraron lo vulnerable que es la región mediterránea a los extremos climáticos. La perspectiva de un cambio climático, consecuencia de la actividad humana, es

un motivo de preocupación creciente que plantea serios interrogantes sobre la sostenibilidad de la región.

Este informe examina las implicaciones potenciales del cambio climático global para el área mediterránea. Basándose en los resultados de estudios recientes, revisa las posibles variaciones en el clima junto con las tendencias actuales, los impactos potenciales del cambio climático y las implicaciones para el desarrollo sostenible.

Uno de los hallazgos clave es que el futuro cambio climático podría socavar, de manera importante, los esfuerzos por un desarrollo sostenible en la región mediterránea. En concreto, el cambio climático podría sumarse a los problemas ya existentes de desertificación, escasez de agua y producción de alimentos, introduciendo nuevas amenazas para la salud humana, los ecosistemas y las economías nacionales de los países. Es probable que los impactos más importantes tengan lugar en el Norte de Africa y los países del este del Mediterráneo.

Este informe concluye que, para asegurar la sostenibilidad a largo plazo de la región, es necesario reducir de forma inmediata la emisión de gases invernadero. Es preciso actuar mientras aún estamos a tiempo.

A continuación se muestran las conclusiones del informe:

\* ¿Nos esperan tiempos más secos y cálidos?

Si continúan las tendencias actuales de emisiones de gases invernadero, se espera que, durante el próximo siglo, las temperaturas medias globales aumenten a la mayor velocidad de los últimos 10.000 años. Hay incertidumbres importantes en las predicciones sobre el cambio climático regional, pero parece probable que el área mediterránea sufra un calentamiento significativo.

Las previsiones sobre el régimen de lluvias son de menor certeza, pero la mayor parte de los estudios apuntan que, en el conjunto de la región, habrá más precipitaciones en invierno y menos en verano. La disminución de las precipitaciones anuales, en gran parte de la zona al sur de los 40 o 45 °N, es un aspecto común a muchos de los estudios. Incluso las áreas con más lluvia podrían llegar a estar más secas que en la actualidad debido al aumento de la evaporación y a los cambios en la distribución estacional de la lluvia y de su intensidad.

Como consecuencia, podría aumentar la frecuencia e intensidad de las sequías a lo largo de toda la región. Los cambios a gran escala en la circulación atmosférica -como la Oscilación del Sur "El Niño" (ENSO) o la Oscilación del Atlántico Norte (NAO)- podrían afectar aún más a la incidencia de extremos climáticos.

Un pronóstico<sup>1</sup> basado en los resultados de cuatro modelos climáticos da una indicación de la escala de los posibles cambios, y sugiere que la temperatura podría aumentar en más de 4 °C para el 2100 en muchas zonas del interior y alrededor de la mitad sobre el Mar Mediterráneo. **Durante el mismo periodo, se prevé que la precipitación anual disminuya entre un 10 y un 40% en gran parte de Africa y del sudeste de España,** con cambios más pequeños pero significativos en las otras zonas.

Las emisiones de aerosoles podrían mitigar los efectos de los gases invernadero en algunas áreas. Pero, a largo plazo, la previsión es de condiciones más secas y cálidas en toda la región mediterránea, a medida que aumente con el tiempo la influencia relativa de los gases invernadero.

\* Inundación y erosión de las costas

A medida que el mundo se calienta, los glaciares se funden y los océanos se expanden, aumentará el nivel del mar. En gran parte de la cuenca mediterránea, el nivel del mar podría aumentar cerca de 1m para el año 2100. Como consecuencia, podrían perderse algunas zonas costeras bajas debido a la inundación o a la erosión. Además, los ríos y los acuíferos costeros podrían hacerse más salados. Las áreas más afectadas serían el Delta del Nilo, Venecia y Salónica donde el hundimiento local podría significar que las aguas se elevaran al menos 1,5 veces más que en ningún otro sitio.

\* El clima muestra signos de un posible cambio

A escala global, hay pruebas crecientes de que el clima está cambiando y de que hay una influencia humana discernible. La elevada variabilidad natural del clima mediterráneo hace que sea muy difícil tanto la detección del cambio climático como la búsqueda de sus causas. Sin embargo, las observaciones sugieren que el clima podría estar cambiando ya en la región.

Durante el último siglo, los registros terrestres del Mediterráneo occidental muestran una ligera tendencia hacia condiciones más cálidas y secas. En contraste, hay zonas del Mediterráneo oriental que han experimentado un enfriamiento y condiciones más húmedas que a principios de este siglo. Los registros de temperatura de la superficie del agua para los últimos 120 años muestran una tendencia débil pero, sin embargo, los datos para las aguas profundas del Mediterráneo occidental muestran una tendencia continuada de calentamiento desde 1959.

Durante el periodo de 1952 a 1992, ha aumentado el número y la frecuencia de las olas de calor en la región. En el

---

<sup>1</sup> En este documento se utilizan indistintamente los términos "pronóstico" y "escenario" para el inglés "scenario".

Mediterráneo occidental, el comienzo de la década de los 90 destacó por las recurrentes sequías y los periodos de intensas precipitaciones, mientras que en el este, se producían fuertes episodios de frío y lluvia. Los recientes extremos climáticos están relacionados con el comportamiento excepcional del Niño y de la NAO. En 1983, 1989 y 1990, se registraron valores sin precedentes de la NAO, mientras que el fenómeno del Niño, entre 1990 y 1995, tuvo la duración más larga registrada hasta el momento.

Aunque las tendencias y los incidentes extremos podrían haber ocurrido de forma natural, son muy consistentes con los efectos potenciales de las emisiones de gases invernadero y aerosoles que han ocurrido hasta la fecha.

\* Aumento de la extensión y la severidad de la desertificación

Mientras que gran parte de la desertificación es atribuible a malas prácticas en el uso de la tierra, unas condiciones más cálidas y secas extenderían hacia el norte el área con tendencia a la desertificación, alcanzando así zonas que en la actualidad no están en riesgo. Además, la velocidad de desertificación podría incrementarse debido al aumento de la erosión, la salinidad, el riesgo de incendios y la pérdida de calidad del suelo. Como resultado, es probable que el proceso de desertificación se vuelva irreversible.

Los costes económicos y humanos de un aumento de la desertificación serían tremendos. **En España y Túnez, ya hoy en día, los costes de la desertificación son de 200 y 100 millones de dólares respectivamente.**

\* Aumento de la frecuencia en la escasez de agua y descenso en su calidad

Es probable que, en el Mediterráneo, los primeros impactos del cambio climático se sientan en las reservas de agua. Las reducciones en la disponibilidad de agua podrían afectar de forma más notable a los países del sur del Mediterráneo. En Egipto, Libia, Túnez, Argelia, Marruecos, Siria, Malta y el Líbano las reservas de agua ya están por debajo de los 1.000 m<sup>3</sup> por persona y año; esta cantidad es el indicador normal de escasez de agua.

**Incluso países relativamente bien dotados como España, Italia y Grecia, podrían sufrir una escasez más frecuente en algunas regiones debido al conjunto de dos problemas: el cambio climático y el aumento en la demanda.** Por ejemplo, Creta podría experimentar serios recortes de agua cinco de cada seis años para el 2010.

A medida que se eleva el nivel del mar, algunas reservas de

agua podrían quedar inutilizadas por la penetración del agua salada en los ríos y acuíferos costeros. La contaminación del agua, que ya representa un problema de salud importante en la región, podría empeorar a medida que aumenta la concentración de los contaminantes debido a la disminución del caudal de los ríos.

\* La disminución de la producción y el aumento mundial de los precios amenazan la seguridad alimenticia

La producción de ganado podría verse afectada por el deterioro en la calidad de los pastos, asociado al aumento de las concentraciones del dióxido de carbono atmosférico, y a los cambios en las áreas de pasto debido al movimiento hacia el norte de los límites climáticos. En la Europa mediterránea, se espera que aumente la extensión de matorral improductivo, mientras que, en el norte de África y en Oriente Medio, la mayoría de los pastos esteparios podrían dar paso al desierto para el año 2050 o incluso antes.

En la región mediterránea, el rendimiento de los granos y otras cosechas podría disminuir de forma notable debido al aumento de la frecuencia de las sequías. Aunque las pérdidas podrían verse paliadas por efectos beneficiosos del dióxido de carbono, la producción de las cosechas podría verse amenazada debido al aumento en la competitividad por el agua, la incidencia de plagas y enfermedades, y las pérdidas de tierra por desertificación y aumento del nivel del mar.

Los efectos del cambio climático combinados con tales factores socioeconómicos podrían hacer insostenible la producción de cereales en gran parte del sur de Europa. Por ejemplo, en Kardista (Grecia central), la posibilidad de obtener los rendimientos actuales caería hasta casi cero para el año 2050, mientras que **en España los problemas de riego podrían dejar fuera de producción al maíz.**

En el norte de África y en Oriente Medio, los cambios climáticos asociados a una duplicación en los niveles de dióxido de carbono podrían originar pérdidas de rendimiento de más del 20% para el trigo, maíz y otros cereales; incluso sin tener en cuenta las pérdidas debidas a otras causas. En las zonas costeras, podrían perderse grandes zonas de tierra productiva debido a la inundación de la costa, la intrusión salina y la anegación. Por ejemplo, en Egipto, podría acabarse la producción agrícola en un área que se extendería 20 km. tierra adentro.

Los precios mundiales de algunos bienes como el trigo, el maíz, la soja o las aves de corral podrían aumentar de forma significativa como resultado del cambio climático. No es sólo que los países mediterráneos pudieran tener pérdidas sustanciales en términos económicos, sino que la combinación de

precios más elevados y pérdidas en las cosechas podría conducir a un deterioro en los niveles de seguridad en el suministro de alimentos, particularmente en los países mediterráneos.

\* Nuevos y mayores riesgos para la salud pública

En el sur, la disminución de la seguridad en el abastecimiento de alimentos aumentaría los riesgos de malnutrición y hambre para millones de personas. La combinación de calor y contaminación podría producir un aumento repentino de las enfermedades respiratorias entre la población urbana, mientras que los extremos climáticos es posible que hicieran aumentar los porcentajes de muertes y accidentes. La escasez de agua y el daño en las infraestructuras aumentaría el riesgo de cólera y disentería. Unas temperaturas más elevadas harían que aumentara la incidencia y la extensión de las enfermedades infecciosas tales como la malaria, la fiebre del dengue, la esquistomosis y la fiebre amarilla.

\* Se perderían muchos ecosistemas valiosos

Podrían perderse muchos ecosistemas valiosos al no ser capaces las especies de adaptarse al cambio de los límites climáticos y/o encontrar sus rutas migratorias bloqueadas por actividades humanas. Las zonas húmedas afrontarían la doble amenaza de la sequía y del aumento del nivel del mar.

Con una elevación de la temperatura de 3 a 4 °C, podrían desaparecer el 90% de los humedales del sur de Europa. Por ejemplo, en Túnez, el aumento de las temperaturas podría contribuir a la pérdida de todas las plantas alimenticias y zonas de migración de las aves acuáticas, y a la desaparición de las importantes pesquerías nacionales.

\* Perjuicios a la actividad económica de las zonas costeras

Las industrias, la infraestructura y los puntos de interés cultural en las zonas costeras podrían verse amenazados por la inundación o por la erosión debida al aumento del nivel del mar. Por ejemplo, una aumento del nivel del mar de 0,5m inundaría la parte oeste del puerto de la bahía de Kastalia (Croacia) y afectaría gravemente a las históricas ciudades de Cres (Croacia) y Venecia (Italia). La producción de energía hidroeléctrica podría reducirse debido a la escasez de agua, con graves consecuencias potenciales tanto para los usuarios domésticos como industriales.

\* Serias alteraciones sociales al peligrar el sustento de millones de personas y al aumentar la tensión internacional sobre los recursos

Podrían tener lugar serias alteraciones sociales si millones de personas se ven forzadas a abandonar su hogar como consecuencia

de la desertificación, las escasas cosechas y el aumento del nivel del mar. Además, las tensiones internacionales por los recursos de agua compartidos podrían convertirse en conflictos más graves al encarar una disminución de la disponibilidad de agua y un aumento en su demanda.

\* Pérdidas para las economías nacionales

Las economías nacionales podrían verse afectadas negativamente, no sólo por los impactos directos del cambio climático, sino por los costes de las medidas de adaptación y el resto de las implicaciones en cadena de los cambios. Las estimaciones cuantitativas de los costes financieros no son fiables pero, en general, parece que los países en desarrollo sufrirían todavía mayores daños económicos que los países desarrollados.

\* El desarrollo sostenible depende de la acción internacional para reducir las emisiones de gases invernadero

Por su impacto sobre el medio ambiente y el bienestar económico y social, el futuro cambio climático podría socavar seriamente los esfuerzos por un desarrollo sostenible en el área mediterránea. Aunque, en muchos aspectos, el cambio climático principalmente aumentará los problemas ya existentes, no se puede ignorar la magnitud del problema que en sí mismo representa.

Hay algún margen de adaptación, pero el hecho de que muchas medidas serían beneficiosas independientemente del cambio climático, sugiere que son necesarios cambios radicales en las políticas y en las prácticas. También es vital que los países desarrollados cumplan con sus obligaciones de ayudar en la adaptación a los países en desarrollo a través del acceso a la asistencia financiera y tecnológica.

Sin embargo, en último término, la sostenibilidad a largo plazo del área mediterránea requiere mantener el cambio climático dentro de unos límites tolerables. El conocimiento actual sobre los límites de seguridad apunta la necesidad de un acuerdo inmediato, y su ejecución, a nivel internacional para realizar reducciones drásticas en las emisiones de gases invernadero con objeto de estabilizar las concentraciones atmosféricas de los mismos.

## 1. INTRODUCCION

En 1993, los turistas desde Málaga hasta Atenas y desde St. Tropez hasta Malta se encontraron con mensajes de "Salvemos el Mediterráneo" cuando la región era azotada por su quinto año de sequía, después de que las lluvias del invierno fueran insuficientes para llenar las reservas y los acuíferos (Pearce, 1993). A pesar de su importancia, esto no es nada si lo comparamos con los potenciales impactos del cambio climático

provocados por el ser humano.

Las concentraciones atmosféricas de los gases invernadero (1) están aumentando como resultado de la actividad humana y, en concreto, debido al consumo de combustibles fósiles, los cambios de uso del territorio y la agricultura. Los gases invernadero se encuentran en la atmósfera de forma natural, permitiendo que la radiación solar alcance la Tierra sin dificultad pero reteniendo parte de la radiación saliente. De este modo, los gases invernadero juegan un papel fundamental en el balance de calor del planeta. Así, si sus concentraciones aumentan, los científicos consideran que la Tierra se calentará.

En 1986, el Comité Científico de Problemas Medioambientales anunciaba que el calentamiento global "debería ser considerado como uno de los problemas a largo plazo más importantes de la actualidad" (Bolin & others, 1986). Las investigaciones de los últimos diez años han confirmado la magnitud de la amenaza. En 1996, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) (2) informaba por primera vez que las emisiones pasadas parecían haber tenido "una influencia discernible sobre el clima" (IPCC, 1996a). El IPCC iba más lejos al establecer que, si continúan las tendencias actuales en las emisiones, durante el siglo que viene, esto podría originar una velocidad de calentamiento "probablemente mayor que ninguna otra en los últimos 10.000 años".

La magnitud, y la posible inmediatez, de cambios importantes en el clima tiene implicaciones alarmantes para los países de todo el mundo ya que los sistemas tanto ecológicos como humanos dependen del clima de manera fundamental. El área mediterránea(3) es particularmente vulnerable al cambio climático ya que, en gran parte de la región, las precipitaciones en verano son prácticamente nulas. La escasez de agua es endémica y los cambios en el balance de agua tendrían implicaciones importantes para, entre otras, la agricultura y los abastecimientos de agua. Esta vulnerabilidad se añade a la creciente desertificación de gran parte de la región, junto con el aumento de población y la pobreza, principalmente, en el sur de la cuenca.

Durante los últimos cuatro años, varias publicaciones han evaluado como el cambio climático podría afectar a la cuenca mediterránea. A pesar de las incertidumbres, de ellas se concluye con claridad que el cambio climático tendrá implicaciones profundas y de largo alcance para los 350 millones de personas que viven actualmente en esta región, y para las generaciones venideras. Este informe se basa en los trabajos más recientes para examinar, en primer término, como puede cambiar el clima y que muestras se han observado. Posteriormente, describe alguno de los impactos potenciales del futuro cambio climático y su importancia a la vista de las

tendencias actuales. Por último, discute las implicaciones del desarrollo sostenible en la región.

## 2. EL CAMBIO CLIMATICO FUTURO

El clima varía de forma natural en todas las escalas de tiempo, desde décadas hasta milenios, debido a los cambios en la circulación atmosférica y oceánica, la intensidad solar y la influencia volcánica. Sin embargo, el cambio climático futuro estará dirigido por la influencia humana a menos que, o hasta que, se establezca la composición de la atmósfera.

La estabilización de las concentraciones de dióxido de carbono -un gas invernadero fundamental- requiere una reducción de las emisiones de entre el 50% y el 70%. Las emisiones de otros gases también deberían ser reducidas drásticamente -o eliminadas- si se quiere estabilizar las concentraciones atmosféricas y reducir así el riesgo de cambio climático. Este apartado examina las implicaciones potenciales para el clima, tanto global como el del área mediterránea, si no se producen reducciones de este alcance en las emisiones.

### CAMBIOS GLOBALES EN EL CLIMA

La magnitud y velocidad del cambio climático futuro dependerá de la cantidad de gases invernadero emitidos, la sensibilidad del clima a estos gases, y el grado en el que estos efectos se vean modificados por las emisiones de aerosoles. El IPCC presenta seis escenarios de futuras emisiones, basados en supuestos bastantes diferentes de crecimiento económico y de población, desarrollo tecnológico y uso del territorio. Todos los escenarios muestran que las concentraciones de los gases invernadero continuarán aumentando durante el Siglo XXI, a menos que haya una acción concertada para controlar las emisiones (Houghton & others, 1996).

El impacto climático, debido al aumento de los gases invernadero, se verá modificado por la influencia refrigerante de las emisiones de aerosoles (Recuadro 1). A diferencia de los gases invernadero, los efectos de los aerosoles son localizados y de corta duración. Por ello, es probable que su efecto global sea el de enmascarar -no eliminar- la profunda influencia a largo plazo de los gases invernadero sobre el clima en algunos lugares. No obstante, los aerosoles podrían ejercer una fuerte influencia sobre el clima en algunas zonas localizadas y el IPCC considera un rango de diferentes supuestos sobre los aerosoles futuros en sus escenarios de emisiones.

---

#### RECUADRO 1: El efecto de los aerosoles

Los aerosoles son partículas microscópicas transportadas por el aire. Entre sus fuentes naturales están las tormentas de polvo, los incendios y las erupciones volcánicas. Entre las fuentes de

origen humano están el consumo de combustibles fósiles y la quema intencionada de bosques y campos. El impacto climático de los aerosoles depende de su tamaño y composición. Algunos aerosoles, como la ceniza, podrían presentar un efecto de calentamiento. Otros, tales como los sulfatos, se cree que producen un efecto refrigerante. Se considera que el efecto predominante es el de refrigeración aunque no hay una certeza total sobre este asunto debido a la falta de conocimientos sobre los efectos indirectos de los aerosoles.

En cualquier caso, según el IPCC, el efecto refrigerante no es "...una simple eliminación del calentamiento debido a los gases invernadero" (Houghton & otros, 1996). Los aerosoles tienden a tener un tiempo de vida en la atmósfera mucho menor que el de los gases invernadero. Mientras que los gases invernadero podrían permanecer en la atmósfera durante siglos, los aerosoles volcánicos tienden a durar en la atmósfera entre meses y años. El tiempo de vida atmosférico de muchos aerosoles de origen humano es todavía más corto, tan sólo unos cuantos días.

Este corto tiempo de vida de los aerosoles de origen humano significa que sus efectos serán localizados y que, a diferencia de los gases invernadero, los aerosoles no se acumulan de forma constante en la atmósfera. Esto presenta dos implicaciones importantes:

- A medida que pasa el tiempo, se espera que el impacto relativo de los aerosoles sea menor.
- Si mañana acabaran todas las emisiones debidas al uso de combustibles fósiles, el efecto refrigerante debido a los aerosoles finalizaría en una semana, mientras que el calentamiento debido a los gases invernadero continuaría durante décadas o siglos.

Los aerosoles de sulfato son uno de los principales causantes de la lluvia ácida y sus emisiones están sujetas a control. Cuando sus emisiones sean reducidas, si lo son, su efecto sobre el clima también disminuirá. El no controlar las emisiones ácidas para tratar de mitigar el efecto de los gases invernadero no puede considerarse una opción, ya que las emisiones ácidas tienen un efecto devastador sobre las cosechas, los ecosistemas y los materiales.

-----

Dentro del escenario de emisiones de "rango medio" del IPCC, las concentraciones de gases invernadero alcanzan, para el año 2030 (4), el equivalente del doble de los niveles preindustriales de dióxido de carbono y continúan aumentando después (Carter & otros, 1994). Como resultado de esto, y considerando los aumentos potenciales en las emisiones de aerosoles, el IPCC calcula que las temperaturas medias globales

se incrementarán entre 1 y 3,5 °C para el año 2100, siendo el mejor valor estimado 2 °C (Kattenberg & otros, 1996). Este rango en los valores refleja la incertidumbre científica sobre la sensibilidad del sistema climático a los cambios en los niveles de gases invernadero. Incluso los valores de menor nivel en esta escala sugieren una velocidad de calentamiento mayor que cualquier otra en los últimos 10.000 años.

Incluso esto podría ser una estimación a la baja de los cambios que están por venir. El escenario de emisiones del IPCC asume que las emisiones de aerosoles aumentarán notablemente generando así un fuerte efecto refrigerante. Esto no es realista. No se tiene en cuenta el Segundo Protocolo del Azufre o las enmiendas a las emisiones de coches en EE.UU. Lo que es más, como resalta el Consejo Mundial de la Energía, si las emisiones fueran a aumentar en lo previsto, esto "originaría niveles de deposición que excederían las 'cargas críticas' para la mayoría de los ecosistemas en las regiones del sur y del este de Asia" (WEC,1996).

A la vista de esto, es probable que las emisiones de aerosoles sean controladas mucho antes de lo previsto en el escenario principal del IPCC, por tanto el calentamiento global será mayor. La Figura 2 compara los cambios previstos en la temperatura media global, dentro del escenario de rango medio del IPCC con aumento de los aerosoles, y el mismo escenario de emisiones de gases invernadero, pero con aerosoles constantes a los niveles de 1990. Asumiendo los aerosoles constantes, las temperaturas globales aumentarían entre 1,6 y 3,5 °C para el año 2100, siendo el mejor valor estimado de 2,5 °C. Si las emisiones de gases invernadero se atuvieran al más elevado de los escenarios del IPCC, entonces las temperaturas se incrementarían todavía más, por encima de los 4,5 °C para el 2100 (Kattenberg & otros, 1996).

Figura 2: Cambios en la temperatura media global desde 1990 hasta el 2100 para el escenario de emisiones de rango medio del IPCC (IS92a) y diferentes sensibilidades del clima (Kattenberg & otros, 1996). La línea continua muestra los cambios de temperatura asumiendo que aumentan las emisiones de aerosoles, mientras que la línea discontinua representa éstos para niveles constantes de aerosoles, en los valores de 1990.

A medida que el mundo se calienta, se espera que aumente la media global de precipitaciones. También cambiarán otros aspectos del clima. Sin embargo, el proceso del cambio climático no será suave y gradual. En vez de esto, el IPCC establece que "a medida que el clima futuro se expande más allá de los límites del conocimiento empírico, es más probable que los cambios sean sorprendentes e imprevisiblemente rápidos" (IPCC, 1996a).

El incremento de las temperaturas originará un aumento del

nivel del mar, a medida que se funden los glaciares y se expande el agua en los océanos. Dentro del escenario de emisiones de rango medio del IPCC, el nivel del mar aumentará entre 20 y 86 cm para el año 2100, siendo el mejor valor estimado el de 59 cm (Warrick & otros, 1996). Si las emisiones de aerosoles se mantienen constantes a los niveles de 1990, entonces el nivel del mar podría aumentar más: entre 23 y 96 cm para el año 2100, siendo el mejor valor estimado de 55 cm. Un incremento de 50 cm es entre dos y cinco veces mayor que el aumento registrado en el último siglo. El retardo en el comienzo del deshielo significa que el nivel del mar continuará aumentando durante muchos siglos después del 2100, incluso si las concentraciones de gases invernadero se estabilizaran para entonces.

Una incertidumbre significativa rodea las previsiones sobre el aumento del nivel del mar. Esto se debe, en gran parte, a que no se sabe qué cantidad de hielo se fundirá. Un aspecto especialmente preocupante es el destino del banco de hielo de la Antártida Occidental, que originaría un aumento del nivel del mar de hasta 6m. Esta amenaza se considera incierta y remota en el tiempo en comparación con la más inmediata del aumento potencial del nivel del mar en las próximas décadas. Sin embargo, el descubrimiento relativamente reciente de que las plataformas de hielo de la Antártida podrían estar fundiéndose por su parte inferior, debido a la presencia de agua caliente procedente de las profundidades del océano, añade una nueva preocupación sobre la estabilidad de los bancos de hielo continentales (Jenkins & otros, 1995)

#### EL CAMBIO CLIMATICO EN LA REGION MEDITERRANEA

A medida que el mundo se calienta, el clima cambiará en el área mediterránea. Sin embargo, existe una incertidumbre considerable sobre la forma que podrían tomar estos cambios. Esto se debe principalmente a la conocida debilidad de los modelos (MCGs) para evaluar los cambios climáticos regionales (Recuadro 2).

Aunque tales incertidumbres son bastante frustrantes, la opción de ignorar la perspectiva de un cambio importante en el clima no es más alentadora. Los científicos creen que el cambio climático, debido a las tendencias actuales en las emisiones, originará cambios significativos en los climas locales. Las decisiones deben tomarse sobre la base de la mejor información disponible, teniendo en cuenta las incertidumbres, y no en la simple y errónea idea de que el clima futuro será el mismo que el del pasado.

Las siguientes secciones tienen en cuenta los resultados de una serie de estudios e intentan dar una idea de cómo puede cambiar el clima en la región mediterránea a medida que avanza el Siglo XXI. En donde era posible, se comparan los resultados de una

serie de estudios para mostrar una idea del rango de las distintas posibilidades.

-----  
RECUADRO 2: Los modelos climáticos y sus limitaciones

La mayoría de los estudios regionales sobre el futuro cambio climático utilizan la información de los modelos de circulación general (MCGs) de la atmósfera y los océanos. En estos modelos, las leyes físicas y las relaciones empíricas que describen los sistemas atmosféricos y oceánicos están representadas por ecuaciones matemáticas. En ellos, se tienen en cuenta los muchos y complejos procesos que tienen influencia sobre el clima, como la fusión de los hielos marinos y la formación de vapor de agua.

Variando los datos en los MCGs, los científicos pueden evaluar los efectos sobre el sistema climático del aumento de concentración de los gases invernadero. Hasta ahora, la mayoría de los experimentos realizados son de "respuesta de equilibrio" y evalúan el impacto final de una duplicación súbita de los niveles de dióxido de carbono. Recientemente, han comenzado a efectuarse otro tipo de experimentos cuya aproximación es más realista, los de "respuesta de transición". Estos experimentos miden los cambios climáticos en tiempo real como respuesta a incrementos progresivos de la concentración de dióxido de carbono (normalmente del 1% anual).

Todos los modelos climáticos presentan cierto número de limitaciones:

- \* La baja resolución de los modelos globales del clima significa que no describen adecuadamente muchas peculiaridades geográficas y las interacciones entre la atmósfera y la superficie.

- \* Las variaciones naturales en el clima local son mucho mayores que las del clima promediado de un continente o de escalas aún mayores.

- \* El desigual impacto espacial de los aerosoles - no sólo son pocos los modelos experimentales que tienen en cuenta los aerosoles, sino que aquellos que los incluyen lo hacen de forma muy simplificada; y

- \* Los cambios en el uso del territorio - tales como deforestación y desertificación - rara vez son tenidos en cuenta, cuando afectarán de forma notable a los climas locales.

A pesar de estas limitaciones, los científicos confían en los resultados de los MCGs aplicados al cambio climático a gran escala. Sin embargo, es menor su confianza en las predicciones locales y regionales, ya que la mayoría de los modelos actuales no representan de forma adecuada el clima en esa escala y las

previsiones varían enormemente. Pero, como apunta el científico climático Tom Wigley, "a pesar de los problemas de los MCGs actuales, éstos son la mejor herramienta que tenemos para hacer previsiones sobre el futuro cambio climático a nivel local y regional" (Wigley, 1992). No obstante, él mismo remarca que los resultados de los modelos "deberían ser considerados únicamente como marcos de referencia para un posible clima futuro y no como predicciones".

-----

### Cambios en la Temperatura

Tan sólo las concentraciones en aumento de los gases invernadero podrían causar un calentamiento, en la región mediterránea, de magnitud similar al calentamiento global. Los resultados de cuatro experimentos de equilibrio indican que, como respuesta a una duplicación de los niveles de dióxido de carbono (o su equivalente), la temperatura media de la región podría aumentar unos 3,5 °C entre el momento actual y la segunda mitad del Siglo XXI (Wigley, 1992). Según los resultados de tres modelos de transición, la mitad de este incremento -entre 1,4 y 2,6 °C- podría alcanzarse hacia la segunda década del Siglo XXI (Rosenweig & Tubiello, 1997). No hay evidencias de diferencias estacionales marcadas en la respuesta.

Estos resultados están hacia el límite superior de las expectativas ya que los modelos utilizados presentan una sensibilidad que va de media a alta (5). Se puede encontrar una visión del rango completo de posibilidades en un trabajo que analiza los resultados de nueve modelos de transición aplicados al sur de Europa y Turquía (6) (Kattenberg & otros, 1996). Este trabajo apunta a incrementos de temperatura de 1 a 4,5 °C (con un punto medio alrededor de 2,5 °C), durante el invierno y el verano, para la segunda mitad del Siglo XXI. Incluso si para entonces se estabilizaran las emisiones de gases invernadero, las temperaturas continuarían aumentando durante varias décadas debido al retardo en la respuesta de los océanos.

Habrán marcadas diferencias en la velocidad de aumento de la temperatura para los distintos lugares - aunque hay un gran desacuerdo entre los patrones de cambio previstos por los distintos modelos (Wigley, 1992 y Cubasch & otros, 1996). Hay un estudio que da una visión de los posibles cambios promediando los resultados de cuatro experimentos de equilibrio, realizados estadísticamente a escala reducida para centrarse en los detalles locales (Figura 3; Palutikof & Wigley, 1996) (7). Los resultados muestran que las temperaturas a lo largo de la región podrían elevarse entre 0,7 y 1,6 °C por cada grado de aumento en la temperatura media mundial.

FIGURA 3: Modelo de cambios medios de temperatura (°C) en la región mediterránea por grado C de aumento en la media mundial

como resultado del incremento de las concentraciones de los gases invernadero (Palutikof & Wigley, 1996). Los valores del mapa pueden ser vistos como un indicador general de las condiciones que podrían existir alrededor del año 2030 (8). Se han sombreado las áreas donde se prevé que las temperaturas aumenten menos que la media global.

Las mayores velocidades de aumento de la temperatura tendrían lugar en Africa, Ucrania y el este de Turquía, mientras que las menores velocidades de cambio ocurrirían en el propio Mar Mediterráneo. Las zonas costeras son áreas de transición rápida. Entre el momento actual y el año 2100, las temperaturas podrían haberse elevado hasta 2,5-3 °C en el Mar Mediterráneo, 3-4 °C en las áreas costeras y 4-4,5 °C en la mayor parte de las tierras interiores, con aumentos de hasta 5,5 °C sobre Marruecos (9). El patrón general de cambio que definen estos resultados es razonable desde el punto de vista físico, ya que el calentamiento sobre el mar parece retardarse con respecto al calentamiento sobre las zonas terrestres. Además, estos hallazgos son muy similares a los de otros modelos experimentales más detallados (Cubash & otros, 1996) (10).

Estos resultados no tienen en cuenta el posible aumento de las emisiones de aerosoles que podría enmascarar el calentamiento. Hay un experimento transitorio que sugiere que los aerosoles podrían reducir el calentamiento sobre la región mediterránea en 1-2 °C en el periodo de 1795 al 2030-2050 (Mitchell & otros, 1995). El efecto neto podría incluso dar la impresión de un enfriamiento sobre el Mediterráneo central durante el verano en las próximas décadas (Hasselmann & otros, 1995). Dada la probable exageración del efecto de los aerosoles -de la que ya hemos hablado- tales resultados probablemente sobrestiman el potencial de refrigeración local. Pero, en cualquier caso, las previsiones a largo plazo hablan de un calentamiento en la región mediterránea, a medida que aumenta en el tiempo la influencia relativa de los gases invernadero.

### Cambios en las Precipitaciones

En un mundo más cálido, las previsiones de precipitación para la región mediterránea son muy inciertas debido a la poca fiabilidad general de los MCGs para predecir las precipitaciones locales. Los modelos ofrecen resultados conflictivos sobre cómo podrían cambiar las precipitaciones en el área mediterránea. Dos de tres experimentos de equilibrio presentados en un estudio sugieren un aumento global de precipitaciones en la zona (Rosenzweig & Tubiello, 1997). Sin embargo, los resultados de modelos de transición recientes realizados para la década del 2020 sugieren una disminución global de entre el 1,5 y el 7,3% (Rosenzweig & Tubiello, 1997).

La mayoría de los experimentos de transición y de equilibrio muestran un aumento del gradiente de precipitación estacional

con más precipitaciones en invierno y menos en verano. Una media de los resultados de cuatro modelos de equilibrio, para la totalidad de la región mediterránea, sugiere un aumento de las precipitaciones invernales del 10% y un descenso de las veraniegas también del 10%, para el periodo comprendido entre el momento actual y el 2100 (11) (Palutikof & otros, 1996). Este hallazgo se ve reforzado por una comparación más reciente de los resultados de nueve modelos de transición para el sur de Europa y Turquía (Kattenberg & otros, 1996). En este caso, la mayoría de los modelos sugieren aumentos de las precipitaciones invernales de hasta el 10% y reducciones de las veraniegas entre el 5 y el 15%, para la segunda mitad del Siglo XXI.

Los patrones de precipitación generados por los diferentes modelos son tan divergentes que es difícil poder confiar en una previsión única. Sin embargo, un hecho común a muchos de los experimentos es la disminución de la precipitación anual a lo largo de gran parte de la región mediterránea, al sur de los 40 y 45 °N, y un aumento de la precipitación al norte de estas latitudes (ver por ejemplo, Cubash & otros, 1996; Barrow & Hulme, 1995 y Palutikof & Wigley, 1996). Esto se ilustra por un pronóstico basado en los resultados medios de cuatro modelos de equilibrio, reducidos de escala estadísticamente para dar una idea de los cambios más localizados (12) (Figura 4, Palutikof & Wigley, 1996).

FIGURA 4: Modelo de cambios en la precipitación media (%), a lo largo de la región mediterránea, por cada °C de aumento en la media global de temperatura resultante del incremento de concentraciones de gases invernadero (Palutikof & Wigley, 1996). Se han sombreado las áreas donde se prevé que disminuyan las precipitaciones. Los valores del mapa pueden verse como un indicador general de las condiciones que podrían existir alrededor del año 2030 (13).

En este pronóstico los cambios en la precipitación anual a lo largo de la región van desde el -12% hasta el +13% por grado C de aumento en la temperatura media global. **Esto significa una disminución de las precipitaciones anuales de entre el 10 y el 40% sobre gran parte de Africa y del sudeste de España, y de hasta el 10% sobre el centro de España, sur de Francia, Grecia y Oriente Medio para el año 2100** (14). También sugiere un posible aumento de las precipitaciones de hasta el 20% sobre Italia central. Sin embargo, como resaltan los autores, la confianza que ofrecen estos escenarios es baja debido a la incertidumbre asociada con los resultados del MCG para las precipitaciones regionales.

A corto plazo, y en algunas zonas, los efectos de los aerosoles podrían contrarrestar los impactos del aumento de la concentración de gases invernadero. Para mediados del siglo próximo, el resultado de los experimentos de transición sugiere que, teniendo en cuenta el efecto de los aerosoles, podrían

aumentar ligeramente las precipitaciones sobre el sur de Europa y Turquía (Kattenberg & otros, 1996). Estos cambios no son en absoluto seguros, ya que dependen tanto del escenario de aerosoles utilizado como del modelo por el que éstos son representados. En cualquier caso, una previsión a largo plazo para el Mediterráneo sugiere que, para el 2050 en adelante, las precipitaciones podrían descender notablemente a medida que aumentan las concentraciones de gases invernadero (Palutikof & otros, 1996b).

Está claro que hay unos interrogantes notables en relación a cómo cambiarán las precipitaciones en la región mediterránea como consecuencia de la variación en la composición de la atmósfera. Sin embargo, el conjunto de las evidencias parece sugerir una disminución de las precipitaciones en gran parte de la región, con un posible periodo de transición en algunas áreas debido al efecto de los aerosoles.

#### Cambios en la Humedad Disponible

En términos de impactos ecológicos y sociales del cambio climático, los cambios en la humedad disponible son más importantes que los cambios en las precipitaciones o la temperatura aisladamente. Los niveles bajos de humedad disponible se asocian con las sequías.

La humedad disponible se determina tanto por las ganancias de agua por precipitación como por las pérdidas de agua debidas a la escorrentía y a la evapotranspiración (15). A medida que aumenta la temperatura también aumenta la evapotranspiración (mientras que el resto de los factores se mantienen). Esto significa que, incluso en donde se prevé que aumenten las precipitaciones, podría disminuir la humedad disponible al superar las pérdidas a las ganancias de agua. Es probable que el aumento previsto del gradiente de precipitación estacional conlleve una reducción de la disponibilidad de agua durante la estación de crecimiento (Kattenberg & otros, 1996; Wigley, 1992). Esto es debido a que la precipitación extra del invierno podría no quedar almacenada en el suelo y perderse como escorrentía. Los sucesos de precipitación intensa presentan un efecto similar (Segal & otros, 1994).

Los MCGs son especialmente pobres en la determinación de la humedad disponible. Esto se debe a que no consideran adecuadamente la evapotranspiración por incluir el ciclo hidrológico de forma bastante general (Rind & otros, 1992) y, también, debido a las incertidumbres sobre el nivel futuro de precipitaciones. A pesar de esto, hay un alto nivel de consistencia en los resultados de los modelos para el sur de Europa y Turquía, mostrando los modelos una disminución de la disponibilidad global de humedad en verano como consecuencia del aumento de las concentraciones de gases invernadero (Kattenberg & otros, 1996). Los resultados de tres experimentos

de equilibrio para el sur de Europa y Turquía sugieren que la humedad del suelo podría descender en el verano, para toda la zona, entre un 15 y un 25% (IPCC, 1992). Una evaluación preliminar de los cambios en el balance de agua para el este del Mediterráneo, desde Turquía hasta Egipto, también encontró una tendencia de desplazamiento hacia el norte en la línea del desierto (Segal & otros, 1994).

En un experimento transitorio reciente, se determinó una reducción de la disponibilidad de agua en gran parte del área mediterránea tanto en invierno como en verano (Gordon & O'Farrell, 1996). Esto se ve reforzado por las conclusiones de un trabajo sobre la región utilizando los datos de temperatura media y precipitaciones de cuatro experimentos de equilibrio (Palutikof & otros, 1994 y 1996b) (16). El estudio indica un cambio desfavorable en la relación de precipitación a evapotranspiración en toda el área mediterránea y en todas las estaciones. Los mayores efectos se presentan en el norte de la región extendiéndose sobre Italia, Cerdeña y Córcega, en primavera y verano. Sin embargo, el impacto sobre las actividades humanas podría ser más acusado en el sur de la región donde, incluso ahora, el agua es un bien escaso.

Una vez más, a corto plazo, los efectos del aumento de las concentraciones de gases invernadero podrían verse mitigados en algunas zonas por causa de los aerosoles. Dos experimentos de transición muestran que si se incluyen los efectos de los aerosoles, entonces la humedad global disponible podría aumentar en el sur de Europa y Turquía (Kattenberg & otros, 1996). Sin embargo, la exageración de los efectos de los aerosoles y la naturaleza localizada de su impacto significa que algunas áreas podrían experimentar condiciones todavía más secas. Lo que es más, estas conclusiones son relevantes sólo para mediados del próximo siglo. A partir de entonces, se espera que aumente la influencia relativa de los gases invernadero y la previsión a largo plazo es de unas condiciones más secas en toda la región mediterránea.

#### Cambios en los Episodios Extremos

A medida que cambie el clima variará la frecuencia de extremos climáticos en la región mediterránea, como consecuencia de los cambios tanto en el clima medio como en la variabilidad del mismo. Unas condiciones más cálidas en la zona originarían un aumento de la ocurrencia de las temperaturas extremadamente elevadas y una disminución de los sucesos de temperaturas extremadamente bajas. Hay un estudio que determina que, para mediados del próximo siglo, las temperaturas máximas actuales de Atenas podrían verse superadas la mayor parte de los meses (Barrow & otros, 1995).

Del mismo modo, es probable que las sequías sean más frecuentes en las zonas que experimenten un descenso en las

precipitaciones, ya que aumentará la probabilidad de días secos y los periodos de tiempo seco serán más largos. Lo opuesto es cierto para las áreas en las que aumente la precipitación. Un estudio informa que la probabilidad de un periodo seco de más de 30 días, en el sur de Europa, aumentaría en un factor entre 2 y 5 si se duplicara la concentración de dióxido de carbono (Gregory, 1996). Otro estudio, realizado sobre Naxos (Grecia), sugiere que una reducción del 10% en la precipitación invernal podría aumentar la longitud de los periodos secos entre un 21 y un 45%, mientras que un aumento del 10% en las precipitaciones de verano podría aumentar la longitud de los periodos húmedos en un 15% (Palutikof & otros, 1992) (18).

En general, para un mundo más cálido, los científicos esperan más episodios de lluvia fuerte en invierno debido a una intensificación del ciclo hidrológico. Si se duplican los niveles de dióxido de carbono, la mayoría de los modelos sugieren un aumento generalizado en la intensidad de las precipitaciones de entre el 10 y el 30% en la mayor parte de las latitudes (Kattenberg & otros, 1996). También parece que aumentarán las tormentas, aunque esto es menos seguro.

A gran escala, los cambios en la variabilidad del clima estarán influenciados por los cambios en la circulación atmosférica general. La Oscilación del Sur "El Niño" (ENSO) es, año tras año, una de las causas principales de variabilidad en todo el mundo (19). El Niño es conocido por provocar alteraciones en el clima a lo largo de todo el mundo (Glantz & otros, 1991). En la región mediterránea, se ha vinculado el episodio del Niño con la escasa lluvia en el oeste y el centro de la cuenca (Arkin & Xie, 1997; Lamb & Pepler, 1991; Rodó & Comins, 1996).

Hasta el momento, los científicos no están seguros de cómo cambiaría el Niño en un mundo más cálido; los modelos no simulan el fenómeno muy bien y subestiman la variabilidad. No obstante, muchos modelos indican que los episodios El Niño continuarían ocurriendo en un mundo más cálido y hay ciertas evidencias de que las anomalías en las precipitaciones aumentarían en las zonas tropicales (Kattenberg & otros, 1996). Sin embargo, algunos estudios revisados por el IPCC sugieren que "muchos de los efectos del calentamiento global podrían estar condicionados por un cambio en la magnitud y regularidad de las fases fría y caliente del Niño" (Dickinson & otros, 1996).

Para la región mediterránea, todavía tiene más importancia el comportamiento de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) (20), pero todavía se sabe poco de su posible comportamiento en un mundo más cálido. El estado de la NAO afecta de manera fundamental a los cursos de las tormentas, las temperaturas y las precipitaciones en toda Europa y en el este de América del Norte. Se ha vinculado a los valores elevados de la misma con menores precipitaciones invernales en la mayor parte del

Mediterráneo y con condiciones frías en el este (Hurrell, 1995; Palutikof & otros, 1996b; Trenberth & Shea, 1997).

A pesar de algunas incertidumbres sobre cómo cambiarán exactamente la variabilidad del clima y los incidentes extremos en la región mediterránea, la visión general sugiere un aumento en la frecuencia de incidentes extremos y, en particular, de sequías en el Mediterráneo occidental.

#### Aumento del Nivel del Mar

Localmente, el aumento aparente del nivel del mar dependerá en gran medida de los movimientos de tierra en cada zona. La mayor parte de la región mediterránea parece ser estable y es probable que experimente un aumento del nivel del mar similar al de la media global, es decir de hasta 96 cm para el 2100 (21) (Milliman, 1992; Warrick & otros, 1996). Sin embargo, el Oriente Medio y Alejandría podrían experimentar aumentos ligeramente menores, de hasta 90 cm para el 2100, ya que en estos puntos la tierra parece estar ascendiendo.

Las regiones más afectadas parece que serían los grandes deltas del Nilo, Tesalónica y Venecia que en la actualidad están descendiendo. En estas áreas, el nivel del mar podría ascender hasta 150 cm, 140 cm y 175 cm respectivamente para el 2100. En todas las zonas, el ascenso del mar traería el riesgo de inundaciones, mayor erosión y aumento de la intrusión salina en ríos y acuíferos.

La subida del nivel del mar se analiza en más detalle en el informe de Greenpeace "Subida del nivel del mar. Razones para preocuparse".

### 3. EL CAMBIO CLIMATICO OBSERVADO: SEÑALES DEL CAMBIO

Las emisiones pasadas de gases invernadero ya han afectado al balance de energía de la Tierra y los efectos sobre el clima global y regional se han hecho más marcados con el tiempo (Santer & otros, 1996). Aquí surgen dos preguntas clave: ¿está cambiando el clima? y, si lo está haciendo, ¿pueden atribuirse los cambios observados a la variación en la composición de la atmósfera?

Al menos globalmente, los científicos parecen haber detectado las primeras señales del cambio climático. Desde 1860, la temperatura media mundial ha aumentado entre 0,3 y 0,6 °C. Desde mediados de los 70, el calentamiento ha sido particularmente rápido y, desde 1983, hemos asistido a los ocho años más cálidos jamás registrados (WMO, 1997; CRU, 1997). En 1996, el IPCC anunció que este calentamiento "es poco probable que tenga un origen totalmente natural" (IPCC, 1996a). Sobre la base de una evaluación más detallada de los patrones de temperatura atmosféricos y oceánicos y los cambios en el ciclo

hidrológico, el IPCC concluye que "el conjunto de las evidencias sugiere una influencia humana discernible sobre el clima".

Como el clima global parece estar cambiando, es de esperar que el clima en el Mediterráneo también haya cambiado. Sin embargo, la detección del cambio climático a esta escala es extremadamente difícil debido a que la alta variabilidad de los climas locales tiende a enmascarar las tendencias con el "ruido" de las fluctuaciones naturales. Además, el corto periodo de observaciones hace muy difícil la identificación de tendencias claras y genera incertidumbre sobre la escala de la variabilidad natural.

Todavía es más difícil probar que los cambios observados son el resultado de la variación en la composición de la atmósfera, debido a la debilidad de los modelos para predecir los efectos regionales del cambio climático. Esto es aún más complicado por la influencia de otras actividades humanas sobre el clima (Recuadro 3), lo que podría no sólo enmascarar las tendencias subyacentes sino también acentuar o mitigar los efectos del calentamiento global.

Los registros de observaciones realmente sugieren cambios notables en el clima del área mediterránea durante los últimos años. Aunque es imposible tener la certeza de si estas tendencias son "reales" o si pueden atribuirse a la contaminación atmosférica, muchos de los aspectos de los cambios observados son consistentes con la influencia humana. En cualquier caso, sólo tendremos pruebas absolutas con el tiempo, y para entonces ya estarán teniendo lugar los impactos más importantes.

-----  
RECUADRO 3: Influencias Humanas sobre los Climas Regionales

Las actividades humanas pueden afectar de forma significativa a los climas regionales. Ya hemos discutido el efecto refrigerante de los aerosoles de sulfato, pero hay otros impactos importantes derivados de la urbanización y de otros cambios en el uso del territorio. Estos efectos complican la detección de cambios climáticos más fundamentales.

\* **La urbanización** y la contaminación asociada tienen el efecto de aumentar tanto la temperatura como las precipitaciones (Cotton & Pielke, 1995). Algunos procesos dan lugar a condiciones más cálidas, entre ellos: la ralentización de los vientos debido a los edificios altos, el calor emitido como consecuencia del uso de la energía y una reducción de la evaporación al canalizarse la lluvia por los desagües en vez de quedar retenida en el suelo. Las precipitaciones aumentan a medida que el aire se eleva y se enfría en lo que efectivamente

es una colina construida por el hombre.

Sobre los climas locales, son significativos los efectos combinados de la urbanización. En Atenas, se considera que la urbanización es responsable del aumento de 1 °C en la temperatura máxima en los últimos 20 años, que ha ocurrido a pesar del descenso en las temperaturas mínimas (Metaxas & otros, 1991). Del mismo modo, en los últimos 70 años, las precipitaciones han sido mayores de lo esperado dadas las tendencias en otras regiones cercanas (Amanatidis & otros, 1993). Durante el periodo de 1970 a 1991, el número de automóviles aumentó de alrededor de 200.000 a más de un millón, pero también se construyeron edificios mayores y más altos entre el Observatorio Nacional de Atenas y la costa.

\* **La desertificación** influye aumentando las temperaturas máximas diarias y reduciendo las precipitaciones (Cotton & Pielke, 1995). Aunque la desertificación es, en parte, un producto del cambio climático, también origina impactos importantes sobre el clima local. La degradación de la tierra tiende a reducir la humedad del suelo y esto origina una reducción de la evaporación dando como resultado un aumento de las temperaturas máximas y menos lluvias. La disminución de la vegetación tiene un efecto similar ya que reduce la cantidad de agua retenida y que, posteriormente, por medio de la evapotranspiración, da lugar a la lluvia. Ambos procesos incrementan también la reflexión, o albedo, del terreno lo que eleva las temperaturas diurnas y hace disminuir las nocturnas.

El análisis de los datos de temperatura para este siglo muestra un calentamiento casi 0,2 °C mayor en las áreas más secas que en el resto del territorio en general (Jones, 1994). Sin embargo, no está claro cuánta de esta diferencia se debe a la desertificación reciente y cuánta al estado de aridez que ya presentan muchas de las zonas secas. La desertificación es el principal problema a largo plazo en la región mediterránea y es posible que, al menos en parte, sea la causa de la disminución de las lluvias en algunas zonas.

\* **La deforestación** puede aumentar las temperaturas máximas diarias y reducir las precipitaciones del mismo modo que lo hace la desertificación (Cotton & Pielke, 1995). Experiencias realizadas en el Amazonas y en el sur de Nigeria revelan un rango mucho mayor de temperaturas sobre las tierras deforestadas (Ghuman & Lal, 1986; Salati & otros, 1978). El efecto potenciador de los bosques sobre las precipitaciones está bien estudiado, se estima que un 50% de la lluvia del Amazonas se debe a la evaporación y la transpiración (Salati & otros, 1978). En el área mediterránea, son ya muchos los siglos de deforestación y es poco probable que sus efectos distorsionen los registros recientes aunque, por supuesto, los impactos de esta deforestación estarán siempre presentes.

\* **Los sistemas de riego y los lagos artificiales** tienen sobre el clima un efecto opuesto a la desertificación. Hay un aumento de lluvia debido a la mayor disponibilidad local de agua y disminuyen las temperaturas diurnas por el incremento del albedo (Cotton & Pielke, 1995). Se han realizado pocos estudios definitivos sobre la escala de este efecto, pero las estimaciones sobre los efectos de una propuesta de anegación de zonas bajas en la región de Chott (Argelia y Túnez) sugiere que, como consecuencia, podrían aumentar las precipitaciones locales hasta 150 ml. al año (Enjer & Tjerström, 1991). Se desconoce el impacto de los regadíos existentes en, por ejemplo, Egipto e Israel, pero puede ser que éstos hayan compensado parte de la disminución general de las precipitaciones a nivel local.

Mientras que los efectos de estas actividades sobre los climas locales pueden ser bastante notables, su impacto sobre el clima global es muy reducido. En total, la urbanización es responsable de tan sólo 0,05 °C del calentamiento sobre zonas terrestres durante este siglo (Jones & otros, 1990). Se piensa que el impacto global de la desertificación es aún menor, sólo unas cuantas centésimas de grado (Nicholls & otros, 1996).

-----

#### TENDENCIAS EN LA TEMPERATURA

En la región mediterránea, los registros de temperatura de la superficie del mar muestran claras fluctuaciones en el clima durante los últimos 120 años, pero no una tendencia global (Figura 5). Este registro muestra un mínimo de temperaturas hacia el 1910 y un brusco ascenso hasta alcanzar un máximo alrededor de 1940, después de lo cual se estabilizaron durante unos 20 años. Posteriormente, mientras que las temperaturas mundiales continuaban aumentando hasta niveles sin precedentes, la región mediterránea experimentó una década de enfriamiento rápido. El calentamiento volvió a comenzar a finales de los 70, pero las temperaturas todavía permanecieron por debajo de las de los años 30 y 40 al menos hasta 1989.

FIGURA 5: Variaciones en las temperaturas anuales de la superficie del mar a lo largo del Mediterráneo entre 1873 y 1989, representadas como diferencia de frecuencias de meses cálidos menos meses fríos. La línea serrada representa los valores anuales mientras que la línea continua muestra las variaciones por décadas o escalas mayores de tiempo (Fuente: Metaxas & otros, 1991).

Este patrón básico también es evidente en los registros de temperatura superficial tanto para la cuenca oriental como para la occidental y en los registros estacionales, pero con una diferencia potencialmente importante. El enfriamiento en el este de la región durante los años 70 fue mucho más marcado que en el oeste (Metaxas & otros, 1991). Como resultado, las

temperaturas en el este permanecieron por debajo de la media hasta, al menos, el final de la década de los 80.

Sin embargo, los registros terrestres del Mediterráneo occidental y central sugieren una tendencia de calentamiento a largo plazo. Mientras que todos muestran un patrón similar de calentamiento y enfriamiento, el mínimo de los 70 es mucho menos pronunciado en gran número de lugares como por ejemplo: El Cairo, Marsella, Perpiñán y Atenas (Metaxas & otros, 1991; Repapis & Philandras, 1988). Aunque en parte esto puede atribuirse al aumento de la urbanización en los últimos 30 a 40 años, parece que el impacto total es el de un calentamiento comparable al de los registros mundiales. Esto contrasta con Jerusalén (Israel) donde las temperaturas anuales a mediados de los 70 fueron las menores de los últimos 100 años (Repapis & Philandras, 1988).

Esta diferencia este-oeste en las tendencias de las temperaturas también se ve con claridad al comparar las condiciones medias del periodo 1975-1994 con las de los veinte años anteriores (Nicholls & otros, 1996). La comparación muestra que, en promedio, las temperaturas fueron mayores durante el periodo reciente sobre el sudoeste de Europa y el noroeste de Africa. En contraste, las temperaturas medias en el Mediterráneo oriental fueron menores que en los 20 años previos. El área de condiciones más frías se centra en Turquía y se extiende hasta el oeste llegando hasta Italia, por el norte, y Libia, por el sur.

Los cambios recientes en las temperaturas a lo largo del Mediterráneo están claramente dentro del rango de variabilidad natural. Pero el patrón general de cambio es muy consistente con una simulación de MCG de cambios de temperatura sobre la región asociados a los efectos combinados de los niveles actuales de dióxido de carbono y las emisiones de azufre (IPCC, 1996a). Siendo este el caso, es posible que el calentamiento experimentado en gran parte de la región, durante la década pasada, sea un aviso de lo que está por venir. Sólo el tiempo lo dirá.

#### TENDENCIAS EN LAS PRECIPITACIONES

Desde 1900, las precipitaciones han descendido más de un 5% en gran parte de la costa del Mar Mediterráneo, con excepción del tramo desde Túnez a Libia, donde han aumentado ligeramente (Nicholls & otros, 1996a). Dentro de esta tendencia global, se puede distinguir una alternancia regular entre periodos más húmedos y otro más secos. Los registros tanto del oeste del Mediterráneo como de los Balcanes indican importantes periodos húmedos de 1900 a 1920, 1930 a 1956, y 1968 a 1980, con periodos secos intermedios (Maheras, 1987; Maheras y Kolyva-Machera, 1990). Sin embargo, al menos desde 1950 en adelante, se ha observado una ligera tendencia hacia una disminución de

lluvias en casi todas las regiones y en todas las estaciones (Figura 6; Palutikof & otros, 1996b). En el este del Mediterráneo, sólo se ha observado una tendencia clara durante el otoño.

FIGURA 6: Índice de anomalías en la precipitación anual para el Mediterráneo norte, desde Portugal hasta Siria e incluyendo las islas al norte de 35 N (Palutikof & otros, 1996b). El índice se refiere al año hidrológico desde septiembre de un año hasta agosto del siguiente.

Tales tendencias regionales enmascaran la escala de los cambios locales en las precipitaciones. **Durante el periodo de 1975 a 1994, la precipitación media fue más de un 17% menor que durante los 20 años previos sobre gran parte del noroeste de Africa, España, Italia y Grecia** (Nicholls & otros, 1996). La reciente sequía en el Mediterráneo occidental contrasta con las condiciones en el resto del norte de Africa y la cuenca oriental. Aquí, las precipitaciones durante las dos últimas décadas fueron en general mayores que las de los 20 años previos (Nicholls & otros, 1996)

El panorama cambió de forma radical en 1996, experimentando las áreas secas unas repentinas condiciones húmedas extremas y viceversa (WMO, 1997). No está claro si esto es sólo un "bache" temporal en las tendencias globales, el comienzo de una nueva tendencia o una vuelta a las condiciones más "normales" de comienzos de siglo. Si los modelos son correctos sobre los cambios de precipitación como respuesta al aumento de gases invernadero, las sequías en el Mediterráneo occidental podrían ser sintomáticas de una creciente influencia humana sobre el clima en la región. Las condiciones más húmedas del este podrían reflejar la mayor influencia de los aerosoles en este área.

#### OCURRENCIA DE EPISODIOS EXTREMOS

Las tendencias citadas en temperatura y precipitaciones se reflejan en algunos episodios extremos de los últimos años (Recuadro 4). No es posible calibrar si ha habido un aumento global en la frecuencia y magnitud de incidentes extremos sin un análisis completo de los registros estacionales. No obstante, los registros observados del Niño y la NAO -ambos han demostrado estar asociados con la ocurrencia de incidentes en el área mediterránea- muestran que realmente hay un comportamiento excepcional. Esto podría indicar a su vez que el reciente historial de incidentes extremos en el Mediterráneo es inusual.

-----  
RECUADRO 4: Extremos Climáticos Recientes en la Región Mediterránea

\* El comienzo de los 90 se caracterizó por una sequía extrema que afectó a gran parte de la región. **En 1995, la precipitación fue inferior al 75% de lo normal (1961-1990) en gran parte del Mediterráneo occidental y partes del noroeste de Africa, recibiendo España un 50% menos de lo normal (CRLJ, 1997).**

\* En los inviernos de 1991/2 y 1992/3, cayeron nevadas raramente vistas sobre muchas zonas del norte de Africa y del este del Mediterráneo, mientras que las temperaturas medias desde diciembre de 1991 hasta marzo de 1992, fueron las más frías registradas en Turquía (desde 1930) y en Jerusalén (desde 1865) (WMO/UNEP, 1994).

\* **Entre finales de septiembre y principios de noviembre de 1993, grandes áreas del sudeste de Francia, oeste de España, centro de Portugal, Córcega y el norte de Marruecos registraron una precipitación entre 2 y 3 veces mayor de lo habitual (WMO/UNEP, 1994).** En este periodo, Madrid presentó las mayores precipitaciones registradas desde que comenzaron los registros en 1854; mientras que, a mediados de noviembre de 1993, Grecia e Israel sufrieron grandes inundaciones (WMO/UNEP, 1994).

\* En 1995, llovió en algunas zonas del interior de Egipto por primera vez en casi medio siglo. Igualmente, las condiciones en Turquía y Libia fueron excepcionalmente húmedas (CRU, 1997).

-----

Tanto los fríos excepcionales del Mediterráneo oriental durante la última década, como las condiciones secas que afectan a la mayor parte de la región, han sido vinculadas con valores excepcionalmente altos de la NAO (Hurrell, 1995, Palutikof, 1996; Trenberth y Shea, 1997). Desde los años 40 hasta comienzos de los 70, los valores de la NAO disminuyeron notablemente. Esta tendencia cambió súbitamente hace 25 años, resultando elevados valores sin precedentes de la NAO desde 1980 en adelante (con la notable excepción del invierno de 1995/6). En los inviernos de 1983, 1989 y 1990, se constataron los valores de NAO más elevados desde que comenzaron los registros en 1894.

Se han conectado los cambios en el centro y el oeste del Mediterráneo con el fenómeno del Niño. El comportamiento del Niño ha cambiado de forma notable desde 1976/1977, siendo dominados los registros por los episodios del Niño y sólo en raras ocasiones por los de la Niña (Trenberth & Shea, 1997). El largo episodio del Niño, entre 1990 y 1995, es el mayor de los registrados y sería de esperar que ocurriera menos de una vez cada 2.000 años (Trenberth & Hoar, 1996). Las condiciones de La Niña volvieron bruscamente en 1996.

No está clara la medida en que los cambios observados en la NAO y el Niño son debidos al aumento de las concentraciones de

gases invernadero. Existen pruebas de que podrían haber tenido lugar episodios de persistencia del Niño, al menos, antes del periodo de datos instrumentales (Allan & D'Arrigo, 1996). Pero como apuntan los científicos climáticos Kevin Trenberth y Dennis Shea: "las observaciones sugieren que el cambio climático, por la razón que sea, está contribuyendo a (estos) cambios en la circulación, lo que viene a alterar la distribución de las rutas de las tormentas y las precipitaciones" (Trenberth & Shea, 1997).

#### 4. IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMATICO

El cambio climático tendrá consecuencias diversas y de largo alcance para la región mediterránea (Figura 7). Una preocupación inmediata es el potencial de exacerbar los problemas existentes de desertificación, recursos de agua y producción de alimentos. Pero, en último término, los impactos serán mucho mayores debido al efecto cascada en el sistema económico y social. Aunque todas las zonas se verán afectadas, el tipo y la extensión de los impactos experimentados variará de forma notable según las circunstancias locales.

Figura 7: Impacto del cambio climático sobre el medio ambiente y la sociedad (Milliman & otros, 1992)

- TEMPERATURAS MAS ELEVADAS
- MAYOR EVAPOTRANSPIRACION/CAMBIOS EN LA EROSION DEL SUELO/CAMBIOS EN LA CIRCULACION DEL AIRE/AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR
- TEMPERATURA, SALINIDAD Y CORRIENTES MARINAS/ECOSISTEMAS, PLANTAS, ANIMALES/RIESGO DE INUNDACIONES/LLUVIAS/TORMENTAS/EROSION DE LA COSTA
- AGUAS SUPERFICIALES, RECARGA DE LOS ACUIFEROS/RECURSOS HÍDRICOS
- PESQUERIAS/AGRICULTURA/INDUSTRIAS/COMERCIO/PUERTOS, CARRETERAS, ETC./PLAYA, TURISMO
- POBLACION, ASENTAMIENTOS Y BIENESTAR ECONOMICO
- CALIDAD DEL MEDIO AMBIENTE
- TEMPERATURA, LLUVIAS, ECOSISTEMAS

Aunque ha habido un aumento del número de estudios en los últimos años, todavía es difícil precisar la escala de los impactos que pueden tener lugar. En parte, esto se debe a las incertidumbres importantes de los modelos sobre el cambio climático regional. La mayor parte de los estudios se centran en los posibles impactos de unas condiciones más secas y cálidas. Sin embargo, aunque las evidencias actuales sugieren que ésta es la respuesta más probable al aumento de la concentración de gases invernadero, debe resaltarse que la confianza, particularmente en los pronósticos de precipitación, es bastante baja (ver Sección 2). También hay otras actividades, en concreto las emisiones de aerosoles, que podrían tener una influencia importante sobre el clima en algunas zonas, al menos a corto plazo.

La evaluación de los impactos del cambio climático se complica aún más por la necesidad de considerar no sólo la naturaleza del cambio climático, sino también la sensibilidad de los sistemas ecológicos y sociales al cambio, el grado de adaptación que es posible y la vulnerabilidad de cualquier sistema dado (Recuadro 5). La medida en la cual los estudios actuales tienen en cuenta estos factores es variable. Sin embargo, entre las debilidades más comunes están no considerar cómo podrían evolucionar los sistemas bajo un cambio climático progresivo a largo plazo, las interacciones entre diferentes sectores y/o las implicaciones de múltiples factores de tensión. Como resultado, parece probable que los impactos potenciales del cambio climático no sean estimados adecuadamente por muchos estudios.

No obstante, hay pruebas claras de impactos importantes en toda la región Mediterránea, sintiéndose los más agudos al sur de la división socioeconómica de Africa y Oriente Medio. Las siguientes secciones, como la mayor parte de los estudios en los que se basan, se centran en las implicaciones potenciales de condiciones más secas y cálidas en la mayor parte de la región mediterránea.

-----  
RECUADRO 5: Evaluando los Impactos del Cambio Climático

Los impactos en cualquier zona concreta dependerán de cuatro factores fundamentales:

\* **La magnitud y la velocidad del cambio climático.** Esto afectará críticamente a la medida en la que los sistemas ecológicos y sociales pueden resistir la tensión y a su capacidad para adaptarse. Los impactos del cambio climático estarán condicionados no sólo por los efectos directos de los cambios en la temperatura y otras variables climáticas, sino también por los aumentos asociados de las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono y del nivel del mar. La rápida velocidad de cambio que se contempla en todos los pronósticos de cambio climático, excepto en los de más bajo nivel, representa una amenaza de especial importancia.

\* **La sensibilidad de los sistemas ecológicos y sociales al cambio climático.** Obviamente, las zonas costeras bajas son más sensibles a los cambios del nivel del mar, mientras que durante las sequías e inundaciones de los 90 se demostró la sensibilidad particularmente del suministro de agua y la producción de alimentos. Otros problemas fundamentales como la desertificación y la degradación de los ecosistemas naturales probablemente sufran un impacto más inmediato por el cambio demográfico y el cambio de uso del terreno que por el clima; aunque incluso estas áreas, debido al cambio sustancial de las condiciones provocado por el cambio climático, presentarán un

impacto significativo a largo plazo.

\* **Las posibilidades de adaptación.** Tanto la velocidad del cambio climático como la incertidumbre sobre la naturaleza del cambio esperado hace difícil la adaptación, especialmente en aquellos sectores, como el desarrollo de infraestructuras, donde los tiempos de planificación son elevados en relación a las escalas de tiempo del cambio previsto.

\* **La vulnerabilidad de las zonas.** Esta viene determinada tanto por la sensibilidad de los sistemas al cambio como por su capacidad de adaptarse. Es probable que la vulnerabilidad quede determinada tanto por las circunstancias económicas y la infraestructura institucional como por la sensibilidad inherente al cambio climático.

Por último, es vital evaluar los impactos potenciales del cambio climático en el contexto de otras tendencias socioeconómicas y ambientales. Muchos países de la región mediterránea ya están bajo presión debido a la desertificación, el crecimiento de la población, el turismo, la contaminación y las (legítimas) aspiraciones para mejorar el bienestar socioeconómico. El cambio climático es tan sólo un factor más de tensión. Pero, la dependencia ambiental de la mayor parte de las actividades humanas significa que los cambios pueden tanto potenciar como socavar el desarrollo en la región.

-----

## DESERTIFICACION

En la región mediterránea, el cambio climático futuro es probable que agrave de forma significativa los problemas actuales de desertificación y acabe con la efectividad de los esfuerzos para combatir el problema.

La amenaza que representa la desertificación para el bienestar humano se ha reconocido internacionalmente y fue el estímulo promotor de los acuerdos del Convenio para Combatir la Desertificación en 1992. El PNUMA define la desertificación como "la degradación de la tierra en zonas áridas, semiáridas y sub-húmedas secas resultante de varios factores, incluyendo las variaciones climáticas y las actividades humanas" (ICCD, 1994). En el proceso de desertificación, el terreno biológica y económicamente productivo reduce cada vez más su productividad y su capacidad de abastecer a las comunidades que dependen de él.

La desertificación se considera uno de los problemas más serios que encara hoy día la región mediterránea (Tabla 1). El área afectada se extiende por el norte de Africa hasta Oriente Medio y a lo largo de muchas zonas de Europa, entre ellas Grecia, el sur de Italia, Sicilia, Córcega y la Península Ibérica (UNEP, 1992; Imeson & Emmer, 1992). Cada año, Turquía, Túnez y

Marruecos pierden unas 54.327, 18.000 y 2.200 hectáreas de terreno, respectivamente, debido a la erosión (UNEP, 1987).

Tabla 1: Extensión de la desertificación (%) a comienzos de los 80 (Mabutt, 1984)

Región/Tierras Productivas/Pastos/Cultivos de Secano/Cultivos de Regadío

Africa Mediterránea/Europa Mediterránea

El coste económico y humano de la desertificación es enorme. Tan solo Túnez se gasta 100 millones de dólares en combatir la desertificación (Kharrat, 1997). **La desertificación en España origina anualmente unos daños económicos de 30.000 millones de pesetas** (El Mundo, 13 de octubre de 1993; La Vanguardia, 7 de enero de 1994). Los costes humanos incluyen la malnutrición, el riesgo de hambrunas y el desplazamiento de la gente que debe abandonar sus territorios.

Gran parte de la desertificación se debe a las actividades humanas desde hace milenios. Los impactos humanos vienen del sobrepastoreo, el sobrecultivo y la deforestación y, en menor grado, del regadío y la urbanización. La degradación pasada se supone responsable de la decadencia de antiguas civilizaciones en la región y en el resto del mundo (Recuadro 6). Sin embargo, las tierras secas son particularmente vulnerables a la escasez de agua y a la sequía; como apunta el Convenio Marco sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas, "los países en zonas áridas o semiáridas o zonas sujetas a inundaciones, sequías y desertificación... son particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático" (preámbulo).

-----  
RECUADRO 6: Lecciones del Pasado, la Desertificación y el Declive de las Civilizaciones.

Las importantes consecuencias de la desertificación quedan demostradas por la destrucción de antiguas civilizaciones. Hace 6.000 años, en Mesopotamia (Oriente Medio), la producción de alimentos disminuyó, y con ella la cultura Sumeria, debido a que las pobres prácticas de riego condujeron a la salinización de gran parte del terreno (WRI/IIED/UNEP, 1989). El declive político, militar y económico de Asiria y Babilonia, hace unos tres mil años, coincidió con un periodo de calentamiento y sequía notables en la región (Neumann & Parpola, 1987). El cambio climático podría explicar esta aridez, pero también puede hacerlo la desertificación. Fuera del área mediterránea, en Rajastan, noroeste de la India, los descubrimientos arqueológicos hablan de una civilización bien desarrollada más o menos por la misma época en una zona que ahora es un desierto tropical (Cotton & Pielke, 1995). Esta transformación se cree que en parte es consecuencia de la sobrepoblación y de la desaparición de la vegetación, así como del cambio climático natural. En la región mediterránea, zonas hoy cubiertas de

matorral (pino achaparrado, arbustos, etc.) fueron en su día bosques productivos (WRI/IIED/UNEP, 1989).

-----

El cambio climático podría también afectar a la extensión de las áreas proclives a la desertificación y a la severidad y el aumento de la velocidad de la misma en las tierras secas ya existentes. A un nivel básico, las condiciones de desertificación están determinadas por factores climáticos, ya que el proceso ocurre fundamentalmente en zonas áridas, semiáridas y sub-húmedas secas (22). La reducción de la humedad disponible prevista bajo el cambio climático aumentaría la aridez de las áreas secas ya existentes y desplazaría progresivamente hacia el norte los límites de las zonas susceptibles de desertificación, en la región mediterránea, afectando a territorios que en la actualidad no están bajo riesgo.

La especial vulnerabilidad al cambio climático de los ecosistemas en las zonas áridas y semiáridas queda resaltada por el IPCC, que apunta que "(aunque) la mayor parte de los ecosistemas terrestres tienen una cierta capacidad de amortiguar los efectos de la variabilidad del clima, esto no es cierto para las tierras áridas o semiáridas, en las que incluso los más pequeños cambios del clima pueden intensificar la ya alta variabilidad natural y conducir a una degradación permanente del potencial productivo de tales tierras" (Bullock & Le Houréou, 1996).

El potencial de desertificación se eleva todavía más debido a los efectos directos del cambio climático sobre la erosión, la calidad del suelo, la salinización y el riesgo de incendio. Entre los procesos clave se incluyen los siguientes (Rosenzweig & Hillel, 1993; Imeson and Emmer, 1996):

\* A medida que el terreno se seca, se hace más susceptible a la erosión del viento, especialmente en las zonas donde no hay cobertura de vegetación o en las áreas cultivadas; esto, en último término, podría originar condiciones de un "cuenco de polvo" en algunos lugares. El peligro de la erosión por el agua podría intensificarse debido al aumento asociado de la intensidad de las lluvias.

\* Unas temperaturas más elevadas podrían dar como resultado una reducción de la fertilidad del suelo debido a las mayores velocidades de descomposición y las pérdidas de materia orgánica, y podrían afectar al ciclo de nutrientes.

\* Un descenso generalizado en las precipitaciones o un aumento de la evaporación podría originar un incremento del área afectada por condiciones salinas. **España e Italia, en particular, podrían experimentar un aumento de las zonas afectadas por baja permeabilidad, expansión y contracción, y**

**anegación de los suelos.** Las áreas costeras se verían afectadas más directamente por la salinización debido al aumento de la penetración del agua salada en los acuíferos.

\* Las temperaturas en aumento y unas condiciones más secas podrían hacer incrementar aún más el número de incendios forestales, aunque variará la extensión de la degradación de la tierra resultante de ellos. En Cerdeña (Italia), los incendios forestales son la causa más importante de erosión aguda del suelo (Aru, 1984). Un periódico español, en octubre de 1984, indicaba que **la erosión del suelo, consecuencia de los incendios forestales y las lluvias torrenciales, costaba a España más de 55.000 millones de pesetas al año** (López-Bermúdez, 1995).

También podría haber efectos de retroalimentación importantes. Por ejemplo, una reducción de la humedad superficial o de la cubierta vegetal podría aumentar las temperaturas y reducir las lluvias, a medida que se utiliza menos energía en la evapotranspiración y se recicla menos agua. En los lugares en los que se ha perdido totalmente la cubierta vegetal, la superficie del suelo se endurecerá, reduciéndose la entrada de agua y dando lugar a un ambiente todavía más seco (Bullock & Le Houérou, 1996).

Por todo esto, es imposible cuantificar el impacto combinado del cambio climático y la desertificación. En gran medida dependerá no solo del cambio climático sino también de las presiones coincidentes resultantes de otras actividades humanas y de la efectividad de las respuestas al problema de la desertificación en general. Sin embargo, como advierte el IPCC: "(la desertificación) es probable que se haga irreversible si el medio ambiente se hace más seco y el suelo se degrada aun más por la erosión y la compactación" (Bullock & Le Houérou, 1996). Así, básicamente, el cambio climático amenaza con socavar todos los esfuerzos actuales para reducir la desertificación en la región mediterránea.

## RECURSOS HÍDRICOS

En muchos países mediterráneos, el cambio climático podría acentuar los actuales problemas de escasez de agua y dar lugar a un descenso en la calidad de la misma por aumento de la concentración de contaminantes, de la salinización y de la intrusión del agua salada en los acuíferos costeros.

En muchas zonas del Mediterráneo la escasez de agua es endémica, lo que hace a estos países especialmente vulnerables a cualquier reducción en los suministros. El indicador normal de escasez de agua es de 1.000 m<sup>3</sup> por persona y año. Pero la disponibilidad de agua ya está por debajo de este nivel, o lo estará en dos o tres décadas, en los países del sur de la cuenca como: Egipto, Libia, Túnez, Argelia, Marruecos, Siria,

Malta y el Líbano (WRI/IIED/UNEP, 1997). Pero **incluso en países del Mediterráneo norte que tienen una economía saneada -como España, Italia o Grecia- hay ya problemas de agua en algunas regiones.**

La reducción de la humedad disponible, que prevén los distintos pronósticos de cambio climático, incrementaría los problemas de escasez de agua en la región mediterránea. Además, los cambios en las precipitaciones unidos al aumento de evaporación reducirían la escorrentía y los niveles de los acuíferos. La elevada sensibilidad de los recursos hídricos a la reducción de las lluvias queda reflejada en el siguiente ejemplo: se estima que, en la cuenca del Aqueloo (Grecia), una disminución del 20% en las precipitaciones haría aumentar el riesgo de fallo del sistema de abastecimiento de aguas (incapacidad de cumplir los objetivos de suministro) del actual escaso 1% hasta el 38% (Mimikou & otros, 1991).

Hay otros procesos que también podrían dañar los abastecimientos de agua. Una infiltración más pobre debida a la degradación del suelo reduciría la recarga de los acuíferos; además, los pantanos podrían verse afectados de forma importante debido al aumento de sedimentación por la erosión. Estos problemas de sedimentación ya se han presentado en el pantano de Apollakia en Rodas (Perissoratis & otros, 1996).

El problema de la reducción en la disponibilidad de agua se deberá al aumento de la demanda generado por factores socioeconómicos y al propio cambio climático. En Creta, se ha estimado que sólo el aumento de la demanda urbana podría elevar la probabilidad de cortes en el suministro desde el 20%, en 1980, hasta el 85% para el año 2000 (MEDALUS II, 1996). A medida que cambia el clima, es probable que aumente la demanda de agua para riego. Este aspecto es muy significativo, ya que el riego supone el 72% del consumo en la región mediterránea (Blue Plan, 1988). Experimentos realizados en Lesotho apuntan a un aumento del 7% en la demanda con una disminución del 10% en la escorrentía y de más del 20% de incremento de demanda con un aumento de 2 °C en la temperatura (Arnell & Piper, 1995).

El cambio climático también podría afectar de manera negativa a la calidad del agua. Una evaporación y temperatura más elevadas haría aumentar la salinidad de los lagos y los pantanos y, en las áreas costeras, el aumento del nivel del mar incrementaría la intrusión salina en los acuíferos y estuarios. En Malta, la elevación de 1m en el nivel del mar podría reducir en un 40% el agua del pantano principal (Attard & otros, 1996); mientras que en Francia se prevé la hipersalinización del Vacaress y de los lagos de menor nivel de Camargue (Corre, 1996). Los problemas de intrusión salina podrían verse exacerbados por la reducción de las escorrentías y el aumento de las extracciones por la mayor demanda. **En muchas zonas**

**costeras de Italia, España, Grecia y el Norte de Africa, la excesiva demanda ya contribuye a los problemas de intrusión salina** (Aru, 1996).

Debido a la reducción de los niveles en ríos y lagos, también podría aumentar la concentración de contaminantes. A lo largo del Mediterráneo, el vertido estacional de una diversidad de residuos ya supone un problema importante de salud y este problema podría agudizarse con el cambio climático (MEDALUS II, 1996). También la situación de Venecia -donde ya hay un vertido masivo de residuos industriales, urbanos y agrícolas- podría hacerse más crítica (Sestini, 1992).

No hay duda de que existen muchas oportunidades de mejorar el suministro mediante la gestión de la demanda y al aumento de la eficiencia en el uso del agua; por ejemplo, mediante la optimización de los sistemas de riego, los cambios en las cosechas, etc. (Kaczmarek, 1996). Tan sólo en la costa de Siria, se ha estimado que se pierde un 40% del suministro debido a la mala calidad y el mal estado del sistema de conducciones y a las captaciones ilegales (Al-Shalberi & otros, 1996). Aumentar la disponibilidad de agua por medio de la desalinización es una opción poco atractiva debido tanto a su precio como al consumo de combustibles fósiles que supone (aunque podrían utilizarse fuentes de energía renovables).

Sin embargo, como apunta el IPCC, "no se sabe si los suministros de agua evolucionarán en el futuro de forma suficiente para compensar los previstos impactos negativos del cambio climático sobre los recursos hídricos y el potencial aumento de la demanda" (IPCC, 1996b). Por ello no resulta sorprendente que, ya en 1990, el PNUMA advirtiera que "es probable que el impacto del cambio climático se sienta primero en el sistema de recursos hídricos mediterráneo" (UNEP, 1990).

## AGRICULTURA

En la región mediterránea, el cambio climático futuro afectaría de varias maneras a la producción de alimentos. Los efectos directos podrían venir del cambio mismo del clima y de los aumentos asociados en los niveles de dióxido de carbono y del nivel del mar. Pero, en muchas zonas, la producción de alimentos se vería afectada además por otros impactos climáticos como la desertificación, el aumento del riesgo de incendios, la difusión de plagas y enfermedades y por los cambios en los mercados mundiales.

No se sabe con certeza cuál será el impacto total del cambio climático sobre la producción de alimentos. Todavía no se han realizado estudios integrados sobre el impacto global que estos cambios podrían presentar. Además, la mayor parte de los estudios se centran en un cierto número de alimentos y

consideran los cambios en rendimientos bajo las condiciones actuales de cultivo y, aun en este caso, sólo con una duplicación en las concentraciones de dióxido de carbono. Sin embargo, las pruebas disponibles sugieren que el cambio climático supondrá un deterioro en la producción de alimentos en toda la región, y aumentarán los precios y la inseguridad de abastecimiento en el sur de la cuenca.

## Pastos

Es probable que el futuro cambio climático reduzca la productividad de los pastos y cambie las zonas de producción de ganado. Los impactos más serios en la producción de ganado tendrían lugar en el sur de la cuenca, donde los pastizales ya están bajo presión debido al cambio de usos del territorio y al crecimiento de la población.

En la región mediterránea, los pastizales son el sustento de un gran número de personas mediante el mantenimiento del ganado y la producción de forraje. Ya están disminuyendo en toda el área pero particularmente en el sur, donde el 50% de los pastos esteparios han desaparecido, en favor de los terrenos agrícolas, en los últimos 30 años (Le Houérou, 1992). Esta desaparición en aumento es una de las principales causas de desertificación en el Norte de Africa y en Oriente Medio (Le Houérou, 1988). La fragmentación de los pastizales podría aumentar su vulnerabilidad frente al cambio climático (Archer, 1994). Como apunta el IPCC, "(con) la suma del cambio climático a los impactos actuales, los pastos serían más vulnerables a los extremos climáticos como las sequías, las inundaciones excepcionales y las plagas de insectos" (Allen Díaz, 1996).

El aumento de los niveles de dióxido de carbono empeoraría las condiciones de alimentación para el ganado en la región, ya que se incrementaría la relación carbono/nitrógeno en el forraje reduciéndose el valor alimenticio (Allen Díaz, 1996). Además, una reducción en la humedad disponible cambiaría la distribución de especies favoreciendo a las plantas más tallosas y menos adecuadas para el consumo. Otro efecto más del cambio del almacenamiento del carbono desde el suelo a la biomasa es que, probablemente, afectaría de forma negativa a la estabilidad del suelo y aumentaría la erosión.

A medida que cambia el clima, variarán las zonas de pasto como respuesta a los cambios en el balance de agua. Una duplicación de los niveles de dióxido de carbono (o su equivalente) llevaría los límites climáticos de las estepas de hierba y pequeños arbustos de 300 a 500 km. hacia los polos a expensas de las zonas de matorral. En los países mediterráneos europeos, se espera una expansión hacia el norte de las zonas de matorral improductivo debido al abandono de la tierra agrícola por razones climáticas y socioeconómicas, al aumento de los grandes incendios y a la disminución de la ganadería extensiva (Allen-

Díaz, 1996).

Los efectos potenciales del cambio climático sobre los pastizales del Norte de Africa y de Oriente Medio son mucho más serios. Tan sólo la reducción prevista de la humedad disponible significaría un avance hacia el norte del desierto. La disminución de la cobertura vegetal podría hacer aumentar la erosión y conducir a una pérdida irreversible de potencial productivo (Parton & otros, 1993). Es posible que esta "respuesta natural" se deba a la desertificación debido a la sobreexplotación de los pastizales y a la tendencia actual de conversión de pastos en terrenos agrícolas. El resultado neto es que, para el año 2050 (o antes), se espera que la mayor parte de los pastos esteparios hayan dado paso al desierto (Le Houérou, 1992; Allen-Díaz, 1996).

La desertificación de las estepas del Norte de Africa y de Oriente Medio tendría implicaciones significativas para la industria ganadera y la economía de estas zonas. Más del 50% de la industria bovina está en la zona de estepa árida y para sobrevivir tendría que depender cada vez más de la importación de alimento y del mercado internacional de cereales (Le Houérou, 1992). Por tanto, las economías nacionales podrían sufrir dos duros golpes: primero, por un descenso en la contribución económica de la industria ganadera y, segundo, por el coste de la importación de más alimentos. Como apunta el IPCC, las pérdidas de las economías nacionales podrían "tener serias implicaciones para las políticas de alimentación de muchos países subdesarrollados y para las vidas de miles de personas que viven del pastoreo" (Allen-Díaz, 1996).

#### Producción de las Cosechas

Los futuros cambios del clima afectarían significativamente a los rendimientos de las cosechas y posiblemente a su crecimiento. Sin embargo, el impacto total en la producción de las cosechas estará determinado por la capacidad de los agricultores de adaptarse a medida que aumentan los problemas actuales sobre el uso del agua y de la tierra. Habrá marcadas diferencias norte-sur tanto en los impactos como en las respuestas, teniendo que encarar el sur los mayores problemas.

En la región mediterránea, la producción de cosechas es importante tanto para el consumo doméstico como para la exportación. En la actualidad, la agricultura mediterránea engloba la práctica totalidad de la producción mundial de aceituna, el 60% de la producción vinícola, el 45% de la producción de uva, el 20% de la de cítricos y alrededor del 12% de la de cereales (FAO, 1993). Hoy día, el Mediterráneo norte es autosuficiente en la producción de alimentos, mientras que el sur produce sólo el 60% de su consumo (Rosenzweig & Tubiello, 1997). Incluso en ausencia del cambio climático, es probable que se deteriore la seguridad alimenticia básica en

los países del sur debido al aumento de la población, el cambio de usos del territorio y los problemas de agua. **El uso del agua también se ha convertido en un problema en España, Grecia y el sur de Italia.**

El incremento de los niveles de dióxido de carbono podría hacer aumentar el rendimiento de las principales cosechas de alimentos como resultado de las mayores tasas de fotosíntesis y la mejora en la eficiencia en el uso del agua. Bajo condiciones controladas, el rendimiento de las plantas C3 -tales como trigo, arroz, soja y cebada- aumenta un 30% al doblar los niveles actuales de dióxido de carbono (Cure & Acock, 1986; Rogers & Dahlman, 1993). La respuesta medida para las plantas C4 -como maíz, caña de azúcar, mijo y sorgo - es mucho menor. Sin embargo, hay un debate considerable sobre si estos beneficios tendrían lugar o no en la realidad.

Es probable que el cambio climático origine un desplazamiento hacia el norte de las zonas de crecimiento de las cosechas. Así, algunas zonas serán cada vez menos adecuadas para el crecimiento de cereales e irán mejor para otro tipo de cosechas. Normalmente, se usan modelos de respuesta de las cosechas para evaluar los efectos potenciales tanto del aumento del dióxido de carbono como de los cambios en el clima. Los resultados de estos modelos muestran que, en el área mediterránea, podrían disminuir los rendimientos de cereales y otras cosechas debido al incremento en la frecuencia de las sequías (Reilly, 1996).

Los resultados regionales de un modelo mundial sobre respuesta de las cosechas, para tres escenarios de equilibrio, sugieren que el rendimiento de algunas de las principales cosechas podría disminuir en el Norte de Africa y Oriente Medio (Tabla 2, Rosenzweig & otros, 1993; Reilly & otros, 1993) (23). En algunos pronósticos, las pérdidas de rendimiento estimadas son de más del 20% para el trigo, el maíz y otros cereales bastos, incluso incluyendo los efectos del dióxido de carbono. Se estima que las mayores pérdidas, hasta del 50% en el caso del trigo, tendrían lugar en Egipto. Hay otros trabajos recientes que apuntan también a la posibilidad de grandes pérdidas de rendimiento, en Egipto, para el trigo y el maíz (El-Shear & otros, 1997). Incluso admitiendo la posibilidad de la adaptación, es posible que haya grandes disminuciones de los rendimientos en el sur y el este de la región mediterránea (24).

Tabla 2: Cambios de rendimiento, estimados por región, para las principales cosechas. El rango tiene en cuenta los resultados de tres escenarios MCG de equilibrio para una duplicación del dióxido de carbono e incluye los efectos directos del dióxido de carbono. Las estimaciones son de Rosenzweig & otros (1993) y Reilly & otros (1993).

- Cambio de rendimiento (%) por región: Comunidad Europea/Europa del Este/Egipto/Oriente Medio y Norte de Africa petrolífera/Oriente Medio y Norte de Africa-resto.

-Cosecha: Trigo/Maíz/Otros Cereales Bastos/ Arroz/ Soja /Otras Semillas Oleosas/Algodón/ Azúcar(refinada)/Tabaco

\*Disminución del rendimiento bajo al menos un escenario climático sin tener en cuenta el efecto fertilizante del dióxido de carbono.

\*\*Disminución del rendimiento bajo al menos un escenario climático considerando el efecto fertilizante del dióxido de carbono y una cierta adaptación.

La región de la Comunidad Europea incluye: Portugal, España, Francia, Italia y Grecia.

La región de Europa del Este incluye: Albania y la antigua Yugoslavia.

La región Oriente Medio y Norte de Africa-productores de petróleo- incluye: Siria, Argelia, Túnez y Libia.

La región Oriente Medio y Norte de Africa-resto de los países- incluye: Turquía, Chipre, Líbano, Israel y Marruecos.

El estudio que modeliza las cosechas mundiales sugiere unas perspectivas más prometedoras para el conjunto de los países europeos, pero el estudio en detalle por países sugiere una producción de cereales pobre en el sur de Europa. **Todos los experimentos realizados para España, sur de Italia y Grecia muestran una disminución en los rendimientos del maíz, incluso teniendo en cuenta los potenciales efectos benéficos de fertilización debidos al dióxido de carbono** (ver estudio de Rosenzweig & Tubiello, 1997)

\* Un estudio determinó que bajo el escenario de rango medio del IPCC, los rendimientos en Karditsa (Grecia central) podrían caer un 8% para el 2030 y que, para el 2050, la posibilidad de obtener rendimientos similares a los actuales sería prácticamente nula (Kapetanaki & Rosenzweig, 1997). Para una zona del norte de Grecia, se han calculado disminuciones del rendimiento del doble de esta cantidad.

\* **Un estudio de las implicaciones del cambio climático para la producción de maíz en España, sugiere que "la reducción de los rendimientos y el aumento del problema de disponibilidad de agua para el riego... podría acabar con el cultivo en algunas regiones"** (Iglesias & Mínguez, 1997). Esto también podría suceder en otras zonas del Mediterráneo.

Las perspectivas para el trigo en el sur de Europa son más inciertas. Los experimentos clima/cosecha para varios escenarios climáticos diferentes sugieren que los rendimientos para el trigo podrían aumentar en los países del norte mediterráneo (Harrison & Butterfield, 1995; Iglesias & Mínguez, 1997). Sin embargo, esta previsión podría ser demasiado optimista ya que el aumento de los rendimientos se atribuye en

gran medida al dióxido de carbono y esto, de momento, es bastante cuestionable. De hecho, los resultados de otros experimentos en los que no se incluyen los efectos del dióxido de carbono sugieren que podrían disminuir los rendimientos en el norte y el centro de Italia (Bindi & otros, 1993).

En conjunto, es probable que el futuro de las cosechas de cereales sea bastante peor que lo previsto por los modelos clima/cosecha. Esto se debe a que los modelos tienen muchas limitaciones inherentes que, posiblemente, les hacen sobrestimar los rendimientos (Recuadro 7). Ya se han descrito las incertidumbres que rodean los efectos del dióxido de carbono. Además, hay que tener en cuenta la incapacidad de los modelos para considerar el impacto de los incidentes extremos, las condiciones del suelo, la competición por los suministros de agua, los cambios en la frecuencia y distribución de las plagas, y la elevación del nivel del mar.

-----  
RECUADRO 7: ¿Falso Optimismo? Experimentos Clima/Cosecha

Los experimentos de modelización clima/cosecha presentan muchos supuestos muy optimistas, entre ellos:

\* **Los efectos de fertilización por CO<sub>2</sub> se consideran en su totalidad** - podrían haberse sobrestimado los efectos de la fertilización del dióxido de carbono sobre los rendimientos. Ya que los resultados usados para calibrar los modelos podrían no reproducirse en el campo con condiciones variables, ventosas y afectado por plagas (Körner, 1990).

\* **La variabilidad del clima no cambiará**- los cambios en la frecuencia y magnitud de los extremos climáticos (por ejemplo periodos prolongados de altas temperaturas, sequías y otros) podrían generar un impacto mayor que el cambio climático solo (Semenov & Porter, 1994).

\* **Los nutrientes no están limitados y las enfermedades y plagas de insectos están bajo control**- asegurar estas condiciones requeriría el uso de agroquímicos de coste elevado y podría hacer los procesos inviables desde el punto de vista económico.

\* **Hay agua de riego disponible con un suministro ilimitado** (supuesto algunas veces, no siempre)- en realidad, las reducciones en la disponibilidad de agua aumentarían la competitividad entre los distintos sectores por el suministro de agua.

\* **No hay problemas en cuanto a la condición de los suelos**- los hay.

\* **No se tiene en cuenta, sobre la producción, la degradación de**

**la tierra o la elevación del nivel del mar-** esto podría ser de especial importancia en el sur del Mediterráneo.

En conjunto, estas limitaciones sugieren que los experimentos clima/cosecha podrían dar rendimientos más elevados de los que en realidad se alcanzarán. Así, mientras que tales experimentos pueden dar una idea de la sensibilidad de determinada cosecha frente al clima, sus resultados deben ser considerados con reservas.

-----

En todas las zonas, la producción de cosechas podría verse afectada negativamente por los cambios en la incidencia de las enfermedades de las plantas y las plagas de insectos. Los inviernos más suaves podrían hacer aumentar las epidemias de mildiu, del moho de hoja marrón de la cebada y del moho de los cereales (Meier, 1985), mientras que también reducirían la incidencia de la mayor parte de las enfermedades por hongos. Las temperaturas más elevadas también podrían originar una proliferación de las plagas de insectos, ya que unas estaciones más cálidas y cada vez de mayor duración darían tiempo para que las plagas se reprodujeran con mayor frecuencia (Pimentel & Pimentel, 1978). Irónicamente, la respuesta a estas plagas podría hoy por hoy dañar la producción agrícola a largo plazo. Por ejemplo, un aumento en el uso de pesticidas haría aumentar la degradación del suelo y por tanto su erosión (Baric & Gasparovic, 1992).

En muchas regiones, el aumento previsto de la frecuencia de altas temperaturas y sequías podría socavar la producción agrícola. **La sequía de 1993 ilustra bien los impactos de tan sólo un corto periodo de condiciones extremas ya que, en algunas zonas de España, hizo que se perdiera la mitad de la cosecha. En la cuenca del río Segura (sudeste de España), no pudieron regarse 10.000 hectáreas y se perdieron 400.000 toneladas de hortalizas** (Revista del MOPT, Enero 1994). Así que, en último término, la producción de las cosechas podría verse amenazada por el aumento de la frecuencia de estas condiciones. **Un estudio sugiere que la reducción prevista en la humedad disponible haría que los suelos se volvieran inadecuados para el cultivo de cereal en muchas zonas de España, el sur de Italia y Grecia** (Le Houérou, 1992).

A medida que se deterioran las condiciones para los cereales, aumentarán las oportunidades para otro tipo de cosechas. Un clima más cálido y con estaciones más largas extendería la zona de cítricos y aceituna a gran parte del norte del Mediterráneo. Un estudio sugiere que un calentamiento de 3 °C podría extender el área de cítricos en Europa por un factor 3, cerrando así el mercado europeo a este producto (Le Houérou, 1992). Sin embargo, un estudio para la región de la bahía de Kastela (Croacia) es más pesimista: "ya en la actualidad las

cosechas de cítricos y kiwis son imposibles sin sistemas de riego, por lo que pueden esperarse problemas con estas cosechas en el futuro debido a la limitación de agua" (Baric & otros).

En el sur del Mediterráneo, también podría aumentar la extensión de la producción de aceituna. Lo que es más, si hay un suministro adecuado de agua, podría abrirse la posibilidad de cultivo para más especies tropicales como aguacate, mango, plátano, papaya y caña de azúcar (Le Houérou, 1992).

En todas las áreas costeras la producción de cosechas es vulnerable a la elevación del nivel del mar. Aunque la extensión de la inundación podría ser limitada, se esperan problemas por aumento de la intrusión salina y de la anegación debido al mayor nivel de la capa freática. La zona más vulnerable, y más estudiada, es el Delta del Nilo (Egipto). Si el nivel del mar aumenta 1 m, podría perderse entre el 12 y el 15% de la tierra agrícola existente en el Delta (Nicholls & Leatherman, 1995). Incluso un aumento de 0,2 a 0,4 m del nivel del mar podría acabar con la producción agrícola en un área de 20 km. tierra adentro (El-Shaer & otros, 1997).

El impacto actual del cambio climático sobre la producción agrícola dependerá, no sólo de la naturaleza del cambio, sino también de factores demográficos y socioeconómicos. Estos factores significan que probablemente habrá grandes diferencias norte-sur en los impactos del cambio climático sobre la producción. La producción de cereales ya es marginal en gran parte del sur de Europa y, según un estudio, "podría llegar a ser insostenible si empeora el balance hídrico, particularmente si, como se espera, el precio de los cereales en los países de la CEE disminuye progresivamente al precio de los mercados mundiales" (Le Houérou, 1992). Como resultado, las tierras con cereales en el norte del Mediterráneo parecen destinadas a desaparecer a medida que cambia el clima, convirtiéndose a otros usos las tierras marginales.

Esto contrasta notablemente con la situación en el Norte de Africa y Oriente Medio donde se prevé que, a pesar de los problemas en aumento, la producción de cereales podría continuar (Le Houérou, 1992). En las zonas semiáridas, la reducción de la humedad disponible podría originar que la esperanza de vida de las cosechas disminuyera alrededor de un 20%, cayendo a niveles del 50-60%. En las zonas áridas, se espera que la esperanza de vida de las cosechas baje hasta la quinta parte, o menos, de su valor actual. A pesar de las pérdidas en las cosechas, y debido a la presión demográfica, es probable que tanto en las zonas áridas como en las semiáridas continúe la producción de cereal e incluso que se amplíe el área destinada a este fin (Le Houérou, 1992). Como resalta el IPCC, tal expansión podría traer sus propios problemas, "(en) los países mediterráneos africanos y asiáticos, el aumento de la zona agrícola y del sobrepastoreo en zonas marginales...

producirá probablemente una mayor degradación de la cubierta vegetal y pérdida de suelo" (Allen-Díaz, 1996).

No está claro si los países mediterráneos, de ambos bloques socioeconómicos, serán capaces de aprovechar las oportunidades de nuevas cosechas que pueden presentarse. Un estudio sugiere que en el Mediterráneo norte "el cultivo del olivo disminuirá inevitablemente, a pesar de las condiciones más favorables, debido al aumento de los costes de mano de obra y a la dificultad de desarrollar una recogida mecánica" (Le Houérou, 1992). Mientras que otro estudio, sobre Túnez, apunta que: "podría generarse un gran aumento del cultivo del olivo en la llanura de Mateur, excepto en el caso de que las cuotas previstas de importación de la CEE sobre los productos de la aceituna limitaran este cambio" (Hollis, 1992).

Está claro que, a medida que cambia el clima, serán necesarios cambios radicales en la práctica agrícola y en las políticas. La pregunta clave es: ¿podrán hacerse estos cambios? El IPCC no es muy optimista, resaltando que "hay incertidumbres significativas sobre la capacidad de las diferentes regiones para adaptarse con éxito al cambio climático previsto" (IPCC, 1996a). El IPCC continúa diciendo que "(durante) los periodos de escasez de agua, disminuirán los emplazamientos agrícolas antes que los de otro tipo de usos". Para los países del sur en vías de desarrollo, la medida en la cual puedan adaptarse dependerá principalmente de si pueden permitirse las medidas apropiadas y el acceso tanto al conocimiento como a la tecnología.

### Seguridad Alimentaria

Más importante que la producción de alimentos es la pregunta: ¿tendrá la gente lo suficiente para comer? Y si lo tiene, ¿a qué coste? El peligro de hambre o malnutrición depende de una serie de factores, de los cuales la producción local de alimentos es sólo uno. Entre estos factores están: los cambios en el mercado mundial de productos agrícolas, las tendencias de población, el bienestar económico nacional y la distribución de los ingresos. La experiencia nos dice que no basta con que mundialmente se produzca la comida suficiente, es necesario que la gente pueda tener acceso a ella.

Incluso hoy día, hay diferencias significativas en la vulnerabilidad frente al hambre en los países mediterráneos. La mayor parte de los países europeos disfrutan de un nivel elevado de seguridad alimentaria, mientras que Marruecos y Argelia presentan tan sólo un nivel de seguridad moderado (Downing, 1992) (25). Incluso en ausencia del cambio climático, parece probable que la seguridad alimentaria en los países del sur bajará debido al crecimiento de la población, el bajo nivel de desarrollo económico y la creciente degradación de la tierra.

Evaluar los impactos del cambio climático sobre la seguridad alimentaria es enormemente complejo. Para hacerlo se requiere no sólo una modelización del clima y de las cosechas, sino también una modelización económica del sistema mundial de comercio, sumando así otro nivel de incertidumbre. No obstante, los resultados de los primeros estudios sugieren implicaciones potenciales importantes para los países del sur del Mediterráneo. Se han utilizado modelos sobre el comercio mundial para examinar las implicaciones de tres pronósticos climáticos de MCGs de equilibrio y los cambios asociados de rendimiento en las cosechas (con o sin el efecto del dióxido de carbono y con o sin adaptación) en relación a los precios de los alimentos y el bienestar nacional (Reilly & otros, 1993) (26).

Los resultados muestran que, si no se tiene en cuenta ni el dióxido de carbono ni la posibilidad de adaptación, prácticamente todas las mercancías serían más caras. En todos los pronósticos climáticos al menos se dobla el precio del trigo, el arroz, los cacahuetes, el algodón, el azúcar y el tabaco; y hay un pronóstico que sugiere que los precios del arroz y el tabaco podrían dispararse hasta un 500%. Incluso si se tienen en cuenta el dióxido de carbono y la adaptación, entonces, según al menos dos de cada tres pronósticos, podrían aumentar los precios de los productos clave como el trigo, maíz, sorgo, azúcar, ternera, cerdo y pollo.

El aumento de los precios significa que los exportadores agrícolas saldrían ganando incluso aunque caigan sus suministros, pero algunos países importadores de alimentos podrían sufrir pérdidas económicas incluso aunque potencien la producción de alimentos. La evaluación del bienestar neto para las regiones que engloban a los países mediterráneos sugiere que todas podrían tener pérdidas sustanciales en términos económicos, aunque, bajo los pronósticos más optimistas, hay la oportunidad de una pequeña ganancia (Tabla3).

Tabla 3: Implicaciones para el bienestar económico del impacto del cambio climático sobre la producción agrícola mundial. El rango tiene en cuenta los resultados de tres pronósticos de MCGs de equilibrio para una duplicación de los niveles de dióxido de carbono e incluye los efectos directos del dióxido de carbono. Los datos se tomaron de Reilly & otros, 1993

-Cambio Neto en el Bienestar (Millones de dólares USA de 1989)  
-Región/Comunidad Europea/Europa del Este/Egipto/Oriente Medio & Norte de Africa-petrolífero/Oriente Medio & Norte de Africa-otros.

\* Los rendimientos disminuyen en al menos un pronóstico climático si no se tiene en cuenta el efecto fertilizante del dióxido de carbono.

\*\* Los rendimientos disminuyen en al menos un pronóstico

climático, aun teniendo en cuenta el efecto fertilizante del dióxido de carbono y cierto nivel de adaptación.

Para la composición de las regiones, ver la tabla 2.

Para los países desarrollados, tales pérdidas podrían no ser un problema, pero en los países más pobres en vías de desarrollo hay un riesgo de malnutrición, inanición o hambre. En la región mediterránea, los países con más riesgo parecen ser Albania, Argelia, Egipto, Líbano, Marruecos, Siria y Túnez, todos los cuales tienen un Producto Interior Bruto inferior a 2.000 dólares por persona y año, seguidos de cerca por Croacia y Turquía (datos de 1993 de WRI/IIED/UNEP, 1997).

## GRANDES IMPLICACIONES SOCIOECONOMICAS

Casi todos los aspectos de las sociedades humanas dependen del clima y la mayor parte se verían afectados por el cambio climático, bien directamente o indirectamente a través del efecto cascada en el sistema socioeconómico. Los impactos combinados presentarían un riesgo mucho más importante para la sociedad humana que los efectos de cualquier sector individual.

Como hay pocos estudios integrados sobre los impactos del cambio climático en la región mediterránea, es imposible estimar todas las implicaciones que tendría. No obstante, incluso una somera evaluación en cuatro sectores: salud humana, ecosistemas naturales, industria e infraestructuras, ilustra la potencial importancia y diversidad de las amenazas que entraña el cambio climático.

### Salud Humana

En un informe de la OMS/PNUMA de 1995, Anthony McMichael declara que "al desestabilizar el clima mundial y sus ecosistemas dependientes, estamos creando riesgos nuevos y más generalizados para la salud pública" (WHO/UNEP, 1995). Esta conclusión se ve reforzada por otro estudio del IPCC (McMichael, 1996). Los efectos directos vendrán del aumento de la frecuencia y severidad de las olas de calor y otros extremos climáticos. Sin embargo, es probable que los impactos más importantes sean las consecuencias del propio cambio climático como por ejemplo la distribución y frecuencia de las enfermedades infecciosas, la calidad del agua, la seguridad alimentaria y la elevación del nivel del mar.

La cuantificación de todos los impactos sobre la salud es extremadamente difícil. En parte, esto se debe a que muchas de las técnicas de modelización están todavía en pañales, pero también a que los impactos dependerán de muchos factores interactivos tales como otras tendencias medioambientales, los recursos sociales y el estado de salud preexistente. No obstante, existe un conocimiento suficiente para identificar algunas de las causas principales que pueden poner en riesgo la

salud de la población del área mediterránea debido al cambio climático.

Un aumento en la frecuencia y severidad de las olas de calor haría aumentar los porcentajes de muerte y enfermedad. Algunos de los efectos más importantes se dejarían sentir en las grandes ciudades, donde un calor extremo puede agravar los problemas locales de contaminación y aumentar la incidencia de enfermedades respiratorias. La sensibilidad de la población mediterránea a esta posibilidad queda reflejada por las condiciones de Atenas, de junio a agosto de 1993, donde una combinación de contaminación y altas temperaturas durante una ola de calor dio lugar a que más de un millar de personas necesitaran atención médica (WMO/UNEP, 1994).

El incremento de extremos climáticos tales como tormentas o lluvias intensas haría aumentar los porcentajes de enfermedad y muerte. Las lluvias torrenciales y las inundaciones y/o la destrucción asociada con ellas son ya causas de muertes en los países mediterráneos. Por ejemplo, las lluvias torrenciales de septiembre de 1991, en el sur de Francia, originaron unas inundaciones en las que murieron 32 personas (WMO/UNEP, 1994). Sucesos como éste podrían ser cada vez más comunes si se intensifican las lluvias a medida que cambia el clima.

Unas condiciones más cálidas podrían hacer aumentar la incidencia y el alcance de enfermedades infecciosas tales como la malaria, la fiebre del dengue, esquistomosis y la fiebre amarilla. En los últimos años, ha aumentado la presencia del caracol que difunde la esquistomosis en todo el mundo debido al incremento del regadío. El cambio climático podría hacer aumentar la incidencia de las esquistomosis al menos en Egipto (Gillet, 1974; WHO, 1990). En la actualidad, los caracoles pierden sus infecciones en el invierno pero, con temperaturas más elevadas, podrían causar la infección todo el año. El cambio climático también aumentará la extensión de las áreas de malaria.

El cambio climático ya está jugando un papel importante en el resurgimiento de las enfermedades infecciosas en todo el mundo. Incluso con el aumento mínimo de temperatura experimentado hasta la fecha, se están encontrando la malaria y el dengue en Africa, Asia y América Latina a latitudes más altas que en todo lo que va de siglo (WHO/UNEP, 1995). La medida del impacto que tenga el cambio climático sobre la salud dependerá en último término de los descubrimientos para atajar la creciente resistencia a los pesticidas y medicamentos.

Algunos de los impactos más importantes es probable que vengan del deterioro económico-social de las zonas afectadas por la desertificación y por la elevación del nivel del mar. La disminución en la producción de alimentos y el aumento de los precios podrían incrementar significativamente el riesgo de

malnutrición y hambre en países con pocos o inadecuados mecanismos de ayuda social. La escasez de agua y el aumento de la concentración de los contaminantes podría, junto con las elevadas temperaturas, hacer aumentar el problema del cólera, la salmonela y la disentería. Este problema se debería, en parte, a los daños en los sistemas de drenaje y alcantarillado debidos al aumento del nivel del mar (Attard & otros, 1996).

En la región mediterránea, los impactos sobre la salud de la población variarán notablemente en términos del riesgo a que está expuesto cada país en concreto y, lo que es más importante, en relación a los servicios disponibles y al bienestar económico. Es probable que los problemas más importantes los tengan que afrontar aquellos países que, en la actualidad, presentan peor situación, en el Norte de Africa y Oriente Medio. En estas zonas, las tasas de mortalidad infantil entre los menores de cinco años son ya seis veces mayores que las de los países del sur de Europa. El cambio climático podría hacer aumentar aún más esta diferencia.

#### Ecosistemas Naturales

El futuro cambio climático y los cambios ambientales asociados amenazarían de forma directa a los ecosistemas naturales de la región mediterránea, entre ellos las reservas de la biosfera y las zonas húmedas de reconocida importancia internacional (Figura 8; Milliman & otros, 1992). Los ecosistemas tienen tanto un valor intrínseco como un valor para la humanidad ya que proporcionan una variedad de bienes y servicios, desde leña hasta sujeción del suelo y desde el filtrado de la contaminación hasta zonas de recreo.

Figura 8: Humedales de importancia internacional, reservas del Programa Hombre y Biosfera (MAB) y puntos de interés cultural mundial de la UNESCO.

A pesar de la protección legal, los ecosistemas naturales del área mediterránea se están perdiendo o están siendo dañados como consecuencia, por ejemplo, del cambio de uso del terreno, la contaminación y el desarrollo de infraestructuras. Pero el cambio climático representa una amenaza todavía mayor para la integridad de los ecosistemas y las actividades que éstos mantienen.

El cambio climático afectará directamente a los ecosistemas por los efectos asociados al aumento de los niveles de dióxido de carbono, la elevación del nivel del mar y los cambios en la temperatura y otras variables climáticas. Pero también habrá impactos secundarios, por ejemplo, el incremento en la frecuencia de las sequías puede hacer disminuir la resistencia de los árboles frente a las plagas.

La capacidad de los ecosistemas naturales para responder a los

cambios en los límites climáticos dependerá principalmente del nivel de cambio. Mientras que los animales terrestres y las aves pueden responder con bastante rapidez, como resalta el IPCC, "es poco probable que las futuras tasas de migración de las especies (árboles) puedan alcanzar los niveles que, se cree, puede generar el cambio climático" (Kirschbaum & others, 1996). En teoría, algunas especies de plantas podrían adaptarse a la velocidad de cambio, pero, en la práctica, su capacidad para establecerse en un lugar nuevo estará limitada por la extensión de la desertificación y por el uso humano del territorio. Como consecuencia, podrían perderse muchos hábitats y especies valiosas.

Los humedales podrían verse afectados tanto por las condiciones más secas como por la elevación del nivel del mar. La acusada sensibilidad de los humedales frente a temperaturas más elevadas queda reflejada por los resultados de un estudio que sugiere que un aumento de 3 a 4 °C disminuiría la extensión de humedales hidrófitos, en el sur de Europa, de un 70 a un 80% (Brock and van Vierssen, 1992). El IPCC señala que la elevación del nivel del mar junto con las actividades humanas podrían hacer peligrar a la mitad de los humedales costeros mundiales, incluyendo a los del mar Mediterráneo (Warrick & otros, 1996).

Un estudio sobre el Parque Nacional de Ichkeul (Túnez) ilustra los potenciales efectos devastadores que puede tener el cambio climático al combinarse con otras presiones (Hollis, 1992). Este estudio muestra que la combinación de un aumento de la temperatura con el proyecto de una presa causaría la pérdida de todas las plantas alimenticias para invernación y cría de las aves acuáticas y la desaparición de importantes pesquerías nacionales. Algunos grupos de pájaros, en particular flamencos y zancudas, podrían beneficiarse pero sólo de manera marginal.

En el caso de los ecosistemas naturales, la posibilidad de adaptación por la intervención humana es limitada ya que, de momento, no hay forma de mantener la diversidad de las especies e integridad de los ecosistemas de modo artificial al encarar un cambio ambiental a largo plazo.

#### Industria e Infraestructura

Los impactos sobre la industria serán variables; con el cambio climático algunas se beneficiarán y otras sufrirán pérdidas. Las industrias de procesado de alimentos se verán afectadas si desciende la producción de éstos, mientras que la industria de las bebidas sin alcohol podría ser una de las beneficiadas; por ejemplo, durante los seis primeros meses de 1993, los habitantes de Sevilla se bebieron 11.000 millones de pesetas de agua embotellada (Revista del MOPT, Enero 1994). Sin embargo, ésta y otras industrias podrían verse afectadas negativamente por las irregularidades en el suministro de agua y energía.

El suministro de energía eléctrica podría verse reducido de forma significativa si aumenta la frecuencia de las sequías y/o hay una reducción global en las escorrentías y un aumento de la evaporación. Esta posibilidad ya se ha identificado en Grecia, donde un estudio señala un gran aumento en la probabilidad de ser incapaz de generar la energía de diseño (según la potencia instalada) a partir de las reservas hidroeléctricas (Mimikou & otros, 1991). El alcance, y la posible inmediatez, de este problema se puso de manifiesto en 1993, durante un periodo de sequía prolongada, por las restricciones hidroeléctricas y de riego que sufrió Marruecos (WMO/UNEP, 1994).

El previsto aumento de la intensidad de las lluvias también podría causar grandes daños. En julio de 1991, en Turquía, unas precipitaciones y tormentas excepcionalmente fuertes causaron inundaciones generalizadas, varias muertes y grandes daños desde Estambul hasta Samsun; entre los daños estuvieron el derrumbamiento de varios puentes y la caída de tendidos eléctricos (WMO/UNEP, 1994).

Es probable que los impactos más importantes, tanto sobre la industria como sobre la infraestructura, los cause la elevación del nivel del mar. La zona costera alberga centrales térmicas y nucleares (Figura 9) y otro tipo de industrias, entre ellas: 73 petroquímicas, 28 plantas metalúrgicas y 56 plantas químicas (Baric & Gasparovic, 1992). Situadas en las zonas costeras, por su fácil acceso al transporte y al suministro de agua, son particularmente vulnerables a la elevación del nivel del mar. El alcance en que se vea afectada cada instalación dependerá de las condiciones locales y todavía no se ha realizado una evaluación completa, aunque algunos estudios puntuales han destacado que ciertas industrias podrían verse afectadas de forma negativa.

Figura 9: Centrales térmicas situadas en zonas costeras (Baric & Gasparovic, 1992)

En la región del golfo interior de Thermakois (Grecia), se ha identificado que las áreas bajas, tales como las que albergan la zona industrial en desarrollo de Sindos y el aeropuerto de Micra, son totalmente vulnerables incluso al menor aumento en el nivel del mar (Georgas & Perissoratis, 1992). En la región de la bahía de Kastela (Croacia), la elevación del nivel del mar afectaría directamente a los astilleros, las plantas químicas y la planta de ferroaleaciones, mientras que un aumento de tan solo 0,5m inundaría la parte oeste del puerto de la ciudad (Baric & otros, 1996). En las islas de Cres-Losinj, entre el 5 y el 10% de la red de suministro de agua está cerca de la costa y, con mareas más elevadas, estaría en riesgo de inundación (Randic & otros, 1996).

La elevación del nivel del mar también tendría implicaciones

importantes para muchos lugares de interés cultural de importancia nacional y/o internacional (Figura 8). Por ejemplo, un aumento de tan solo 0,5m causaría daños importantes en Venecia (Italia) y amenazaría las ciudades cercanas de interés histórico y artístico (Sestini, 1996). Del mismo modo, las islas de Cres Losinj (Croacia), la ciudad de Osor -de 4.000 años de antigüedad- y la histórica ciudad de Cres podrían verse afectadas directamente por el aumento de nivel del mar (Randic & otros, 1996).

La pérdida de algunas zonas naturales y otras de interés histórico, junto con el aumento de la erosión de las playas y la creciente escasez de agua, podrían tener implicaciones importantes sobre la industria del turismo. El turismo es la principal industria de los países mediterráneos, 100 millones de turistas visitaron sus costas en 1984. En ausencia del cambio climático, se prevé que este número aumente a 170-340 millones para el 2025 (UNEP, 1987). Pero puede que este aumento no se alcance si se pierden algunos de los atractivos turísticos, aun a pesar del potencial beneficio consecuencia del aumento de la estación turística debido a un tiempo más cálido. En cualquier caso, el cambio climático combinado con un crecimiento del turismo podría sumarse a los problemas de escasez de agua en la región.

#### Alteraciones Sociales

Podrían producirse importantes alteraciones sociales debido a las tensiones consecuencia de la reducción en la disponibilidad de agua y las migraciones internas y externas de gente desplazada. Ya hoy día, existen ejemplos de pequeños problemas. Por ejemplo, una protesta bloqueó el aeropuerto internacional de Estambul para destacar el fracaso del gobierno en resolver el peor problema con el agua de los últimos 40 años (Toronto Star, 5 de agosto, 1993). La desertificación también puede hacer aumentar la inestabilidad política ya que contribuye significativamente a la escasez de agua, el hambre, el desplazamiento de personas y el colapso social. Según el PNUMA, esta es la receta adecuada para la inestabilidad política y las tensiones entre países (UNEP Fact Sheet 10).

Como resultado del cambio climático y las presiones demográfica y de desarrollo, podrían surgir conflictos internacionales sobre los ríos y los acuíferos compartidos (Gleick, 1993). Por ejemplo, ya hay disputas entre Siria y Turquía sobre las aguas del Eufrates y entre Etiopía, Egipto y Sudán por las aguas del Nilo. Los acuerdos regionales existentes se harán más tensos si desciende la disponibilidad de agua o si aumenta la demanda como consecuencia del cambio climático o del desarrollo regional.

Los refugiados ambientales podrían llegar a ser un problema aún mayor a medida que millones de personas se ven desplazadas por

la erosión de la costa, su inundación y por los problemas agrícolas (IPCC, 1990, Myers, 1993). La desertificación conduciría inevitablemente a una emigración hacia las ciudades cuando la tierra no pudiera sostener a sus habitantes (El-Karouri, 1996). Tan sólo en Egipto, se ha estimado que un aumento del nivel del mar de tan sólo 0,5m podría desplazar permanentemente al 16% de la población (Broadus & otros, 1986). Ya hoy día, está aumentando la emigración hacia el norte del Mediterráneo al verse atraída la gente por los países prósperos miembros de la CEE (King, 1996). A medida que cambia el clima, es probable que los países europeos tengan cada vez más presión de las multitudes hambrientas del sur.

### Economías Nacionales

Los impactos negativos sobre las economías nacionales vendrán de distintas fuentes, entre ellas:

\* **Los impactos directos del cambio climático.** Esto podría ir desde un posible impacto negativo en la balanza de pagos debido a los cambios en la producción agrícola y en los precios de los alimentos, al aumento de los problemas de salud y a los costes derivados de los daños irreversibles.

\* **Las respuestas requeridas para mitigar los impactos del cambio climático.** Podrían ir desde el aumento en el coste de los esfuerzos para reducir la desertificación hasta las ayudas económicas a los desplazados. Esto puede resultar muy caro. Por ejemplo, el coste de combatir la desertificación, hace una década, se estimó entre los 25 dólares por hectárea de secano y los 750 por hectárea de regadío (Dregne, 1983).

\* **Implicaciones en cadena como consecuencia de cambios en otros sitios.** Los impactos del cambio climático se dejarán sentir en todo el mundo y esto podría afectar significativamente a los mercados de importación y de exportación. A otro nivel, los costes de acomodar a los refugiados ambientales serían importantes.

Los esfuerzos realizados hasta ahora para evaluar los costes del cambio climático han sido objeto de controversia por varias razones: el valor económico relativo asignado a las vidas en los países desarrollados y subdesarrollados y el descuento de los futuros impactos. Los economistas asignan un valor monetario mucho más bajo a las vidas en los países subdesarrollados, lo que no es apropiado cuando estamos hablando de un problema mundial, y descontando los futuros impactos. Incluso así, las estimaciones muestran que los países en desarrollo sufrirán mayores daños relativos en términos económicos que los países desarrollados.

Aunque las estimaciones económicas pueden dar alguna idea de la naturaleza de los impactos económicos, en último término son

bastante engañosas. Muchos aspectos del bienestar humano y ecológico simplemente no se pueden medir en términos monetarios. Además, hay una característica perversa de los estudios económicos y es que algunos de los intentos de mitigar los efectos adversos del cambio climático podrían incrementar el Producto Interior Bruto al aumentar el flujo de dinero en la economía. Contar esto como una ventaja es, por supuesto, demasiado simplista ya que el dinero gastado en contrarrestar problemas sólo produce beneficios marginales y a corto plazo y, en ausencia del cambio climático, se podría utilizar de forma más constructiva para favorecer el bienestar humano.

## 5. IMPLICACIONES PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

La Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, la "Cumbre de la Tierra" de 1992, rubricó el reconocimiento internacional de la insostenibilidad inherente en las tendencias actuales de desarrollo y de la urgente necesidad de reorientar las políticas económicas y sociales en conjunto. El cambio climático y sus consecuencias amenazan con socavar tales intentos en la región mediterránea, a menos que se adopten medidas inmediatas para reducir los impactos negativos y las emisiones. Alcanzar esto requerirá cambios fundamentales en las políticas económicas y sociales, y un apoyo internacional significativo a los países en desarrollo.

### Vínculos entre Cambio Climático y Desarrollo Sostenible

La definición más aceptada de desarrollo sostenible es la adoptada por la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo: "el desarrollo que cubre las necesidades de la generación actual sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de cubrir las suyas" (WCED, 1987). Hay tres principios básicos bajo este objetivo: la sostenibilidad ambiental, el desarrollo y la igualdad (Karas, 1995). El cambio climático y sus consecuencias podrían atentar contra los tres.

\* **La sostenibilidad ambiental**, reconoce que deben dejarse o renovarse recursos suficientes para permitir a las generaciones actuales y futuras satisfacer sus necesidades. El cambio climático en el Mediterráneo podría reducir la capacidad del medio ambiente para sostener las actividades humanas en el futuro al aumentar los problemas de desertificación y la escasez de agua en la región.

\* **Desarrollo**, es un concepto amplio que incluye las mejoras no sólo en términos económicos, sino también de bienestar económico y social. La gran magnitud de los problemas generados por el cambio climático podría socavar seriamente la capacidad de los países para mejorar las condiciones de sus ciudadanos.

\* **Igualdad**, con un énfasis particular en cubrir las necesidades de los pobres de la actualidad y de las generaciones futuras.

El hecho de que las regiones más pobres del sur del Mediterráneo sean, probablemente, las más afectadas por el cambio climático ataca directamente a este principio, como lo hace la permanente degradación del medio natural.

Incluso sin el cambio climático, el desarrollo actual de la región mediterránea es insostenible. El problema más importante es que las actividades humanas ya están degradando notablemente el medio ambiente, como sistema de soporte de la vida, mediante la desertificación, la sobrexplotación de los acuíferos y la contaminación. Estos problemas se ven exacerbados en el sur donde el crecimiento de la población presenta el reto de mejorar la calidad de vida de un número creciente de personas.

Así, el cambio climático principalmente hará aumentar los problemas ya existentes más que crear otros nuevos. Pero hay tres dimensiones clave del problema del cambio climático que no pueden ignorarse. Primero, la casi inevitabilidad de los impactos en las próximas décadas debido al retraso del clima en responder a las emisiones pasadas; segundo, la irreversibilidad a escala de tiempo humana de los impactos sobre la desertificación, los recursos de agua y la elevación del nivel del mar; y tercero, la necesidad de una acción internacional para recortar las emisiones de gases invernadero si se quiere reducir la amenaza del cambio climático.

A la vista de estos factores, asegurar el desarrollo sostenible en el Mediterráneo requerirá medidas para adaptarse al cambio climático y para minimizar las emisiones de gases invernadero.

#### Afrontar los Impactos

La coincidencia entre los posibles impactos del cambio climático y los problemas existentes de degradación ambiental, inseguridad hídrica y alimentaria, y otros, sugiere la necesidad de soluciones comunes, que van desde la mejora en el uso del territorio y en la gestión del agua, hasta soluciones técnicas y mejores sistemas de ayuda social.

Los países mediterráneos ya han firmado muchos tratados internacionales y regionales para establecer un marco político con el objeto de tomar medidas que mitigarían muchos de los impactos del clima. Entre ellos están: la Agenda 21, el Convenio Marco sobre Cambio Climático, el Convenio Internacional para Combatir la Desertificación, el Convenio sobre Humedales de Importancia Internacional y el Convenio sobre Biodiversidad, el Plan de Acción del Mediterráneo, y el Quinto Programa de Medidas Ambientales de la Unión Europea (UE) "Hacia la Sostenibilidad".

El cambio climático se suma a la necesidad de cumplimiento efectivo de estos acuerdos. Sin embargo, de momento, las perspectivas no parecen buenas. Aunque los acuerdos han

intensificado la investigación y algunos proyectos innovadores a pequeña escala, la degradación ambiental continúa aumentando.

La raíz del problema se encuentra en que los principios del desarrollo sostenible todavía tienen que reflejarse en las políticas económicas y sociales. El IPCC ha resaltado las consecuencias de esto: "(muchas) políticas actuales agrícolas y de recursos -origen ya de degradación y uso erróneo del territorio... entorpecerán las medidas efectivas de adaptación" (IPCC, 1996b). Por ejemplo, la Política Agrícola Comunitaria ha contribuido notablemente al creciente problema de la desertificación (MEDALUS II, 1996). Del mismo modo, pocas posibilidades puede haber de mejorar la seguridad hídrica en Siria mientras que la industria consume gratis toda el agua que quiera (Al-Shalabei & otros, 1996).

Está claro que, si se quieren reducir con éxito los problemas actuales, son necesarios cambios radicales tanto en las políticas como en las prácticas. Lo que es más, es un hecho reconocido que el cambio climático se sumará a los costes de las respuestas adecuadas y, como apunta el IPCC para la agricultura, "(el) aumento de los costes de las estrategias de adaptación será una carga grave para los países en desarrollo" (Watson & otros, 1996). A la vista de esto, será vital que los países desarrollados cumplan sus compromisos bajo el Convenio del Clima para, "ayudar a los países Parte en vías de desarrollo, que son particularmente vulnerables a los efectos negativos del cambio climático, a cubrir los costes de adaptación a aquellos efectos irreversibles" (Artículo 4, párrafo 4).

#### Reducir el Problema

En último término, el desarrollo sostenible en la región mediterránea podría depender de manera crítica de la consecución de un acuerdo internacional, y de la puesta en marcha de sus medidas, para reducir las emisiones de gases invernadero. El Convenio Marco sobre Cambio Climático es muy claro en su objetivo:

"...la estabilización de las concentraciones de gases invernadero en la atmósfera a un nivel que previniera interferencias antropogénicas peligrosas con el sistema climático. Tal nivel debería alcanzarse dentro de un periodo de tiempo suficiente para permitir a los ecosistemas adaptarse de manera natural al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se ve amenazada y poner los medios para que el desarrollo económico se efectúe de modo sostenible (Artículo 4)"

Para alcanzar este objetivo será necesario detener, y después invertir, las actuales tasas de crecimiento mundial de las emisiones mediante severas reducciones (Alcamo and Kreileman,

1996; Karas, 1991). Pero aunque la firma del Convenio en la Cumbre de la Tierra, en junio de 1992, fue un hito importante, las emisiones continúan aumentando.

Está claro que para los países mediterráneos es de interés impulsar la acción internacional para recortar las emisiones de gases invernadero, en concreto las de los países con mayores niveles de emisión per capita. Sin embargo, la reducción de emisiones necesaria para estabilizar las concentraciones atmosféricas de gases invernadero significa que todos los países necesitan encontrar modos de cubrir sus requerimientos de desarrollo a la vez que minimizan estas emisiones.

El IPCC destaca la posibilidad de alcanzar este objetivo "(las) consecuencias de distintas opciones tecnológicas y estrategias, hasta la fecha, demuestran que son posibles formas de desarrollo industrial diferentes, con niveles sustancialmente menores de emisiones" (Kashiwagi, 1996). El IPCC continúa diciendo que "si se desarrollan de forma adecuada... las respuestas... mejorarían las perspectivas de un desarrollo económico sostenible para todas las personas y naciones" (Watson & otros, 1996).

El reorientar el desarrollo hacia caminos cada vez más sostenibles requiere cambios fundamentales en las políticas sectoriales y fiscales, particularmente en lo que se refiere a transporte y energía. Un pilar básico para cualquier estrategia de respuesta en el Mediterráneo, y en cualquier otro sitio, debe ser encontrar formas de cubrir la demanda creciente de energía a la vez que se minimizan las emisiones de gases invernadero. Aunque es bastante desafortunada la posible reducción en la viabilidad de la energía hidroeléctrica, hay otros recursos energéticos renovables de viabilidad comprobada como la energía solar, la biomasa y la energía eólica. De éstos, en la región mediterránea, la energía solar es especialmente prometedora.

Como en el caso de las estrategias de adaptación, habrá obstáculos importantes para la adopción de estrategias apropiadas, entre ellos los recursos tecnológicos y financieros limitados. Una vez más, será de vital importancia que los países desarrollados cumplan con sus obligaciones bajo el convenio del clima de "dar todos los pasos necesarios para promover, facilitar y financiar, como se deba, la transferencia o el acceso al conocimiento y a las tecnologías ambientalmente adecuadas" (Artículo 4, párrafo 5).

## 6. CONCLUSIONES

Los científicos creen que, si continúan las emisiones actuales de gases invernadero, el mundo se calentará, aumentará el nivel del mar y cambiarán los climas regionales. Sin embargo, todavía hay grandes incertidumbres acerca de cómo variará el clima en

la región mediterránea y sobre sus posibles impactos. No obstante, una vez revisados los estudios más recientes, se pueden sacar algunas conclusiones.

**\* Es probable que la región mediterránea se caliente significativamente durante el próximo siglo, y aún más allá, como consecuencia del aumento de las concentraciones de gases invernadero.** Es imposible estar seguro de los patrones o de la escala del calentamiento, pero es probable que las tasas de calentamiento en algunas zonas del interior sean mucho mayores que las de la media mundial, mientras que las tasas en otras zonas podrían ser algo menores que la media.

**\* El calentamiento estará acompañado por cambios en las precipitaciones, la humedad disponible y la frecuencia y severidad de los extremos climáticos.** Hay incertidumbres significativas sobre los patrones de precipitación futuros en la región, pero el conjunto de las pruebas sugiere que disminuirán las precipitaciones anuales en gran parte de la región mediterránea. La humedad disponible podría disminuir incluso en las áreas en que aumenten las precipitaciones, debido al aumento de la evaporación y a los cambios en la distribución estacional de las lluvias y en su intensidad. Como consecuencia, podría aumentar la frecuencia y severidad de las sequías.

**\* Los aerosoles y otras influencias humanas sobre el clima podrían enmascarar cambios climáticos importantes.** En algunas zonas, el efecto de estas influencias podría ser suficiente para crear la ilusión de que no hay tendencia al cambio o de que hay una tendencia contraria a la real. Pero, a largo plazo, se espera que los efectos de los gases invernadero dominarán los futuros cambios climáticos en la región, a medida que crezca en el tiempo su influencia.

**\* Es probable que la composición cambiante de la atmósfera ya esté influenciando el clima en la región mediterránea.** Los registros climáticos de la región sugieren ciertas características poco usuales en el comportamiento climático reciente. Estas fluctuaciones podrían haber ocurrido de forma natural, pero hay que destacar que algunos de los aspectos de las variaciones climáticas recientes son consistentes con los cambios que sugieren los modelos climáticos.

**\* La elevación del nivel del mar y la reducción en la humedad disponible podrían exacerbar los problemas existentes de desertificación y escasez de agua, y aumentar de forma importante los riesgos asociados con la producción de alimentos.** Las zonas costeras están amenazadas directamente por la elevación del nivel del mar, pero los riesgos derivados de los cambios en la humedad disponible y en la intensidad de las lluvias son todavía difíciles de cuantificar debido al gran

número de hechos científicos y a las tendencias actuales de degradación de la tierra.

**\* El cambio climático tendría consecuencias de largo alcance que afectarían, por ejemplo, a la salud de las personas, la integridad de los ecosistemas y de los servicios que éstos sostienen, a la industria, a las economías nacionales y al riesgo de alteraciones sociales.** De nuevo, los mayores impactos vendrían del aumento del nivel del mar y de la posible reducción en la humedad disponible.

**\* Es probable que los mayores impactos se experimenten en los países del Norte de Africa y del Este del Mediterráneo donde la desertificación, la pobreza y el cambio demográfico ya son problemas graves.** La adaptación en estas áreas podría verse entorpecida por el cambio climático previsto, el acceso limitado a la experiencia técnica, las circunstancias económicas y sociales y las políticas.

**\* Los impactos del cambio climático podrían socavar de forma importante los esfuerzos para reorientar las sociedades hacia un desarrollo sostenible.** La insostenibilidad de las tendencias actuales, en la región mediterránea, es un hecho reconocido. Sin embargo, el carácter irreversible de algunos de los posibles impactos del cambio climático amenaza con socavar todos los esfuerzos para reorientar las sociedades hacia formas de desarrollo más sostenible.

Finalmente, los países mediterráneos tienen pocas posibilidades excepto tratar de adaptarse lo mejor que puedan a los inevitables cambios en el clima consecuencia de las pasadas emisiones de gases invernadero. Pero, la sostenibilidad a largo plazo de la región podría depender de forma crítica de alcanzar un acuerdo internacional inmediato, y de la aplicación de sus medidas, para reducir sustancialmente las emisiones de gases invernadero. Los países en desarrollo del sur y del este del Mediterráneo es probable que necesiten el apoyo internacional para poder adaptarse y para mantener a un nivel mínimo sus propias emisiones de gases invernadero.

#### NOTAS:

(1) Los principales gases invernadero son dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y carburos clorofluorados (CFCs).

(2) El IPCC se creó, en 1988, para asesorar a los líderes mundiales acerca del conocimiento científico actual sobre el cambio climático; representa la opinión científica preeminente sobre el cambio climático. Sus evaluaciones más recientes, publicadas a principios de 1996, implicaban a 2.000 científicos de gobiernos, universidades, industrias y grupos ecologistas de

todo el mundo.

(3) En este informe, se define el área mediterránea como los países que bordean el Mediterráneo (más Portugal) entre las coordenadas 27 a 47 grados Norte y 10 grados Oeste a 37 grados Este.

(4) El tiempo necesario para que los niveles de dióxido de carbono doblen el valor de las concentraciones preindustriales se utiliza generalmente como referencia para evaluar la velocidad de cambio en la composición atmosférica. Está previsto que las concentraciones de dióxido de carbono doblen los niveles preindustriales para el año 2060. La conversión de las emisiones de otros gases invernadero en dióxido de carbono equivalente permite considerar el efecto global de todos los gases invernadero. Considerando todos los gases, el tiempo para doblar los niveles preindustriales sería menor.

(5) Rosenzweig y Tubiello no dan ninguna indicación de la sensibilidad del clima de los distintos modelos, pero los resultados de los mismos modelos en otros trabajos (Kattenberg & otros, 1996) sugieren sensibilidades de rango medio a alto.

(6) Juntas, estas áreas constituyen la región "Sur Europea" del IPCC. Esta región está delimitada entre los 35-50 °N y 10 °O-45 °E. (IPCC, 1992; Kattenberg & otros, 1996)

(7) Los resultados del modelo se estandarizaron primero para dar el cambio esperado por °C; la idea era eliminar el sesgo producido por los modelos con diferente sensibilidad climática. Entonces se llevó estadísticamente a escala reducida, sobre la base de las relaciones existentes entre los cambios a gran escala y las observaciones localizadas, para que fuese más detallado a nivel local.

(8) Basado en el escenario de emisiones de rango medio del IPCC (IS92a), asumiendo una alta sensibilidad climática y un nivel constante de aerosoles (ver Figura 2). Si se encuentra que la sensibilidad del clima está al nivel más bajo de la escala, entonces este mapa representaría las posibles condiciones del año 2060. El mapa también puede ser dimensionado para representar cualquier otro momento futuro multiplicando el valor para un punto por el aumento esperado de la temperatura media mundial.

(9) Basado en el escenario de emisiones de rango medio del IPCC (IS92a), asumiendo una alta sensibilidad climática y un nivel constante de aerosoles (ver Figura 2).

(10) En estos experimentos, se logró un mayor detalle espacial introduciendo cambios en los gases invernadero y resultados de un modelo de transición en un modelo atmosférico regional de alta resolución.

(11) El informe original indica que las precipitaciones podrían cambiar más o menos del 3%, dependiendo de la estación, por cada grado C de aumento en la media mundial de temperatura. En este informe, los cambios para el 2100 se basan en las previsiones de temperatura dentro del escenario de emisiones de rango medio del IPCC (IS92a), asumiendo una alta sensibilidad climática y un nivel constante de aerosoles (ver Figura 2).

(12) Ver nota 7.

(13) Ver nota 8.

(14) Ver nota 9.

(15) Evapotranspiración se define como la descarga de agua desde la superficie de la Tierra a la atmósfera por evaporación de los masas de agua, u otras superficies, y por transpiración de las plantas.

(16) Se ha utilizado el dato de temperatura para calcular los cambios en evapotraspiración - un método que es probable que de resultados más reales que las estimaciones por modelo de este parámetro.

(17) Estos resultados son tan sólo una orientación general de los cambios que podrían ocurrir, ya que no se tiene en cuenta la reserva de humedad del suelo, ni las diferencias en el tipo de suelo y de cosecha a lo largo de la región mediterránea.

(18) Según los escenarios compuestos del cambio climático futuro presentados en Palutikof & otros, 1992, tales condiciones podrían tener lugar en algún momento de la segunda mitad del próximo siglo.

(19) El fenómeno del Niño describe un calentamiento periódico del Océano Pacífico y los cambios relacionados en la circulación atmosférica. El Niño se representa a menudo por el índice de Oscilación del Sur que describe la diferencia en la presión media a nivel del mar entre Tahití y Darwin (Australia). Los valores negativos indican episodios de El Niño (cálidos), mientras que los positivos indican periodos de La Niña (fríos).

(20) La NAO está descrita por la diferencia en la presión media a nivel del mar entre Ponta Delgada (Azores) y Akureyl (Islandia).

(21) El aumento del nivel del mar está calculado en base a las tendencias pasadas dadas por Milliman (1992) y los incrementos globales previstos por el escenario de rango medio del IPCC, con aerosoles constantes y alta sensibilidad del clima.

(22) La sequedad relativa de las zonas se define como la relación entre precipitación y potencial de evapotranspiración. Los auténticos desiertos climáticos se definen como zonas hiper-áridas. Las tierras secas susceptibles de desertización, en orden ascendente de sequedad, se clasifican como: secas sub-húmedas, semiáridas y áridas. A medida que disminuye la humedad disponible, las zonas secas sub-húmedas podrían alcanzar condiciones semiáridas y estas últimas transformarse en áridas. Llevado al extremo, podría originarse un desierto.

(23) El estudio supone una sensibilidad del clima elevada y no tiene en cuenta el efecto de los aerosoles; ambos factores implican impactos menos graves a corto plazo que los sugeridos. Pero lo que quizá es más significativo es que no se consideran los efectos de la elevación del nivel del mar, los cambios en la variabilidad del clima, el aumento de las plagas y enfermedades o la pérdida de tierras por la desertificación; todo lo cual implica impactos más importantes.

(24) Las adaptaciones aquí consideradas son sólo las de aquellas medidas que en general no aumentarían los costes, por ejemplo el cambio de las fechas de siembra.

(25) Según un índice de seguridad alimentaria compuesto de: escasez nacional de alimentos (disponibilidad de alimento por persona), pobreza de alimentación doméstica (Producto Nacional Bruto por persona) y carestía nacional de alimentación (mortalidad infantil).

(26) Los resultados de este estudio sólo pueden tomarse como una primera aproximación a los posibles impactos sobre la seguridad en la alimentación. El estudio asume una sensibilidad del clima alta y no tiene en cuenta los aerosoles - ambos factores implican un impacto a corto plazo menos grave que lo sugerido. Pero quizás lo más significativo es que no tienen en cuenta los efectos del aumento del nivel del mar, los cambios en la variabilidad del clima, el incremento de las plagas y enfermedades y las pérdidas de tierra por la desertificación, todo lo cual podría agravar los impactos.

## GLOSARIO

### Acrónimos

CEE	Comunidad Económica Europea
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
ENSO	Oscilación Sur de El Niño
ICCD	Convenio Internacional para Combatir la Desertificación
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
IPCC92a	El escenario de referencia del IPCC sobre futuras emisiones de gases invernadero
MCG	Modelo de Circulación General

NAO Oscilación del Atlántico Norte  
OMS Organización Mundial de la Salud  
PNUMA Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas

#### Unidades

mm Milímetros  
°C Grados Centígrados/Celsius  
km. Kilómetros  
m<sup>3</sup> Metros cúbicos  
ppbV Partes por billón en Volumen  
ppmV Partes por millón en Volumen  
% Porcentaje

#### BIBLIOGRAFIA

- Alcamo, J. and Kreileman, E., 1996. The Global Climate System: Near Term Action for Long Term Protection, RIVM Report no. 481508001. Bilthoven, The Netherlands; Rijkinstituut voor Volkesgezondheid en Milieu.
- Allan, R.J., and D'Arrigo, R.D., 1996. Persistent ENSO sequences: how unusual is the recent El Niño? Holocene. Submitted. Cited in Nicholls and others, 1996.
- Allen-Diaz, B., 1996. Rangelands in a changing climate: impacts, adaptations and mitigation. In: Watson, R.T., and others (eds.). Climate Change 1995: Adaptations and Mitigation of Climate Change, Scientific-Technical Analyses of Impacts. Report of IPCC Working Group II, pp.130-158. Cambridge, Cambridge University Press.
- Al-Shaleber, N.M. and others, 1996. Implications of expected climate changes for the Syrian Coast. In: Jeftic, L., Keckes, S., and Pernetta, J.C. (eds). Climate Change and the Mediterranean. Volume 2, pp. 251-321. London: Arnold.
- Amanatidis, G.T. and others, 1994. Decreasing precipitation trend in the Narathon area, Greece. Int.J. of Climatol., 13, 191-201.
- Archer, S. 1994. Woody plant encroachment into South-western grasslands and savannahs: rates patterns and proximate causes. In: Vavra, M. and others (eds). Ecological Implications of Livestock Herbivory in the West., pp.13-68. Denver, Society for Rangeland Management. Cited in: Allen-Diaz, 1996
- Arkin, P.A. and Xie., 1997. ENSO related interannual variability in large-scale precipitation during 1979-1995. Paper presented to: Seventh Conference on Climate Variations, Long Beach, California, February 2-7, 1997, pp.170-173. Boston: American Meteorological Society.
- Arnell, N.W. and Piper, B.S., 1995. Impact of Climate Change on an Irrigation Scheme in Lesotho. Working Paper. Laxenburg, International Institute for Applied System Analysis. Cited in: Kaczmarek, 1996.
- Aru, A., 1984. Aspects of desertification in Sardinia - Italy. In: Desertification in Europe. Proceedings of the Information Symposium in the EEC Programme on Climatology, Mytilene,

- Greece. Cited in: Imeson and Emmer, 1992.
- Aru, A., 1996. The Rio Santa Lucia site: an integrated study of desertification. In: Brandt, C.J. and Thornes, J.B. (eds). Mediterranean Desertification and Land Use, pp. 189-206. Chichester: John Wiley and Sons.
  - Attard, D.J. and others, 1996. Implications of expected climatic changes for Malta. In: Jeftic, L., Keckes, S., and Pernetta, J.C. (eds). Climate Change and the Mediterranean. Volume 2, pp. 323-430. London: Arnold.
  - Baric, A. and Gasparovic, F., 1992. Implications of climate change on the socio-economic activities in the Mediterranean coastal zones, In: jeftic, L., Milliman, J.D. and Sestini, G. (eds). Climatic Change and the Mediterranean, pp. 129-174. London: Edward Arnold.
  - Bari, A. and others, 1996. Implications of expected climatic changes for the Kastela Bay region of Croatia. In: Jeftic, L., Keckes, S., and Pernetta, J.C. (eds). Climate Change and the Mediterranean. Volume 2, pp. 143-249. London: Arnold.
  - Barrow, E. and Hulme, M., 1995. Construction of regional scenarios. In: Harrison, R.A., Butterfield, R.E. and Downing, T.E. Climate Change and Agriculture in Europe. Assessment of Impacts and Adaptations. Research Report No. 9, pp. 21-30. Oxford: Environmental Change Unit, University of Oxford.
  - Barrow, E., Semenov, M.A. and Hulme, M., 1995. Construction of site-specific scenarios. In: Harrison, R.A., Butterfield, R.E. and Downing, T.E. Climate Change and Agriculture in Europe, Assessment of Impacts and Adaptations. Research Report No.9, pp.30-50. Oxford: Environmental Change Unit, University of Oxford.
  - Bindi, M., Maracchi, G. and Miglietta, F. 1993. Effects of climate change on the onotmorphogenic development of winter wheat in Italy. In: Kenny, G.J. and others. The Effects of Climate Change on Agricultural and Horticultural Potential in Europe. Oxfords: Environmental Change Unit. Cited in: Rosenzweig and Tubiello, 1997.
  - Blue Plan, 1988. Futures of the Mediterranean Basin: Environment Development 2000-2025, Sophia, Antipolis. cited in: Baric, A. and Gasparovic, F. 1992.
  - Bolin, B. and others (eds), 1986. The Greenhouse Effect, Climate Change and Ecosystems. SCOPE 29. Chichester: Wiley and Sons.
  - Brandt, C.J. and Thornes, J.B. (eds), 1996a. Mediterranean Desertification and Land Use. Chichester: John Wiley and Sons.
  - Broadus and others, 1986. Rising sea level and damming of rivers: possible effects in Egypt and Bangladesh. In: Titus, J.G. (ed). Effects of Changes in Stratospheric Ozone and Global Climate. Volume 4: Sea Level Rise. Washington DC, US Environmental Protection Agency/United Nations Environment Programme.
  - Brock, T.C.M. and van Vierssen, W. 1992. Climate change and hydrophyte-dominated communities in inland wetland ecosystems. Wetlands Ecology and Management, 2, 37-49. Cited in: Oquist and Svensson, 1996.

- Bullock, P. and Le Houérou, H. (eds), 1996. Land degradation and desertification. In: Watson, R.T., and others (eds). Climate Change 1995: Adaptations and Mitigation of Climate Change, Scientific-Technical Analysis of Impacts. Report of IPCC Working Group II, pp. 170-189. Cambridge, Cambridge University Press.
- Carter, T.R. and others, 1994. IPCC Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations. IPCC Working Group II. Available from: Department of Geography, University College, London.
- Corre, J.J., 1992. Implications des changements climatiques etude de cas: Le Golf du Lion (France). In: Jeftic, L., Milliman, J.D. and Sestini, G. (eds). Climatic Change and the Mediterranean, pp. 328-427. London: Edward Arnold.
- Cotton, W.R. and Pielke, R.A., 1995. Human Impacts on Weather and Climate. Cambridge: Cambridge University Press.
- CRU, 1997. Annual 1995. Climate Monitor, 24 (5). Norwich: Climate Research Unit.
- Cubasch, U. and others, 1996. Estimates of climate change in southern Europe derived from dynamical climate model output. Clim. Res., 7, 129-149.
- Cure, J.D. and Acock, B., 1986. Crop responses to carbon dioxide doubling: a literature survey. Agric. and For. Meteor., 38, 127-145. Cited in: Reilly, 1996.
- Dickinson, R.E. and others, 1996. Climate processes. In: Houghton, J.T., and others (eds). Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Report of IPCC Working Group I. Cambridge, Cambridge University Press.
- Downing, T.E., 1992. Climate Change and Vulnerable Places: Global Food Security and Country Studies in Zimbabwe, Kenya, Senegal and Chile. Oxford: Environmental Change Unit.
- Dregne, H.E., 1983. Desertification of Arid Lands. New York: Harwood Academic Publishers. Cited in: WRI/IIED/UNEO, 1987.
- El-Karouri, M.O.H., 1986. The impact of desertification on land production in Sudan. In: El-Baz, F. and Hassan, M.H.A. Physics of Desertification, pp. 52-58. Dordrecht, Martinus Nijhoff. Cited in: Bullock and Le Houréou, 1996.
- El Shaer, H.M. and others, 1997. Impact of climate change on possible scenarios for Egyptian agriculture in the future. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 1(3), 233-250.
- Enger, L. and Tjernstrom, M., 1991. Estimating the effects on the regional precipitation climate in a semi arid region caused by an artificial lake using a mesoscale model. J. Meteor., 30, 227-250. Cited in: Cotton and Pielke, 1995.
- FAO, 1993. FAO Production Year Book 1993. Cited in: Rosenzweig and Tubiello, 1997.
- Georgas, D. and Perossoratis, C., 1992. Implications of future climatic change on the Inner Thernatkos Gulf.....
- Gillet, J.D., 1974. Direct and Indirect influence of temperature on the transmission of parasites from insects to man. In: Taylos, A.E.R. and Muller, R. (eds). Effects of Meteorological Factors on Parasites, pp. 79-95. Oxford:

- Blackwell Publications. Cited in: McMichael, 1996.
- Glantz, M.H., Katz, R.W. and Nicholls, N. (eds), 1991. Teleconnections Linking World-wide Climate Anomalies. Scientific Basis and Societal Impacts. Cambridge: Cambridge University Press.
  - Gleick, P.H., 1993. Water in Crisis. Oxford: Oxford University Press. Cited in: Kaczmarek, 1996.
  - Gomez, M.J.M., 1995. New tourism and the future of Mediterranean Europe. Tijdschrift Voor Econmische en Sociale Geografie, 86 (1), 21-31.
  - Gordon, H.B. and O'Farrell, S.P., 1996. Transient climate change in the CSIRO coupled model with dynamical sea-ice. Mon. Wea. Rev. (in press). Cited in: Kattenberg and others, 1996.
  - Ghuman, B.S. and Lal, R., 1986. Effects of deforestation on soil properties and microclimate of a high rain forest in Southern Nigeria. In: Dickenson R.E. (ed), 1996. The Geophysiology of Amazonia, pp. 225-244. New York: John Wiley and Sons. Cited in: Cotton and Pielke, 1995.
  - Greenpeace International, 1997. Polar Meltdown. The Changing Climate in Antarctica. Amsterdam: Greenpeace International.
  - Gregory, 1996. Personal Communication. Cited in: Kattenberg and others, 1996.
  - Harrison, P.A. and Butterfield, R.A., 1985. Results from site and regional scale integration. In: Harrison, R.A., Butterfield, R.E. and Downing, T.E. Climate Change and Agriculture in Europe. Assessment of Impacts and Adaptations. Research Report No.9, pp. 401-407. Oxford: Environmental Change Unit, University of Oxford.
  - Hasselmann and others, 1995. Detection of anthropogenic climate change using a fingerprint method. In: Ditlevsen, P. (ed). Proceedings of "Modern Dynamical Meteorology", Symposium in honour of Askel Winn-Nielson. ECMWF Press. Cited in: Kattenberg and others, 1996.
  - Hollis, G.E. and others, 1992. Implications of climatic changes in the Mediterranean Basin: Garaet el Ichkeul and Lac de Bizerte, Tunisia. In: Jeftic, L., Milliman, J.D. and Sestini, G. (eds). Climatic Change in the Mediterranean, pp. 602-679. London: Edward Arnold.
  - Houghton, J.T. and others (eds), 1996. Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Report of IPCC Working Group I. Cambridge, Cambridge University Press.
  - Hurrell, J.W., 1995. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperatures and precipitation. Science, 269, 676-679.
  - Iglesias, A. and Mínguez, M.I., 1997. Modelling crop-climate interactions in Spain: vulnerability and adaptation of different agricultural systems to climate change. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 1(3) 272-288.
  - Imeson, A.C., and Emmer, I.M., 1992. Implications of climate change on land degradation in the Mediterranean. In: Jeftic, L., Milliman, J.D. and Sestini, G. (eds). Climatic Change and the Mediterranean, 95-128. London: Edward Arnold.
  - ICCD, 1994. Convention to Combat Desertification in Countries

Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa.

-IPCC, 1990. Climate Change: The IPCC Scientific Assessment: Final Report of Working Group I. Cambridge. Cambridge University Press. Cited in Myers, 1993.

-IPCC, 1992. Climate Change: The 1990 and 1992 IPCC Assessment Report. Overview and Policymakers Summaries and 1992 IPCC Supplement. WMO/UNEP.

-IPCC, 1996a: Houghton, J.T. and others (eds). Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Report of IPCC Working Group I. Cambridge, Cambridge University Press.

-IPCC, 1996b: Watson, R.T. and others (eds). Climate Change 1995: Adaptations and Mitigation of Climate Change, Scientific-Technical Analyses of Impacts. Report of IPCC Working Group II. Cambridge, Cambridge University Press.

-Jenkins, A., Jacobs, S.S. and Keys, J.R., 1995. Is the little PIG in hot water. Ant.J. of US, in press. Cited in: Greenpeace International, 1997.

-Jones, P.D., 1994. Hemispheric surface air temperature variations in the time series of surface air temperature over land. Nature, 347, 169-172. Cited in: Nicholls and others, 1996.

-Kaczmarek, Z., 1996. Water resources management. In: Watson, R.T. and others (eds). Climate Change 1995: Adaptations and Mitigation of Climatic Change, Scientific-Technical Analyses of Impacts. Report of IPCC Working Group II, pp. 469-486. Cambridge, Cambridge University Press.

-Kapetanaki, G. and Rosenzweig, C., 1997. Impact of climate change on maize yield in central and Northern Greece: a simulation study with Ceres-maize. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 1(3), 251-271.

-Karas, J.H.W., 1991. Back from the Brink. Greenhouse Gas Targets for a Sustainable World. London: Friends of the Earth.

-Karas, J.H.W., 1991. Back from the Brink. Greenhouse Targets for a Sustainable World. London: Friends of the Earth.

-Kashiwagi, T., 1996. Industry. In: Watson, R.T., and others (eds). Climate Change 1995: Adaptations and Mitigation of Climate Change, Scientific-Technical Analysis of Impacts. Report of IPCC Working Group II, pp. 651-677. Cambridge, Cambridge University Press.

-Kattenberg, A. and others, 1996. Climate models - projections of future climate. In: Houghton, J.T., and others (eds). Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Report of IPCC Working Group I, pp. 289-357. Cambridge. Cambridge University Press.

-Kellogg, W.W. and Schwere, R., 1981. Climate Change and Society. Colorado: Westview Press.

-Kharrat, M., 1997. Personal communication. From Greenpeace Tunisia.

-King, R., 1996. Migration and development in the Mediterranean region. Geography, 81 (350 Pt 1), 3-4.

-Kirschbaum, M. and Fischlin, A., 1996. Climate change impacts on forests. In: Houghton, J.T., and others (eds). Climate

Change 1995: The Science of Climate Change. Report of IPCC Working Group I, pp.95-130. Cambridge, Cambridge University Press.

-Körner, C., 1990. CO2 fertilisation: the great uncertainty in future vegetation development. In: Saloman, A. and Reidal, D. (eds). Global Vegetation Change. Mass: Hingham. Cited in: Iglesias and Mínguez, 1997.

-Lamb, P.J. and Pepler, R.A., 1991. West Africa. In: Glantz, M.H., Katz, R.W. and Nicholls, N. (eds). Teleconnections Linking World-wide Climate Anomalies. Scientific Basis and Societal Impacts, pp. 120-187. Cambridge: Cambridge University Press.

-Le Houérou, H.N., 1988. Considerations biogéographiques sur les steppes Nort-Africaines. Cpte-Rend. Ve Coll. Intern. de l'Assoc. Franc. de Géogr. Phys. Biogéographie, Environment, Aménagement. Paris: CNRS, Univ. Cited in: Le Houérou. 1992.

-Le Houérou, A.N., 1992. Vegetation and land-use in the Mediterranean Basin by the year 1050: A prospective study. In: Jetic, L., Milliman, J.D. and Sestini, G. (eds). Climatic Change and the Mediterranean, pp. 175-232. London: Edward Arnold.

-López-Bermúdez, F., 1995. Desertification/degradation. Is this important for the European Mediterranean countries? Unpublished paper to: MEDALLUS Conference on Mediterranean Desertification, Myth or Reality, Almería, November 1994. Cited in: Thornes, 1996.

-Mabutt, J.A., 1984. A new global assessment of the status and trends of desertification. Env. Consv., 11(2), 106. Cited in: WRI/IIED/UNEP, 1989.

-Maheras, P., 1987. Temporal fluctuations of annual precipitation in Palma and Thessaloniki. J. Meteorol., 12, 305-308.

-Maheras, P. and Kolyva-Machera, F., 1990. Temporal and spatial characteristics of annual precipitation over the Balkans in twentieth century. Int. J. Climatol., 10, 495-504.

-McMicheal, A.J., 1996. Human population health. In: Watson, R.T., and others (eds). Climate Change 1995: Adaptations and Mitigation of Climate Change, Scientific-Technical Analyses of Impacts. Report of IPCC Working Group II, pp. 563-584. Cambridge, Cambridge University Press.

-MEDALUS I, 1993. Final Report. CEC Contract No. EPOC-CT90-0014-(SMA). Commission of European Communities DG XII.

-MEDALUS II, 1996. The MEDALUS II. Mediterranean Desertification and Land Use. Executive Summary Phase II. Commission of European Communities DG XII.

-Meier, W., 1985. Pflanzenchutz im Feldebau. Tierische Schädlinge und Pflanzenkrankheiten, 8 Auflage, Zurich-Reckholz, Eidgenössische Forschungsanstalt für Landwirtschaftlichen Pflanzenbau. Cited in: Reilly, 1996.

-Metaxas, D.A., Bartzokas, A. and Vitsas, A., 1991. Temperature fluctuations in the Mediterranean area during the last 120 years. Int. J. Climatol., 11, 897-908.

-Milliman, J.D., 1992. Sea-level response to climate change and

tectonics in the Mediterranean Sea. In: Jeftic, L., Milliman, J.D. and Sestini, G. (eds). Climatic Change and the Mediterranean, pp. 45-57. London: Edward Arnold.

-Milliman, J.D., Jeftic, L. and Sestini, G. (eds), 1992. The Mediterranean Sea and climate change - an overview. In: Jeftic, L., Milliman, J.D. and Sestini, G. (eds). Climatic Change and the Mediterranean, pp. 1-14. London: Edward Arnold.

-Mimikou, M. and others, 1991. Regional climate change impacts: impacts on water management works. Hydrol. Sci. J., 259-270. Cited in: Kaczmarek, 1996.

-Michell, J.F.B. and others, 1995. On surface temperatures, greenhouse gases and aerosols: models and observations. J. Climate, 10, 2364-2386. Cited in: Kattenberg and others, 1996.

-Myers, N., 1993. Environmental refugees in a globally warmed world. Bioscience, 43(11), 752-761.

-Neumann, J. and Parpola, S., 1987. Climatic change and the eleventh-tenth-century eclipse of Assyria and Babylonia. JNES, 46, 161-182. Cited in: Cotton and Pielke, 1995.

-Nicholls, R.J. and Leatherman, S.P., 1995. Sea Level Rise. In: Strzepek, K.M. and Smith, J.B. (eds). As Climate Changes: International Impacts and Implications. Cambridge: Cambridge University Press. Cited in: El-Shaer and others, 1997.

-Nicholls, N. and others, 1996. Observed climate variability and change. In: Houghton, J.T., and others (eds). Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Report of IPCC Working Group I, pp.137-192. Cambridge, Cambridge University Press.

-Palutikof, J.P., Goodess, C. and Guo, X., 1994. Climate change, potential evapotranspiration and moisture availability in the Mediterranean Basin. Int. J. Climatol., 14.

-Palutikof, J.P. Trigo, R.M. and Adcock, S.T., 1996b. Scenarios of rainfall over the Mediterranean: is the region drying. Presentation to: International Conference on Mediterranean Desertification, 29 October-1 November 1996, Crete Greece. Available from: Climate Research Unit, UEA, Norwich, UK.

-Palutikof, J.P. and Wigley, T.M.L., 1996. Developing climate change for the Mediterranean Region. In: Jeftic, L., Keckes, S. and Pernetta, J.C. (eds). Climatic Change and the Mediterranean, Volume 2, pp. 27-55. London: Edward Arnold.

-Palutikof, J.P. and others, 1992. Regional Changes in Climate in the Mediterranean Basin Due to Global Greenhouse Gas Warming. MAP Technical Report Series. Athens: UNEP.

-Palutikof, J.P. and others, 1996. Climate and climate change. In: Brandt, C.J. and Thornes, J.B. (eds). Mediterranean Desertification and Land Use, pp. 43-86. Chichester: John Wiley and Sons.

-Parton, W.J. and others, 1993. Observations and modelling of biomass and soils organic matter dynamics for the grassland biome world-wide. Global Geochem. Cycles, 7(4), 785-805. Cited in Allen-Diaz, 1996.

-Perissoratis, C. and others, 1996. Implications of expected climate change for the islands of Rhodes. In: Jeftic, L., Keckes, S., and Pernetta, J.C. (eds). Climate Change and the

- Mediterranean. Volume 2. pp.57-142. London: Arnold.
- Pimentel, D. and Pimentel, M., 1978. Dimensions of the world food problems and losses to pests. In: Pimentel, D. (ed), World Food, Pest Losses, and the Environment, pp. 1-16. Boulder: Westview Press. Cited in: Kellogg and Schware, 1981.
  - Randic, A. and others, 1996. Implications of expected climatic change for the Cres-Losinj Islands. In: Jeftic, L., Keckes, S., and Pernetta, J.C. (eds). Climate Change and the Mediterranean. Volume 2, pp.431-548. London: Arnold.
  - Reilly, J., 1996. Agriculture in a changing climate. In: Watson, R.T. and others (eds). Climate Change 1995: Adaptations and Mitigation of Climate Change, Scientific-Technical Analysis of Impacts. Report of IPCC Working Group II, pp. 429-167. Cambridge, Cambridge University Press.
  - Reilly, J., Hohmann, N. and Kane, S., 1993. Climate Change and Agriculture: Global and Regional Effects Using an Economic Model of International Trade. Report MIT-CEEPR 93-012WP. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.
  - Repapis, C.C. and Philandras, C.M., 1988. A note on the air temperature trends of the last 100 years as evidenced in the eastern Mediterranean time series. Theor. Appl. Climatol., 39. 93-107. Cited in: Metaxas and others, 1991.
  - Rind, D. and others, 1990. Potential evapotranspiration and the likelihood of future drought. J. Geophys. Res., 95 (D7), 9983-10004. Cited in: Palutikof and others, 1994.
  - Rodó, X., Baert, E. and Comin, F.A., 1977. Variations in seasonal rainfall in southern Europe during the present century: relationship with the North Atlantic Oscillation and the El Niño-Southern Oscillation. Clim. Dynamics, 13, 275-284.
  - Rodó, X. and Comin, F.A., 1996. Recent ENSO signals in southern Europe: a consequence of climate change? Submitted. Cited in Rodó and others, 1997.
  - Rogers, H.H. and Dahlman, R.C., 1993. Plant responses to atmospheric CO2 enrichment. Vegetation, 104/5, 117-131. Cited in: Reilly, 1996.
  - Rosenzweig, C. and Hillel, D., 1993. Agriculture in a greenhouse world. National Geographic Research and Exploration, 9(2), 208-221.
  - Rosenzweig, C. and others, 1993. Climate Change and World Food Supply. Research Report No.3. Oxford: Environmental Change Unit.
  - Rosenzweig, C. and Tubiello, F.N., 1997. Impacts of global climate change on Mediterranean agriculture: current methodologies and future directions. An introductory essay. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 1(3), pp.219-232.
  - Salati, E., Marques, J. and Molion, L.C.B., 1978. Origem e distribucao das Chuvas na Amazonia. Interciencia,, 3, 200-205. Cited in: Cotton and Pielke, 1995.
  - Santer, B. and others, 1996. Detection of climate change and attribution of causes. In: Houghton, J.T., and others (eds). Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Report of IPCC Working Group I, pp.411-443. Cambridge: Cambridge

University Press.

- Segal, M. and others, 1994. Some assessments of the potential 2 \* CO2 climatic effects on water balance components in the eastern Mediterranean. *Clim. Change*, 27, 351-371.
- Semenov, M.A. and Porter, J.R., 1994. The implications and importance of non-linear responses in modelling of growth and development of wheat. In: Grasman, J. and van Straten, G. (eds). *Predictability and Non-Linear Modelling in Natural Sciences and Economics*. Wageningen. Cited in: Barrow and others, 1995.
- Sestini, G., 1992. Implications of climatic change for the Po Delta and Venice Lagoon. In: Jeftic, L., Milliman, J.D. and Sestini, G.(eds). *Climatic Change and the Mediterranean*, pp.429-494. London: Edward Arnold.
- Thornes, J.B., 1996. Introduction. In: Brandt, C.J. and Thornes, J.B. (eds). *Mediterranean Desertification and Land Use*, pp.1-12. Chichester: John Wiley and Sons.
- Trenberth, K.E. and Hoar, T.J., 1996. The 1990-1995 El Niño Southern-Oscillation event: longest on record. *Gephys. Res. Lett.*, 23, 57-60. Cited in Trenberth and Shea, 1997.
- Trenberth, K.E. and Shea, D., 1997. Atmospheric circulation changes and links to changes in rainfall and drought. Paper presented to: Seventh Conference on Climate Variations, Long Beach, California, February 2-7, 1997, pp. J14-J17. Boston: American Meteorological Society.
- UNEP, 1987. *Environmental Data on the Mediterranean Basin (Natural Environment and Resources)*, Provisional version. Blue Plan, Sophia Antipolis. Cited in: Milliman and others, 1992.
- UNEP, 1990. *High and Dry: Mediterranean Climate in the Twenty-First Century*, UNEP.
- UNEP, 1992. *World Atlas on Desertification*. Seven Oaks: Edward Arnold. Cited in: WRI/IIED/UNEP, 1987 and Brandt and Thornes, 1996.
- Warrick, R. and others, 1996. Changes in sea level. In: Houghton, J.T., and others (eds). *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Report of IPCC Working Group I, pp. 363-405. Cambridge: Cambridge University Press.
- Watson, R.T., and others (eds), 1996. *Climate Change 1995: Adaptations and Mitigation of Climate Change Scientific-Technical Analyses of Impacts*. Report of IPCC Working Group II. Cambridge, Cambridge University Press.
- WEC, 1996. *Climate Change 1995. The Intergovernmental Panel on Climate Change Second Assessment Report Reviewed*, Report No.5. London: World Energy Council.
- WCED, 1987. *Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press.
- WHO, 1990. *Potential Health Effects of Climate Change*. Report of a WHO Task Force.
- WHO/PEP/90.10 Geneva: World Health Organisation. Cited in: McMichael, 1996.
- WHO/UNEP, 1995. *Climate Change and Human Health*. Personal communication from Athena Ronquillo of Greenpeace Southeast Asia.

- Wigley, T.M.L., 1992. Future Climate of the Mediterranean Basin with a particular emphasis on changes in precipitation. In: Jeftic, L., Milliman, J.D. and Sestini, G.(eds). Climatic Change and the Mediterranean, pp. 15-44. London: Edward Arnold.
- WMO, 1997, WMO Statement on the Status of the Global Climate in 1996. WMO-No. 858. Geneva: World Meteorological Organisation.
- WMO/UNEP, 1994. The Global Climate System Review. Climate System Monitoring June 1991 - November 1993. Geneva: World Meteorological Organisation.
- WRI/IIED/UNEP, 1987, World Resources 1987. New York: Basic Books.
- WRI/IIED/UNEP, 1989. World Resources 1988-89. New York: Basic Books.
- WRI/IIED/UNEP, 1997. World Resources 1996-97. New York: Basic Books.