

Cambio climático: un reto social inminente

Manuel de Castro
Climent Ramis
Pablo Cotarelo
Jorge Riechmann

Coordinación: Nuria del Viso

Selección de recursos documentales: Susana Fernández Herrero

Cambio climático: un reto social inminente

Autores

Manuel de Castro, Catedrático de Física de la Tierra y miembro del Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad de Castilla-La Mancha. Autor contribuyente en el Tercer Informe del IPCC y representante científico de España en el WCRP (Programa Mundial de Investigación sobre el Clima) entre 1999 y 2004.

Climent Ramis, Profesor titular y miembro del Grupo de Meteorología, departamento de Física, Universidad de las Illes Balears.

Pablo Cotarelo, Responsable del área de Cambio Climático de Ecologistas en Acción.

Jorge Riechmann, Profesor titular de Filosofía Moral de la Universidad de Barcelona. En la actualidad imparte docencia, como profesor invitado, en la facultad de Sociología y Ciencias Políticas de la Universidad Complutense de Madrid. Es vicepresidente de la asociación Científicos por el Medio Ambiente (CiMA).

Coordinación: Nuria del Viso

Edita: Centro de Investigación para la Paz (CIP-Ecosocial)

C/ Duque de Sesto 40, 28009 Madrid

Teléfono: 91 576 32 99

Fax: 91 577 47 26

cip@fuhem.es www.cip.fuhem.es

Madrid, 2009

CENTRO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PAZ (CIP-Ecosocial)

El Centro de Investigación para la Paz (CIP-Ecosocial) es un espacio de reflexión, encuentro y debate que analiza las tendencias y los cambios profundos que configuran nuestro tiempo desde una perspectiva crítica y transdisciplinar.

Creado por FUHEM en 1984, se dedicó en sus inicios al análisis de la amenaza que suponía la Guerra Fría. Con el paso de los años, ha abordado la globalización, el sistema multilateral, los derechos humanos, la ecología, las migraciones, las identidades y la educación para la paz y el desarrollo.

Atento a cuestiones emergentes, a partir de 2007, el Centro de Investigación para la Paz reorienta su mirada con un enfoque ecosocial que vincula las relaciones del ser humano con su entorno social y natural. A partir de tres de los grandes retos de la sociedad actual como son la sostenibilidad, la cohesión social y la calidad de la democracia, el Centro establece sus temas centrales.

© FUHEM

Las opiniones del presente documento no reflejan necesariamente las de FUHEM, y son responsabilidad de sus autores.

El cambio climático está provocando profundas modificaciones en los ecosistemas. Este fenómeno es quizá la manifestación más evidente, aunque no la única, del cambio global, entendido como el conjunto de transformaciones ambientales generadas por la actividad humana sobre la Tierra. Sin embargo, aunque se presente como un fenómeno que ocurre en la naturaleza, no se puede ignorar el 'factor humano', ni en su origen ni a la hora de recibir sus impactos. Así pues, este fenómeno representa, ante todo, un reto social de primer orden.

Por sus dimensiones, el cambio climático ha rebasado los círculos científicos para convertirse en una cuestión de preocupación social. CIP-Ecosocial quiere unirse al debate aportando el presente dossier. El documento reúne cuatro artículos: los análisis de Manuel de Castro y Climent Ramis, que exploran el fenómeno desde la perspectiva de las ciencias de la naturaleza; y los textos de Pablo Cotarelo y Jorge Riechmann, que aportan una mirada desde las ciencias sociales. El dossier se completa con una selección de recursos documentales -artículos de revista, recursos electrónicos y directorio de enlaces- realizada por Susana Fernández.

Los tres primeros análisis han sido publicados en el boletín ECOS nº 5 de CIP-Ecosocial, mientras que el texto de Riechmann apareció en el nº 98 de la revista PAPELES de Relaciones Ecosociales y Cambio Global, que edita CIP-Ecosocial.

El dossier que presentamos se inscribe en el proyecto "La paz, mucho más que ausencia de guerra", subvencionado por el Ministerio de Educación, Política Social y Deporte, y constituye el segundo de los cinco dossieres planificados.

CIP-Ecosocial
febrero de 2009

ÍNDICE

Manuel de Castro

Fundamentos, escenarios y estrategias de mitigación del cambio climático

Climent Ramis

Cambio climático y sus efectos en España y el Mediterráneo

Pablo Cotarelo

Los conflictos del cambio climático

Jorge Riechmann

Calentamiento climático: ¿cómo se calcula su impacto?

Selección de recursos

Susana Fernández Herrero

Revistas

Recursos electrónicos

Directorio de enlaces

Fundamentos, escenarios y estrategias de mitigación del cambio climático

Manuel de Castro

Instituto de Ciencias Ambientales
Universidad de Castilla-La Mancha

Introducción

Por cambio climático se entiende el calentamiento global observado en la superficie terrestre a causa del incremento registrado en la atmósfera de ciertos gases que contribuyen al llamado efecto invernadero. La ciencia no tiene actualmente dudas sobre la consistencia de esta teoría, como tampoco de que la acumulación de dichos gases se debe a actividades humanas. Por ello, a menos que se acuerden medidas mitigadoras a escala global, este proceso podría llegar a provocar en el futuro indeseables impactos sobre el clima de muchas regiones del planeta a lo largo de este siglo y venideros, con repercusiones en los sistemas ambientales, la economía y la sociedad. La evaluación de estos posibles impactos se realiza en función de proyecciones sobre la magnitud y distribución de las alteraciones climáticas futuras según diversos escenarios posibles. Para ello se utilizan sofisticados y complejos modelos matemáticos que son capaces de simular los principales procesos que determinan el clima actual y que atribuyen inequívocamente el calentamiento global observado al aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera.

La variabilidad del clima terrestre

Quizá la definición del clima más conocida es el promedio de las condiciones meteorológicas en las proximidades de la superficie terrestre. Pero tras este enunciado tan sencillo no se percibe la extremada complejidad de la multitud de procesos que originan el clima terrestre. Una aproximación para apreciar lo intrincado del problema podría ser advertir la extraordinaria variabilidad climática. Por ejemplo, si para caracterizar el clima de un lugar sólo se consideraran las temperaturas y precipitaciones medias anuales, podría comprobarse la escasa probabilidad de encontrar dos años con valores idénticos de esta pareja de variables climáticas. No digamos nada si se añadiera más variables en este análisis. La explicación científica de semejante comportamiento radica en que el clima está en constante evolución, pues es el resultado de las incesantes, numerosas y complejas interacciones entre la atmósfera, los océanos, las superficies polares heladas, los suelos continentales y la vegetación. Estos cinco componentes constituyen el llamado sistema climático, una enorme máquina térmica alimentada por la energía solar. El estado de este complejo sistema en cada momento determina la evolución del clima terrestre.

Se considera que la variabilidad del clima es fundamentalmente el resultado de dos efectos: Las variaciones generadas como respuesta a cambios en forzamientos externos y las provocadas por interacciones entre los propios componentes del sistema climático. Los forzamientos externos pueden tener origen astronómico o terrestre. Entre los primeros se incluyen, por ejemplo, las variaciones de la intensidad de la radiación solar o de los parámetros orbitales de la Tierra, y entre los segundos las alteraciones en la concentración atmosférica de los "gases invernadero" o en las características de los suelos. Por ejemplo, las variaciones estacionales del clima están claramente relacionadas con forzamientos astronómicos externos, pero hay otras variaciones que ocurren debido a causas internas, independientemente de cualquier cambio en tales forzamientos. Así, el pasado invierno no fue exactamente igual que el anterior, ni será igual al actual, a pesar de que el forzamiento solar

en esos tres años sea idéntico. Las causas internas de la variabilidad climática se asocian a la multitud de realimentaciones e interacciones entre los componentes del sistema, que generan inestabilidades u oscilaciones en su estado.

El problema del cambio climático

Uno de los aspectos claves del cambio climático actual y futuro es el de la atribución, que se podría resumir en la pregunta: ¿Cuánto han influido las actividades humanas en el calentamiento global observado?. Hay tres hechos incontestables: 1) La temperatura media global del aire cerca de la superficie terrestre ha aumentado unos 0.8 C desde finales del siglo XIX. 2) En los últimos 150 años la concentración media global de CO₂ en la atmósfera se ha incrementado en torno a un 36%, fundamentalmente a causa de actividades humanas. 3) El CO₂ es un gas que contribuye significativamente al efecto invernadero. Entonces, para responder a la anterior cuestión, habría que calcular de forma objetiva la relación entre el primer hecho y el segundo. Pero este cálculo no es trivial, pues la extremada complejidad del sistema climático hace que no exista una proporcionalidad predeterminada entre causa y efecto. Es decir, una pequeña perturbación podría inducir un cambio más significativo en el clima terrestre que otra de mayor magnitud. Esto se debe a que cualquier alteración inicial tendería a amplificarse o a disiparse según fuera el resultado conjunto de los numerosos y complejos mecanismos de realimentación que se activarían en el sistema climático. Por tanto, cabría la posibilidad de que el calentamiento global observado se debiese en su mayor parte a otros forzamientos naturales de menor magnitud relativa que el debido a la acumulación de CO₂ en la atmósfera. Para abordar adecuadamente este problema clave se utilizan los modelos climáticos.

Los modelos climáticos y su aplicación

La mejor herramienta de que se dispone para el estudio de este complejo sistema son los modelos climáticos, capaces de reproducir aceptablemente los principales procesos que determinan el clima terrestre. No consisten en analogías estadísticas con situaciones del pasado, ni en extrapolaciones hacia el futuro de tendencias observadas. Estos modelos matemáticos resuelven numéricamente el conjunto de ecuaciones matemáticas que expresan las leyes y principios físicos que gobiernan la dinámica de los procesos fundamentales que tienen lugar en cada componente del sistema climático, así como los intercambios de energía y masa entre ellos. En la actualidad existen varias decenas de modelos climáticos desarrollados en diversos centros de investigación, merced a un extraordinario esfuerzo en el que han colaborado directa o indirectamente miles de científicos a lo largo de las últimas décadas.

Con los modelos se simula la evolución de las condiciones climáticas observadas a lo largo de un extenso periodo de tiempo (generalmente los últimos 150 años), teniendo en cuenta la variación observada de la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero y de aerosoles. Los resultados obtenidos se comparan con los registros climáticos disponibles en dicho periodo, para evaluar la calidad de los modelos. Por otra parte, los modelos permiten realizar simulaciones sobre como hubiera sido la evolución del calentamiento global en caso de que no se hubiera producido el constatado incremento de gases invernadero. Esto ha permitido comprobar que sin dicha acumulación no se hubiera producido el calentamiento observado, lo que lleva a que el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) concluya aseverando que *"... la mayor parte del calentamiento observado en los últimos 50 años es atribuible a actividades humanas"*.

Una vez comprobado que el modelo es capaz de reproducir adecuadamente el clima "actual", se continúa la simulación hasta el final del presente siglo, considerando estimaciones de los futuros incrementos de gases invernadero y aerosoles. Y, finalmente, se comparan las estadísticas de los valores simulados en un periodo de referencia del pasado reciente ("clima

actual”) con las de un periodo de igual extensión correspondiente al clima futuro, deduciéndose así los escenarios de cambio climático en dicha época.

Por tanto, resulta para ello necesario cuantificar las posibles futuras emisiones antropogénicas. En el IPCC hay un grupo multidisciplinar de expertos dedicados a estudios de prospectiva que han considerado un conjunto de posibles escenarios socio-económicos, asignando a cada uno los correspondientes niveles de emisión a lo largo del presente siglo. De esta manera se configuran diversos posibles escenarios de cambio climático antropogénico hasta el año 2100.

Las proyecciones de cambio climático

Para cualquiera de los escenarios de emisiones considerados se proyecta un calentamiento global de alrededor de 0.4 C en las siguientes dos décadas. Esto se debe esencialmente a que la mayor parte de dicho calentamiento está ya determinado por el volumen de gases de efecto invernadero emitidos hasta el presente. A lo largo de las décadas posteriores el calentamiento será más o menos acelerado en función del ritmo al que se incrementen las emisiones por actividades humanas. Así, en la última década del siglo el incremento más probable de la temperatura media global estaría entre 1.1 C y 2.9 C en el escenario de emisiones más bajo (B1), mientras que llegaría a situarse entre 2.4 C y 6.4 C en el escenario de emisiones más altas (A1FI). Dicho calentamiento daría lugar también a una subida del nivel medio de los océanos de 0.18-0.38 m en el escenario más bajo (B1) y de 0.26-0.59 en el más alto (A1FI).

La distribución planetaria del calentamiento futuro se asemejará muy probablemente a la de la tendencia observada en las últimas décadas, es decir será máximo sobre las regiones continentales situadas más al norte y mínimo sobre los océanos del hemisferio sur y ciertas regiones del Atlántico norte. Por lo que respecta a las precipitaciones, aumentarán muy probablemente en las latitudes altas y decrecerán en la mayor parte de las regiones subtropicales, de forma semejante a los patrones de las tendencias recientes.

Por otra parte, se espera que también experimenten cambios a lo largo del siglo la frecuencia e intensidad de los eventos climáticos extremos. Así, es muy probable que en muchas regiones se incremente el riesgo de ocurrencia de olas de calor más intensas, frecuentes y duraderas, al tiempo que las heladas disminuyan significativamente. También, en la mayor parte de las zonas de latitudes medias y altas del hemisferio norte se proyecta un incremento de los veranos secos y de los inviernos húmedos. Los extremos húmedos serán probablemente más intensos en muchas áreas donde se espera incremento de la precipitación media y los extremos secos serán más severos donde se proyectan disminuciones de precipitación media. Asimismo, algunos estudios apuntan a que los ciclones tropicales tenderán a ser más severos, aunque posiblemente menos numerosos.

Mediante la aplicación de un conjunto de modelos climáticos globales y regionales se han deducido las siguientes proyecciones de cambio climático en la Península Ibérica:

- Es *virtualmente cierto* que a lo largo del presente siglo en todas las regiones se experimentará una tendencia creciente de la temperatura media anual. En el último tercio de siglo el aumento medio anual respecto al periodo 1961-90 podría ser de entre 2 C y 3.5 C en el escenario de emisiones más bajas (B1) y de entre 4 y 6.5 C en el de emisiones más altas (A1FI). En las regiones del interior peninsular las tasas de calentamiento serían aproximadamente un 25% más altas que en las de la periferia o en las insulares.
- En todas las regiones es *muy probable* que se incremente más la temperatura media de verano que la de invierno, con respecto al clima actual. El mayor aumento térmico en verano

ocurriría en las regiones del interior y el menor calentamiento en invierno correspondería a las regiones del norte y noroeste.

- Es *probable* que los promedios de temperaturas máximas diarias aumenten más que los de temperaturas mínimas, es decir que se incremente el rango térmico diario, más acusadamente en las regiones del interior.

- Es *muy probable* que la precipitación total anual tienda a disminuir en general, pero la magnitud de la reducción depende de la región y del escenario de emisiones considerado. Las más acusadas se producirían en el tercio sur y las menos en el cuadrante noroeste.

- La mayor reducción de las precipitaciones tendería a producirse *muy probablemente* en primavera-verano. En el periodo estival, la disminución proyectada para el último tercio de siglo sería bastante uniforme en todas las regiones.

- Es *muy probable* que se experimente un aumento generalizado de la frecuencia de días extremadamente calurosos en la época de verano (Junio-Septiembre), pudiendo llegar a ser de 3 a 10 veces superior al actual en el último tercio de siglo, dependiendo del escenario de emisiones y de las regiones que se consideren. El mayor incremento correspondería al centro y sur de la Península (6 a 10 veces) y el menor al norte y noroeste (3 a 5 veces).

- En la mayoría de regiones es *probable* que en el último tercio de siglo haya una reducción del número total de días en el año con precipitación extrema respecto al clima actual, aunque la desagregación estacional por regiones presenta más incertidumbre.

El uso de los términos “*virtualmente cierto*”, “*muy probable*”, “*probable*” en las anteriores proyecciones de cambio climático viene determinado por el grado de incertidumbre que se asigne a cada una. Dicha valoración se deduce objetivamente en función de la mayor o menor coincidencia entre los valores de los cambios calculados por el conjunto de los modelos climáticos utilizados.

Las estrategias de mitigación

Es indudable que la magnitud del cambio climático proyectado a lo largo de este siglo por los modelos en muchas regiones del planeta acabará por provocar unos impactos que tendrán repercusiones ambientales, económicas y sociales. La evaluación de tales impactos permitiría considerar posibles medidas de adaptación al cambio climático proyectado en una determinada región, así como una cuantificación en términos económicos del coste ligado a su adopción frente a las pérdidas que acarrearía la inacción. Esta es una de las estrategias que cabría establecer para minimizar las consecuencias del cambio climático a escala regional o local. La otra estrategia se enfoca a tratar de evitar en lo posible que la magnitud del futuro cambio climático global sobrepase un cierto umbral, es decir a mitigar dicho cambio a escala planetaria. El primer intento de estrategia global de mitigación fue el protocolo de Kioto, en el que los países firmantes se comprometían a limitar o reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en unos determinados valores. El objetivo primordial de la estrategia de mitigación adoptada en el Convenio Marco de la Convención sobre Cambio Climático de Naciones Unidas (UNFCCC) es conseguir que las concentraciones medias de gases invernadero en la atmósfera se establezcan en “... un nivel que prevenga de una interferencia peligrosa con el sistema climático”.

La cuestión entonces es determinar qué magnitud del futuro cambio climático provocaría dicha *peligrosa interferencia*. Es decir, establecer el valor del incremento global de la temperatura que no se debería sobrepasar. A este fin, por ejemplo, la Unión Europea ha propuesto que el nivel de calentamiento global futuro no sobrepase 2 C respecto a la temperatura media de la

era preindustrial (siglo XIX). Pero establecer un umbral de calentamiento global incluye mayor incertidumbre que fijar un nivel de estabilización en la concentración de gases invernadero. En consecuencia, se ha decidido que la mejor estrategia de mitigación sería establecer cuánto y cuando habría que reducir las emisiones globales para que la concentración de estos gases en la atmósfera se estabilice sin sobrepasar un determinado umbral. El problema es que, a consecuencia de la enorme inercia del sistema climático, han de pasar muchos años para que una reducción en las emisiones de algunos gases invernadero se traduzca en una disminución de su concentración media en el aire. Por eso, el IPCC ha establecido una serie de *"trayectorias"* de escenarios de mitigación en función de una serie de categorías de objetivos de estabilización de concentraciones, acompañando a cada una el riesgo de sobrepasar determinados valores de calentamiento global.

Valoración de los impactos del cambio climático en el Mediterráneo: evidencias, incertidumbres y escenarios

Climent Ramis

Grupo de Meteorología. Departamento de Física.
Universidad de las Illes Balears. Palma de Mallorca

1. Introducción

El clima mediterráneo está caracterizado por unos inviernos relativamente húmedos con temperaturas suaves y unos veranos secos y cálidos. De este régimen climático participan todos los territorios que rodean el mar Mediterráneo, consecuencia de la influencia de los principales sistemas meteorológicos que controlan el tiempo en esta región: el anticiclón de las Azores, especialmente en su parte occidental y central, y el frente polar además de las depresiones que se forman en el propio Mediterráneo, considerado como una de las zonas más ciclogénicas del mundo. El propio mar Mediterráneo adquiere durante el verano unas temperaturas altas, con algunas excepciones muy localizadas. Todas estas características han convertido las zonas costeras del Mediterráneo en polos turísticos, algunos con un desarrollo espectacular.

Por su situación geográfica y por la sensibilidad a las variaciones latitudinales que experimentan los sistemas meteorológicos controladores indicados, la región mediterránea es especialmente sensible a los cambios climáticos. Varias son las razones que la hacen vulnerable a estos cambios, entre las cuales se pueden citar la concentración de población y de sectores como el industrial y el turístico en las zonas costeras. El propio mar también es especialmente sensible a los impactos que pueden resultar de modificaciones físicas y químicas del medio y, en consecuencia, de las condiciones en las que se desarrolla flora y fauna marinas.

En los apartados siguientes se describirán brevemente algunos de los impactos que el cambio climático puede tener sobre la región mediterránea durante este siglo, al mismo tiempo que se pondrán de manifiesto algunas incertidumbres que hacen difícil inferir conclusiones concretas. El AR4 del IPCC constituye el eje fundamental para las cuestiones que continúan.

2. Temperatura

2.1. Evidencias de cambio

El calentamiento global observado durante el siglo pasado, especialmente durante los últimos 50 años (0.13 °C/década), también se ha producido de forma más acentuada en la región mediterránea. Contrariamente a lo que sucede en el norte de Europa donde los aumentos de temperatura más notables se producen en invierno, en la región mediterránea se producen en primavera y verano. Además estos aumentos son mayores que los observados en otras regiones de la misma latitud. En concreto, en las Islas Baleares durante el período 1976-2006 se han observado aumentos de la temperatura máxima media a un ritmo de 0.67 °C/década para el verano (JJA) y de 0.79 °C/década para la primavera (MAM). La mayor tendencia se ha observado en las temperatura mínima media en verano, con un valor de 0.80 °C/década (Figura 1).

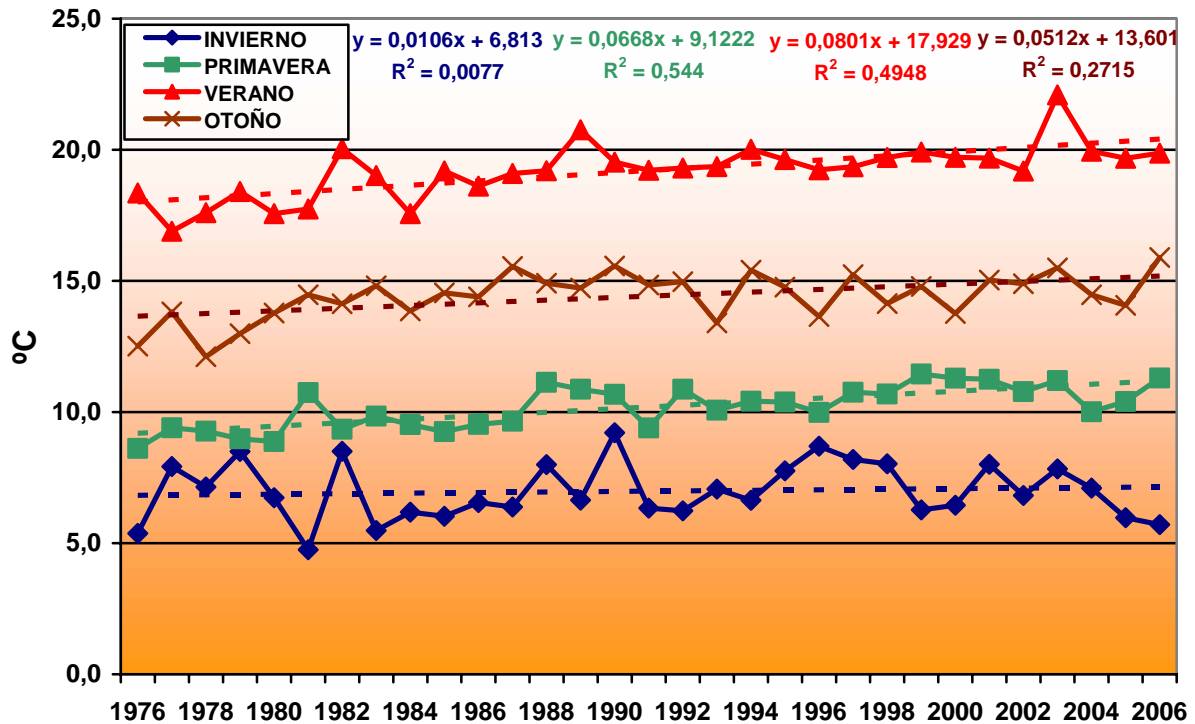


Figura 1.- Tendencias de las temperaturas mínimas medias estacionales en las Islas Baleares desde 1976 a 2006. Los correspondientes ajustes lineales y coeficientes de determinación están indicados.

La temperatura de la superficie del mar en el Mediterráneo occidental ha aumentado en los últimas décadas del orden de 0.5 °C, habiéndose observado aumentos, aunque menores, hasta los 1000 m de profundidad.

2.2. Proyecciones

Las simulaciones realizadas en el proyecto PRUDENCE con modelos climáticos regionales (RCM) indican que en la zona mediterránea, durante este siglo, las temperaturas continuarán aumentando probablemente a un ritmo superior a la media global y a la media europea de tal manera que en pocas décadas este aumento puede hacerse muy evidente (Figura 2).

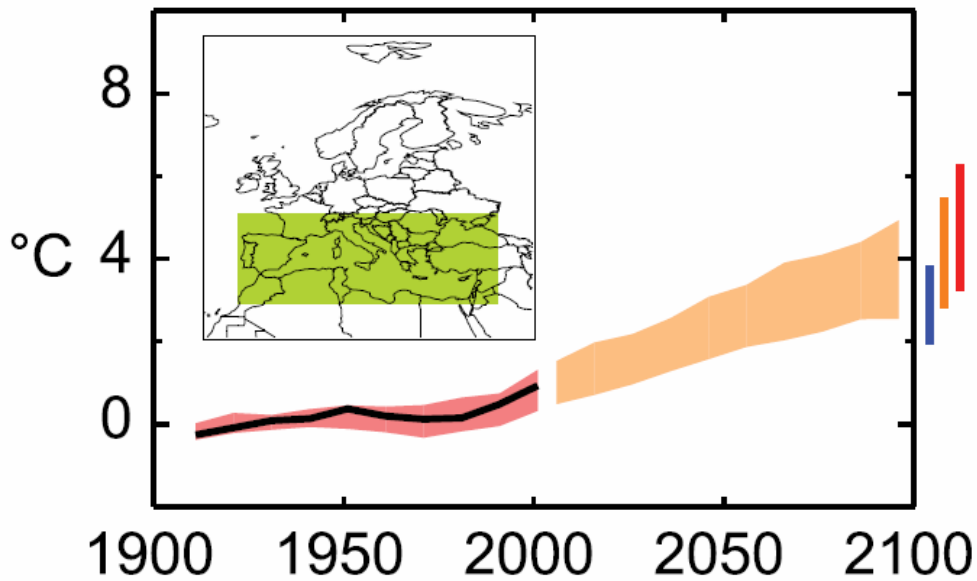


Figura 2.- Anomalías de las temperaturas observadas (negro), simuladas (banda roja) y pronosticadas con respecto al período 1901-1950 en la región mediterránea. Las líneas verticales representan los rangos de los cambios proyectados para el período 2091-2100 para el escenario B1 (azul), el escenario A1B (naranja) y el escenario A2 (rojo). (De IPCC (2007))

El calentamiento será más notable durante el verano, puede exceder los 6 °C en el sur de Francia y este de España (Figura 3).

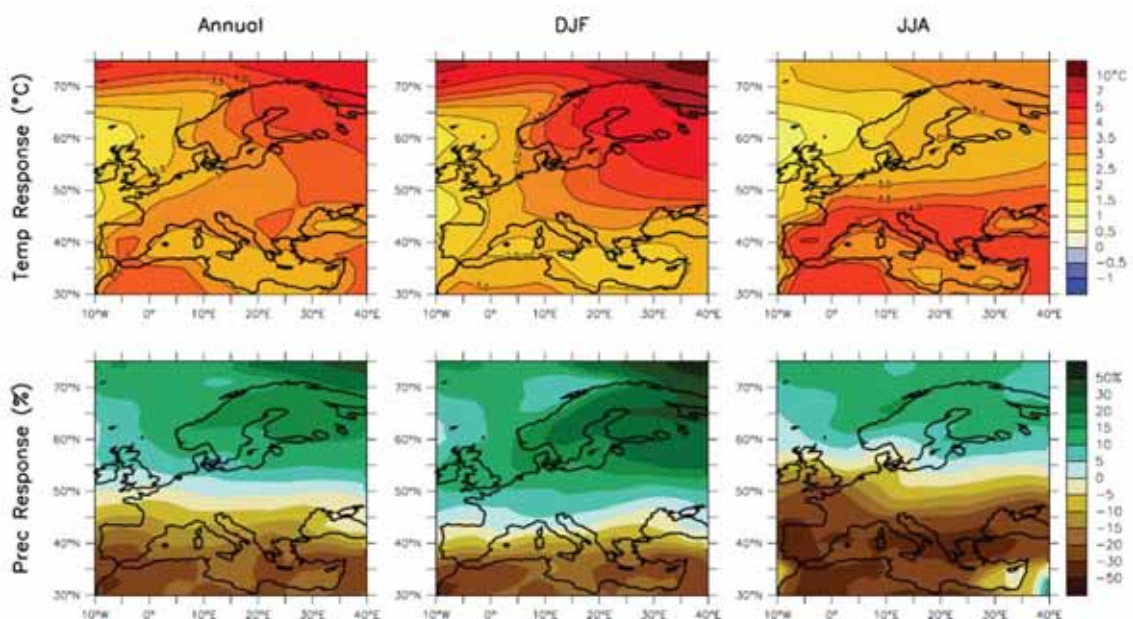


Figura 3.- Variaciones de temperatura y de precipitación en Europa según simulaciones con el escenario A1B. Línea superior: cambio de temperatura media anual, hivernal (DJF) y estival (JJA) entre 1980-1999 y 2080-2099. Línea inferior: como la superior pero para el cambio porcentual de precipitación (De IPCC (2007))

El valor medio del calentamiento hacia final de siglo para la región europea, al considerar el escenario SRES A1B (para la definición de los escenarios de emisiones, véase <http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission/index.htm>), varía desde 2.2 °C a 5.1 °C, con el B2 entre 1 °C y 4 °C, con los mayores aumentos de temperatura durante el verano. Otros experimentos, con el escenario A1FI (el menos respetuoso con el medio ambiente) indican calentamientos tan grandes como 9 °C en el norte de África. Sin embargo existen

incertidumbres importantes, ya que las anomalías de temperatura media estacional pueden diferir en un factor 3 al considerar diferentes modelos.

Se pronostican olas de calor más frecuentes y prolongadas que las observadas actualmente, especialmente con el escenario SRES A2, con los problemas de salud que conlleva la presencia de altas temperaturas durante muchos días. La ola de calor que registró Europa central y el Mediterráneo en 2003 (Figura 4) es un ejemplo de las anomalías de temperatura esperables cuyo impacto sobre la población puede traducirse en un aumento de las defunciones.

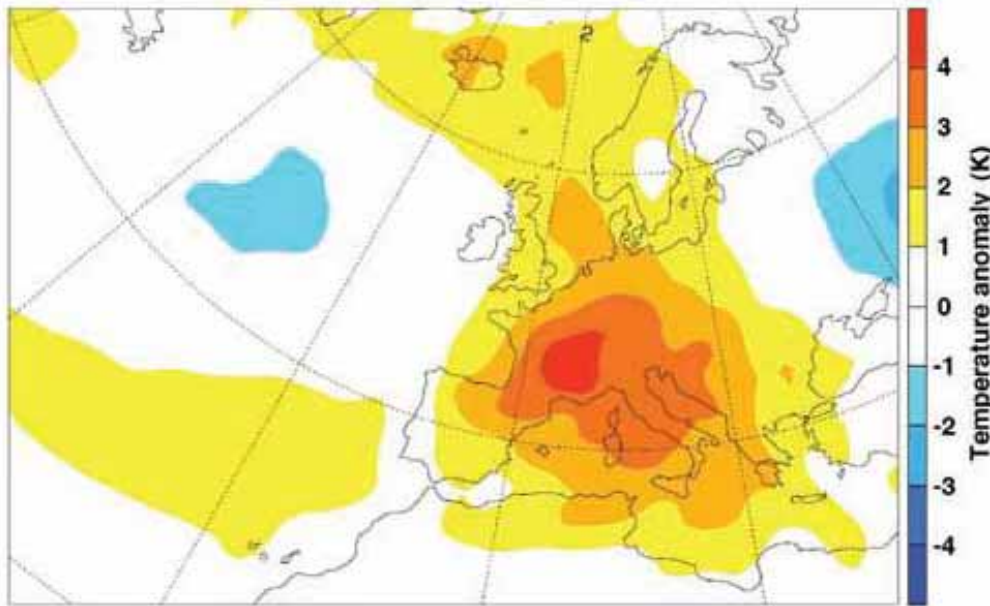


Figura 4.- Anomalías de temperatura correspondientes a la ola de calor del verano de 2003 (De IPCC (2007)).

Consecuencia de este calentamiento se espera que las demandas energéticas para calefacción disminuyan apreciablemente y, sin embargo, aumenten fuertemente las demandas para refrigeración. Es muy probable que los máximos en la demanda energética se trasladen de invierno a verano.

La zona mediterránea como polo turístico puede verse especialmente afectada con un cambio estacional en la demanda vacacional. Las zonas costeras probablemente tendrán la máxima afluencia en primavera y otoño, con una disminución en verano.

Algunos impactos pueden ser beneficiosos en ciertos aspectos. La disminución de días fríos puede resultar positiva para la salud. Ciertamente el aumento de días calurosos tendrá un impacto negativo, de tal manera que en conjunto este impacto térmico no puede considerarse positivo.

Se pronostica que el mar Mediterráneo experimentará un aumento significativo de la temperatura superficial. La Figura 5 muestra la temperatura media actual para el mes de septiembre y la temperatura media pronosticada para el mismo mes para finales de siglo. Todos los modelos muestran un pronóstico parecido. Puede observarse un aumento notable tanto en la zona occidental como la oriental. Este aumento de temperatura es superior al pronosticado para el mar Caribe, de tal manera que para finales de siglo ambos mares pueden tener temperaturas muy parecidas en verano.

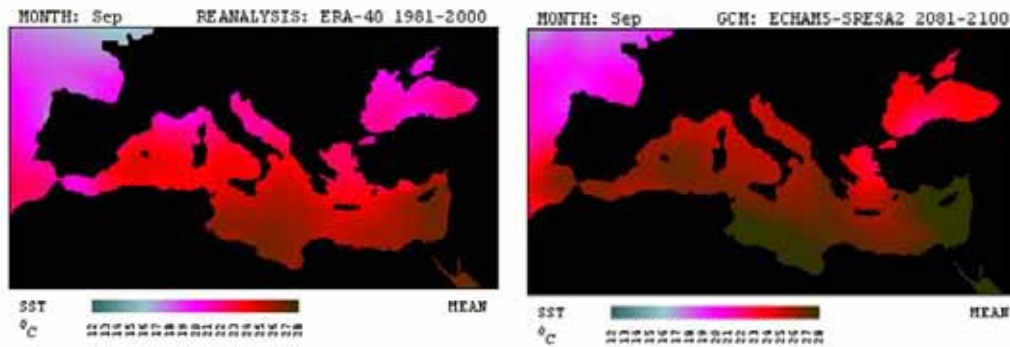


Figura 5.- Temperatura media de la superficie del mar (SST) observada el mes de Septiembre entre 1981 y 2000 según el reanálisis ERA-40 (izquierda) y la proyectada para el período 2081 a 2100 con el modelo ECHAM5 (derecha) con el escenario A2 (Cortesía de R. Romero).

Uno de los posibles impactos, obtenido con RCMs, es el aumento del número de ciclones de pequeño tamaño con características semejantes a los ciclones tropicales que se forman sobre el mar, conocidos como medicanes (Figura 6), que llevan asociados vientos fuertes. El aumento de la temperatura del aire permitirá que éste contenga más cantidad de vapor de agua y un mar más caliente favorecerá la evaporación. En estas condiciones las perturbaciones ciclónicas de pequeñas dimensiones encontrarán un ambiente favorable para profundizarse por la liberación de calor latente en las nubes convectivas que se forman en la perturbación.

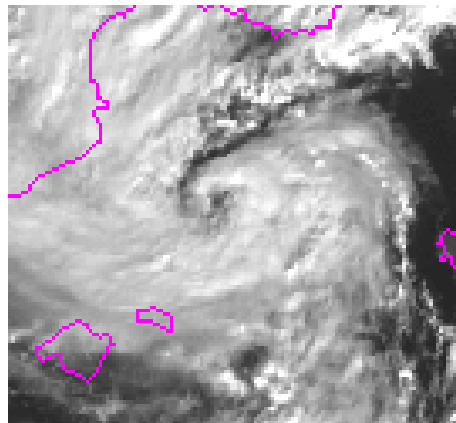


Figura 6.- Imagen IR del Meteosat de un ciclón de pequeñas dimensiones o medicane formado al norte de las Islas Baleares el 10 de diciembre de 1996.

3. Recursos hídricos

3.1 Observación

Las observaciones de precipitación en la región mediterránea demuestran que a lo largo del siglo XX se ha producido una disminución de la cantidad total anual de precipitación. Esta disminución no se ha producido de forma uniforme en todas las zonas.

Como ejemplo, en las Islas Baleares se ha observado una disminución de casi 2 mm/año en la precipitación anual durante la segunda mitad del siglo pasado. Sin embargo, hay variaciones estacionales. Las disminuciones más notables se han producido en invierno y otoño con una disminución de casi 1 mm/año, las dos estaciones en las que se registra la mayor precipitación.

Se ha observado igualmente una variación en el régimen de lluvias de tal manera que han aumentado los días con precipitaciones débiles y han disminuido los días con precipitaciones moderadas. No puede asegurarse con fiabilidad suficiente que el número de días con precipitaciones intensas ha aumentado debido al reducido número de días en que se dan estas precipitaciones. Estas variaciones en el régimen de precipitaciones no se ha observado en el Mediterráneo oriental.

3.2 Proyecciones

Las simulaciones con modelos climáticos muestran una importante disminución de la precipitación en toda la región para final de siglo. En particular para la costa norte de África, considerando el escenario A1B, las precipitaciones medias anuales muy probablemente disminuirán alrededor del 20% (Figura 3). Esta disminución de la precipitación es consecuencia del aumento de la circulación anticiclónica en el nordeste del Atlántico y la formación de una vaguada sobre el este de Europa. Esta situación de bloqueo impide la llegada de las depresiones al Mediterráneo, con la consiguiente disminución de la precipitación que puede llegar hasta el 45% en verano. Por el contrario, otros estudios muestran un pequeño aumento de la precipitación anual para el sudeste español. Sin embargo, el aumento de temperatura de la superficie del mar constituye un importante factor, pero no único, para la formación de lluvias intensas y algunos RCM proyectan un aumento en la intensidad de las precipitaciones, prácticamente con todos los escenarios SRES. Este efecto no es incompatible con la disminución de la precipitación anual. Sin embargo, existe una cierta incertidumbre en el Mediterráneo, donde la precipitación es mayoritariamente de origen convectivo, ya que es preciso para ello que las perturbaciones ciclónicas alcancen la zona. Consecuencia de todo ello se espera que aumente la variabilidad interanual y una mayor incidencia de olas de calor y de sequías. Es muy probable que en el Mediterráneo el déficit hídrico comience antes que actualmente y se mantenga hasta más avanzado el otoño como consecuencia de un aumento de los períodos secos en la parte cálida del año.

En las zonas costeras europeas mediterráneas la disminución en la disponibilidad de agua aumentará también de forma notable hacia finales de siglo. Los caudales de agua superficial en verano pueden reducirse hasta un 80% de los valores actuales.

Las regiones más vulnerables al impacto causado por un aumento de las sequías se sitúan en el Mediterráneo occidental, con la consiguiente demanda de agua para el riego para la producción de alimentos.

Consecuencia de esta disminución de precipitación, es muy probable que los bosques se expandan hacia el norte y disminuyan en las zonas costeras como consecuencia de la muerte de árboles por stress hídrico.

El aumento de las temperaturas y la disminución de las precipitaciones a los ritmos previstos probablemente superarán la capacidad adaptativa de varias especies de plantas. Por este motivo el número de especies de árboles típicos del Mediterráneo tenderá a disminuir.

El peligro de incendios, la duración de la época de incendios y la frecuencia y severidad de los mismos probablemente aumentarán en el Mediterráneo lo cual conducirá a una progresiva sustitución de los bosques de árboles por bosques de matorrales.

El potencial hidroeléctrico de Europa se espera que disminuya un 6% en promedio pero entre un 20 y un 50% alrededor del Mediterráneo hacia 2070. Los cambios esperados en el caudal anual de los ríos del sur de Europa hacia el 2070 estarán afectados tanto por el cambio climático como por la variabilidad climática.

4. Nivel del mar

4.1. Observaciones

Aunque entre 1960 y 1990 el nivel del Mediterráneo sufrió un ligero descenso, principalmente debido a un aumento de la presión atmosférica durante el invierno y a una disminución de la temperatura, después se ha producido un rápido aumento relacionado con cambios en la temperatura, especialmente en el Mediterráneo este. Se ha determinado que el ritmo de aumento de nivel está entre los 2.5 mm/año y 10 mm/año. Parte del aumento de este nivel se atribuye a un aumento de la cantidad de agua. Al mismo tiempo se ha observado un aumento de la salinidad.

4.2. Proyecciones

El aumento del nivel del mar (Figura 7) puede tener una amplia variedad de impactos en las zonas costeras, causando inundaciones, pérdidas de tierras de labor, salinización de aguas subterráneas y la destrucción de infraestructuras. Sin embargo los resultados de diferentes modelos difieren fuertemente en la estimación del aumento del nivel del mar. Un impacto será la migración hacia el interior de playas, especialmente importante en la segunda mitad del siglo con el escenario A1FI. Algunas zonas húmedas costeras pueden desaparecer con el consiguiente efecto sobre las aves migratorias.

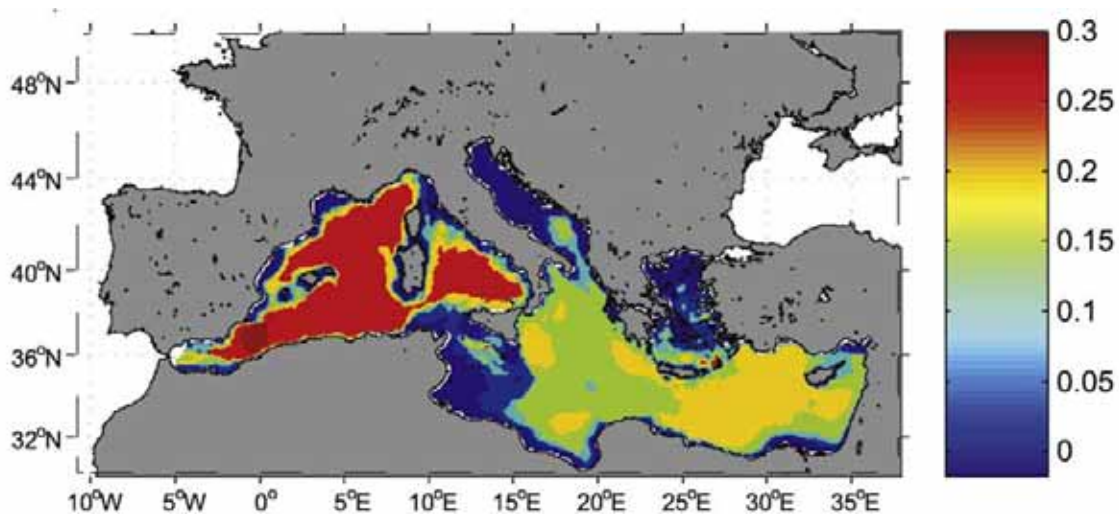


Figura 7.- Variaciones del nivel del mar (m) para final del siglo XXI correspondientes a las variaciones de temperatura y salinidad respecto al nivel medio de 1961-1990. (Tsimplis et al. 2008)

El aumento de la temperatura puede conducir a una mortalidad importante de delfines. Nuevas especies de animales marinos pueden poblar el mar, con la consiguiente desaparición del equilibrio actual por la competición que existirá con las especies autóctonas.

Bibliografía complementaria

AR4 IPCC disponible en <http://www.ipcc.ch>

IPCC, 2007: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

IPCC, 2007: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp.

Tsimplis, M. N., Marcos M., Somot S., 2008: 21st century Mediterranean sea level rise: Steric and atmospheric pressure contributions from a regional model. *Global and Planetary Change* 63, 105-111

Vargas, M., M. C. García, F. Moya, E. Tel, G. Parrilla, F. Plaza y A. Lavín, 2008: *Cambio climático en el Mediterráneo español*. Instituto Español de Oceanografía, 170 pp.

Gaetner, M. A., D. Jacob. V. Gil, M. Domínguez, E. Padorno, E. Sánchez and M. Castro, 2007: Tropical ciclones over the Mediterranean sea in climate change simulations. *Geophysical Research Letters*, 34, L14711.

Sumner, G. N., R. Romero, V. Homar, C. Ramis, S. Alonso and E. Zorita, 2003: An estimate of the effects of climate change on the rainfall of Mediterranean Spain by the late 21st century. *Climate Dynamics*. 20, 789-805

Los conflictos del cambio climático

Pablo Cotarelo

Responsable del área de Cambio climático
Ecologistas en Acción

En la actualidad el reto de la prevención de los conflictos, desde los estructurales hasta los de baja intensidad, pasando por los armados, se encuentra en la arena de la protección del entorno, cuyas mayores amenazas, presentes y futuras, están relacionadas con el cambio climático.

Origen de los conflictos

Los conflictos en las últimas décadas han estado marcados por la lucha, abierta o encubierta, a nivel global o a nivel local, por el acceso a los recursos, como el agua, los minerales, las tierras y las fuentes energéticas. Particularmente estas últimas han tenido un papel muy destacado en la historia más reciente de la humanidad y de sus conflictos.

El petróleo y la construcción de un modelo

El petróleo no sólo ha transformado completamente el escenario de relaciones económicas y sociales sino que también se ha encontrado en el centro de buena parte de los conflictos. Además, gracias al petróleo, por ser una fuente de energía barata, se ha logrado construir en las últimas décadas un sistema donde se fomenta la acumulación de capital, la movilidad, el consumo, el crecimiento económico continuo, y por supuesto, el consumo creciente de energía. Debido al aumento de este consumo energético basado en combustibles fósiles (petróleo, pero también carbón y gas) se desencadena un fenómeno como el cambio climático, que, como consecuencia de las emisiones de CO₂, provoca que la temperatura del planeta aumente y perturbe el equilibrio climático.

Efectos del cambio climático sobre recursos básicos

La perturbación más evidente del cambio climático y, por tanto, el origen más claro de conflictos, sería la relacionada con sus efectos físicos directos. Las consecuencias de este fenómeno van desde la reducción de recursos básicos, como el agua y la tierra, hasta el empeoramiento de las condiciones de vida debido al aumento de temperatura, la subida del nivel del mar y la propagación de enfermedades, pasando por el drama de las migraciones.

Los últimos estudios (Informe Stern y 4º Informe del IPCC) son capaces de relacionar diferentes variables con un alto grado de exactitud. A partir de un nivel de emisiones de gases de efecto invernadero se puede conocer el intervalo de concentración de éstos en la atmósfera. Después, con un nivel dado de concentración de estos gases en la atmósfera se llega al rango de aumento de temperatura que provoca aquélla. Y finalmente, en función del aumento de temperatura, se obtienen una serie de consecuencias en diferentes ámbitos relacionados con los recursos y las condiciones de vida de las personas. Algunas de estas consecuencias pueden observarse en la siguiente tabla:

Aumento de Temperatura	AGUA	ALIMENTACIÓN	SALUD	TERRITORIO
1°C	50 millones de personas afectadas por la desaparición de glaciares en los Andes			
2°C	Reducción potencial del 20-30% del agua disponible en el Mediterráneo y en el Sur de África, por ejemplo	Acusado descenso de las cosechas en las regiones tropicales (5-10% en África)	40-60 millones de personas más expuestas a la malaria en África	Hasta 10 millones de personas afectadas por inundaciones costeras al año
3°C	1.000-4.000 millones de personas sufren escasez de agua, mientras que 1.000-5.000 millones de personas sufren riesgo de inundaciones	150-550 millones de personas adicionales en riesgo de hambruna	1-3 millones de personas muertas por malnutrición	1-170 millones de personas al año afectadas por inundaciones costeras
4°C	Reducción potencial del 30-50% del agua disponible en el Mediterráneo y en el Sur de África, por ejemplo	Descenso del 15-35% de las cosechas en África	Hasta 80 millones de personas más expuestas a la malaria en África	7-300 millones de personas al año afectadas por inundaciones costeras

Fuente: Informe Stern

Ahora bien, es necesario resaltar que el hecho de superar los 2°C de incremento de temperatura supone un riesgo extremadamente alto de que ocurran efectos mucho más graves que los que se muestran anteriormente (tal y como indica el 4º Informe del IPCC). En los últimos años, el empeoramiento de las condiciones de vida en algunas regiones, que se podrían relacionar con el cambio climático, ha provocado desplazamientos de grandes cantidades de personas buscando satisfacer sus legítimas necesidades básicas. Estas circunstancias, unidas a las asimetrías estructurales en el reparto de los recursos a nivel mundial, aumentarán el riesgo de conflictos. Ya en el pasado, desastres relacionados con el clima y su impacto sobre los recursos han provocado violentos conflictos, existiendo grave peligro de conflicto en zonas tales como el África Occidental, la cuenca del Nilo y Asia Central.

En este punto conviene aclarar un aspecto importante, que es el siguiente: se debe ser cauto y, a pesar de que hechos puntuales del presente no se pueden achacar al cambio climático de manera rigurosa, sí se puede afirmar si esos hechos son coherentes con las previsiones de los modelos de cambio climático. Es decir, hoy no podemos afirmar si una sequía determinada ha sido causada por el cambio climático y, en consecuencia, los conflictos derivados de ella son responsabilidad de este fenómeno. Sin embargo, sí se puede decir de manera rigurosa que dicha sequía, relacionada con un nivel de aumento de temperatura concreto, y con una duración y efectos determinados, será más frecuente e intensa en el futuro, en el que el aumento de temperatura será mayor y que, por tanto, los conflictos derivados de ella serán más frecuentes, y probablemente, amplios e intensos.

Recapitulemos. La ecuación quedaría de la siguiente manera: más emisiones implican más temperatura, que son menos recursos para más personas, que asimismo suponen más conflictos. A los conflictos, en este ámbito, se les puede llamar de diferentes maneras: lucha de las personas de un mismo territorio por los recursos crecientemente escasos, lucha de personas que migran de su territorio por los recursos crecientemente escasos de otro territorio, o lucha de personas que migran de su territorio por los recursos que derrochan otras personas en otros territorios. Si asignamos nombres reales, el primer caso sería el de regiones

del continente africano, el segundo el de diferentes zonas de este mismo continente, y el tercero el de africanos y africanas de diferentes zonas que migran a Europa. Pero se podría sustituir América Central y del Sur por África, y América del Norte por Europa, por ejemplo, y el resultado sería similar.

Las políticas de lucha contra el cambio climático

Una vez que se tiene información y cierta conciencia del problema del cambio climático y su gravedad, se comienzan a llevar a cabo políticas para intentar paliar sus consecuencias. Independientemente de su efectividad, rapidez o conveniencia, algunas de estas medidas causan y causarán conflictos de muy diferente naturaleza y alcance. De forma genérica, estos conflictos se pueden dividir en dos grandes grupos según el tipo de sujeto principal de los mismos:

1. Resistencias del sistema establecido:

- *Reducción en la utilización del petróleo (carbón y gas):* el control de la fuente de energía que sirve de base a la sociedad y al sistema económico que la sostiene ha provocado, provoca y provocará conflictos armados mientras se acerca irremisiblemente a su agotamiento. Ahora bien, si se llevan a cabo reducciones de emisiones en la línea de las marcadas por los científicos, es decir, el 80% en los países industrializados para mediados de siglo, los derivados del petróleo (sobre todo) dejarán de utilizarse masivamente. Pensar que la industria más poderosa del mundo va a quedarse sentada mientras ve cómo se pierde su volumen de negocio, y con él, su poder parece tremendamente ingenuo. De esta manera tenemos servido otro conflicto que, de hecho, no es nada nuevo. Porque, ¿qué son si no los obstáculos presentados por los negociacionistas del problema, las presiones que reciben los políticos que encaran las negociaciones, las campañas de descrédito de personas y grupos defensores del clima, la publicidad que pervierte los mensajes de sostenibilidad, etc.?

- *Relanzamiento de la energía nuclear:* el cambio climático está sirviendo de excusa a la industria nuclear para intentar vender de nuevo su siniestro producto. Se apoya en que, en una parte de su desarrollo, la explotación de la instalación (se obvia el resto), no se producen cantidades considerables de gases de efecto invernadero. De esta forma, se pretende ampliar considerablemente el número de centrales nucleares existentes en el mundo para producir electricidad. Los conflictos sociales derivados de la utilización de esta tecnología amenazan con extenderse a más países de los que actualmente los albergan. Enfermedades en los trabajadores de la minería del uranio, riesgo para las personas y el medio ambiente, el irresoluble asunto de los residuos nucleares, son sólo algunos de los conflictos actuales en un número relativamente reducido de países.

Por otro lado, en el supuesto de que la energía nuclear se generalizara en el mundo, nos encontraríamos con un problema añadido. El de una gran cantidad de material nuclear, con la posibilidad de ser utilizado para armamento, muy disperso, y en consecuencia, extremadamente complicado de controlar.

- *Reducción de sectores económicos importantes, como el del automóvil:* una de las consecuencias de la reducción de las emisiones derivadas de los derivados del petróleo afectará al sector automovilístico (entre otros) de manera muy notable. La reacción ante esta circunstancia estará marcada por "detalles" como: la práctica totalidad de los medios de comunicación son importantemente financiados por anuncios publicitarios de este sector; la lucha sindical de los trabajadores por conservar su puesto en lugares donde el tejido industrial depende en gran medida de la fabricación de coches supondrá un gran reto sindical y social.

2. Respuesta social:

- *Rechazo local a diferentes proyectos de los Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto:* uno de los mecanismos de flexibilidad del protocolo para compensar emisiones en los países industrializados, los MDL, pueden incluir proyectos que atenten contra la integridad ambiental y/o social de los lugares que los acojan, a pesar de que debería ser imposible por definición. El hecho de que algunos de los recursos relacionados con Kioto sean gestionados por organismos con una trayectoria como la del Banco Mundial, no supone una garantía de respeto a los principios de la protección del clima y de los que más sufren los efectos de su perturbación, más bien al contrario. Además, en el próximo acuerdo de Copenhague es posible que se introduzcan nuevos tipos de proyectos en los MDL, como la captura y almacenamiento de carbono, que implicarán nuevos riesgos de conflicto.
- *Deuda de carbono:* la deuda contraída y no reconocida en las últimas décadas por los países industrializados con los países empobrecidos por la explotación de los recursos fósiles de éstos, y por las consecuencias de su combustión, entre las que se encuentra el cambio climático, supone un conflicto global que está siendo denunciado por organizaciones sociales tanto del Norte como del Sur.
- *Desigualdades locales y de género:* ante desastres relacionados con el clima la experiencia dicta que aquellos y aquellas que tienen menos recursos económicos y carecen de todos los derechos, como las mujeres, sufren más las consecuencias de los mismos. Un ejemplo de ello es el caso del huracán Katrina en Estados Unidos. Resulta paradigmático que incluso en el centro del poder mundial no se escape al conflicto entre los derechos y lo que cuesta ejercerlos.
- *El reto de la autocontención para las sociedades opulentas:* los países del Norte se encuentran ante el gran reto social de su historia: el de la autocontención. Rebajar los niveles de consumo se presenta como la única solución posible al fenómeno del cambio climático y la crisis ambiental. Surgen y surgirán conflictos entre estados y entre grupos sociales ante el reparto de responsabilidades y los ritmos a los que se deban asumir.

El cambio climático se puede considerar un conflicto en sí mismo. Su naturaleza es conflictiva porque no deja de ser el síntoma más amplio y grave de la incompatibilidad entre un modo de sociedad que no atiende a las dimensiones de los recursos y los sumideros del planeta, y las propias limitaciones físicas de ese planeta del que depende. Ahora bien, la otra cara de la moneda, la de las soluciones, no es muy distinta. Invertir el proceso supone sustituir los paradigmas y las estructuras establecidas, por otros en los que la sostenibilidad y la justicia social no sean sólo palabras.

JORGE RIECHMANN

Calentamiento climático: ¿cómo se calcula su impacto?

A pesar de los notables avances en la investigación sobre el cambio climático y sus consecuencias que han tenido lugar en el último cuarto de siglo, nos hallamos lejos de poder hacer previsiones cuantitativas fiables en lo que a impactos socioeconómicos se refiere. La complejidad de los sistemas humanos y naturales en juego, que entraña inmensas dificultades de modelización, así como —en última instancia— la libertad humana que se resiste a toda modelización, nos sitúan en un terreno de gran dificultad.

Algunos de los desacuerdos mayores tienen que ver con los procedimientos empleados por los analistas económicos en la traslación de impactos biofísicos a impactos socioeconómicos. En relación con el problema, de vastísimas implicaciones, del calentamiento del clima, reaparecen las difíciles cuestiones científicas que han alimentado vivos debates entre el *establishment* económico ortodoxo por una parte, y por otra las nuevas perspectivas abiertas por la economía ecológica (y parcialmente por la economía ambiental) durante los últimos decenios.¹ Una forma de apuntar hacia el problema de fondo es la que sugiere Francisco Javier Rubio de Urquía: "Mientras sigamos aplicando modelos que circunscriben, casi exclusivamente, el análisis de los costes al ámbito de lo cuantitativo, no seremos capaces de tener una visión más completa que nos permita valorar correctamente costes y beneficios cualitativos como, por ejemplo, los que se derivan de las cargas que asume la naturaleza y los servicios que nos presta. El mero hecho de pensar que el progreso tecnológico y las leyes del mercado son suficientes para aliviar problemas ambientales evidencia la infravaloración, si no desprecio, de que ha sido objeto la naturaleza. Creer que podemos actuar como si fuésemos autosuficientes y que, gracias a la técnica, seremos capaces de abastecernos de todos

Jorge Riechmann es investigador sobre cuestiones socioecológicas en el Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS), profesor titular de Filosofía Moral en la Universidad de Barcelona y vicepresidente de Científicos por el Medio Ambiente (CiMA). Ha sido coordinador de *Vivir (bien) con menos* (Icaria, CIP-FUHEM, Barcelona, 2007)

¹ Ver Jorge Riechmann, et. al., *De la economía a la ecología*, Trotta, Madrid, 1995; José Manuel Naredo, *Raíces económicas del deterioro ecológico y social. Más allá de los dogmas*, Siglo XXI, Madrid, 2006.

los bienes y servicios que nos presta, y que son vitales para nuestra existencia, sólo refleja una alta dosis de soberbia y otra no menor de ignorancia.”²

La posible detención de la corriente oceánica noratlántica

Una de las posibles consecuencias del calentamiento climático sería la detención completa de la corriente oceánica noratlántica (corriente del Golfo) que aporta calor a Europa, lo que podría causar una “mini-edad glacial” cuyos efectos, según muchos expertos,³ serían importantes.⁴ Sin embargo, economistas como P. Michael Link y Richard S. J. Tol hacen correr el modelo FUND 2.8 (*Climate Framework for Uncertainty, Negotiation and Distribution*) con el resultado de que, en un mundo recalentado por el “efecto invernadero”, ¡un colapso total de la circulación termohalina podría resultar incluso económicamente beneficioso!⁵

Según estos cálculos, el colapso de la circulación termohalina no entrañaría un enfriamiento en términos absolutos de Europa Occidental (y otras regiones del Atlántico Norte), sino sólo un refrescamiento relativo al escenario de base, bastante tórrido de por sí. El final de la circulación termohalina retardaría el calentamiento y por ello reduciría los daños del cambio climático (un 0’5% del PIB en Europa Occidental, un 0’4% en EEUU). Sin embargo, los mismos cálculos de estos dos autores indican que “el cambio climático es un problema real, ya que tanto los impactos totales como marginales son negativos [disminución del PIB mundial], tanto sin colapso de la circulación termohalina como con él”.⁶

¿Modelos sesgados?

Pero ¿hasta qué punto resulta fiable, relevante y adecuada tal estimación de daños y beneficios en términos de PIB? Si examinamos más de cerca los supuestos con los que trabajan muchos de los modelos económicos acoplados a los modelos climáticos con los que se

² Francisco Javier Rubio de Urquía, *El cambio climático más allá de Kyoto. Elementos para el debate*, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 2006, p. 34.

³ Por mencionar uno de ellos, paleobotánicos como Polychronis Tzedakis, de la Universidad de Leeds, dan por supuesto que desaparecerían casi todos los árboles de Europa. Entrevista en *El País*, 29 de marzo de 2006, p. 41.

⁴ El funcionamiento de la “cinta transportadora” de agua oceánica –en términos técnicos: la circulación termohalina– depende de pequeñas diferencias en la densidad y salinidad de las aguas; la interrupción de esta enorme corriente, que ha ocurrido algunas veces en los últimos 100.000 años, altera de manera súbita el clima del planeta entero (*grosso modo*, enfriando más el Norte y calentando más el Sur). Se teme que el incremento de flujos de agua dulce en el Ártico –por hielo derretido, más precipitaciones, etc.– podría ocasionar este efecto, apagando un “interruptor climático” que sumiría de golpe a Europa en una mini-era glacial, incluso dentro de un mundo globalmente más cálido.

⁵ P. Michael Link y Richard S. J. Tol, “Possible economic impacts of a shutdown of the thermohaline circulation: an application of FUND”, *Portuguese Economic Journal*, 2004, Nº 3, pp. 99-114.

⁶ *Ibidem*, p. 110.

intentan evaluar los impactos del calentamiento del clima sobre la economía, hay que concluir que muchos de ellos son limitados o inadecuados, lo que a la postre se traduce en sesgos que verosímelmente tienden a infraestimar los daños que ocasionará el cambio climático. Veamos algunos ejemplos, referidos al modelo FUND empleado en Link y Tol.

Un problema importante se refiere a la utilización de precios de mercado para valorar recursos naturales e impactos sobre los mismos

Un problema muy importante, que ha hecho correr ríos de tinta entre los economistas ecológicos y ambientales, se refiere a la utilización de precios de mercado para valorar recursos naturales e impactos sobre los mismos. Así, en el modelo FUND “se expresan directamente en valores monetarios categorías de impacto como la agricultura, los productos forestales, la energía, el agua y los ecosistemas, sin una capa mediadora de impactos medidos en sus unidades ‘naturales’”.⁷ Esta práctica es altamente cuestionable: del debate profundo y ya largo sobre la monetarización del medio ambiente hay que concluir que en última instancia es imposible tal monetarización (sin que eso quiera decir que se trate en todos los casos una actividad sin sentido).

¿Cómo valorar en dinero, monetarizar en forma no arbitraria el “capital natural”? Los métodos de costes de reparación y costes compensatorios que emplean los economistas ambientales son bastante útiles en muchos casos, pero no servirán de nada en el caso de los daños irreversibles. La decisión de valorar los recursos naturales y daños ambientales a precios de mercado está cargada de implicaciones morales, puesto que en los mercados no intervienen ni las generaciones futuras ni los usuarios no humanos de la biosfera (los otros seres vivos con quienes la compartimos). Y cuando el recurso o función ambiental en cuestión no tiene siquiera valor de mercado y tenemos que inventar algún “mercado hipotético” para asignarle un valor crematístico, la arbitrariedad de los procedimientos se dispara hasta entrar en el ámbito de lo abiertamente irracional. Estos métodos se enfrentan a grandes dificultades teóricas y empíricas, que han dado lugar a una abundante literatura.⁸

⁷ Por otra parte, otros graves impactos que sin duda tendrían lugar no aparecen en el modelo: así los cambios ecosistémicos en el Atlántico Norte, que sin duda entrañarían daños para la biodiversidad y las pesquerías. *Ibidem*, p. 104.

⁸ Para una síntesis de los argumentos relevantes ver Jorge Riechmann, “¿Sabemos sumar dos y dos? Propuestas de reforma ecológica de la Contabilidad Nacional”, en Francisco Fernández Buey y Jorge Riechmann, *Ni tribunales. Ideas y materiales para un programa ecosocialista*, Siglo XXI, Madrid, 1996; Michael Jacobs, *La economía verde*, Icaria, FUHEM, Barcelona, 1996, cap. 6, 16, 17 y 18; Herman E. Daly y John B. Cobb, *Para el bien común. Reorientando la economía hacia la comunidad, el ambiente y un futuro sostenible*, Fondo de Cultura Económica, México DF, 1993; Joan Martínez Alier, *La economía ecológica como ecología humana*, Fundación César Manrique, Lanzarote, 1998; Óscar Carpintero, *Entre la economía y la*

En el modelo FUND, la pérdida de un kilómetro cuadrado de tierra firme por elevación del nivel del mar se valora en un máximo de 4 millones de dólares para los países de la OCDE (y 2 millones en el caso de humedales, para estos mismos países), y se considera que para los demás países este valor es proporcional al PIB por kilómetro cuadrado.⁹ ¡De manera que grandes pérdidas territoriales en países pobres contarán lo mismo que pequeñas pérdidas en países ricos! Igual proporcionalidad en las pérdidas de vidas humanas (a causa del estrés térmico o las enfermedades infecciosas, por ejemplo): este modelo estima el valor de una vida en 200 veces su ingreso anual per cápita.¹⁰ Por eso, graves pérdidas demográficas en países muy pobres contarían muy poco en cuanto a los resultados económicos agregados. Como sabemos de antemano que las pérdidas humanas a causa del cambio climático serán mayores precisamente en los países más pobres por su mayor vulnerabilidad (a causa de sus insuficientes sistemas sanitarios, deficientes servicios públicos, frágil producción de alimentos, etc.), hay que concluir que el modelo entraña un sesgo que subestimaré las pérdidas –en vidas humanas, tierras, ecosistemas, etc.– en las zonas más pobres y vulnerables.

Otro problema tiene que ver con los supuestos de linealidad. En el modelo FUND se presupone que “los daños asociados con el cambio climático se atribuyen o bien a la tasa de cambio (referenciada a 0’04 °C/ año) o bien al nivel de cambio (referenciado a 1 °C). Los daños debidos al cambio de temperaturas disminuyen lentamente, reflejando la adaptación”.¹¹ Es decir, el modelo da por supuesto un cambio climático gradual, lento y de no demasiada magnitud, al cual la sociedad (sobre todo las sociedades ricas) se adapta paulatinamente, minimizando así los daños. Sin embargo, es probable que los cambios reales se alejen de estas pautas relativamente confortables: y la dificultad de adaptarse a cambios abruptos será mucho mayor, hasta llegar, en el caso extremo, a la imposibilidad.

Refugiados climáticos

Otro caso de linealidad presupuesta pero muy difícilmente justificable tiene que ver con los refugiados climáticos. En el modelo FUND “se supone que los inmigrantes se asimilan inmediata y completamente a la población que los acoge”.¹² Quizá esto facilite un funcionamien-

naturaleza. La controversia sobre la valoración monetaria del medio ambiente y la sustentabilidad del sistema económico, Los Libros de la Catarata, Madrid, 1999, cap. 2 y 4; Joan Martínez Alier y Jordi Roca, *Economía ecológica y política ambiental*, Fondo de Cultura Económica, México DF, 2000, cap. 2 y 4; Roberto Bermejo, *Economía sostenible. Principios, conceptos e instrumentos*, Bakeaz, Bilbao, 2001, cap. 2; Diego Azqueta, *Introducción a la economía ambiental*, McGraw-Hill, Madrid, 2002; José Manuel Naredo, *La economía en evolución*, Siglo XXI, Madrid, 2003; José Manuel Naredo, 2006, *op. cit.*

⁹ Link y Tol, 2004, *op. cit.*, p. 104.

¹⁰ *Ibidem.*

¹¹ *Ibidem.*

¹² *Ibidem.*, p. 102.

to cómodo del modelo, pero no cabe duda de que se trata de un supuesto muy poco realista. Hoy, más de cien millones de personas viven por debajo de un metro de altura sobre el nivel del mar, en todo el mundo.¹³ Podemos estar seguros de que un cambio climático rápido y/o brusco tendrá como efecto incrementar notablemente los flujos migratorios (en un mundo donde estos han adquirido ya dimensiones importantísimas: casi 200 millones de migrantes internacionales en 2006).¹⁴ Diversas estimaciones señalan que, alrededor del año 2000, los desplazados o “refugiados ambientales” superaban en una proporción de diez a uno a los desplazados por guerras y conflictos militares internos. Según Naciones Unidas, el 60% de los movimientos migratorios están causados por el cambio climático y los desastres de origen natural, como sequías e inundaciones.

Según el IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), el nivel del mar, si no se hace nada por contener el recalentamiento, podría elevarse entre 9 y 88 centímetros de aquí al año 2100. Muchos estudios independientes deducen de ese dato las cifras de desplazamientos forzados de población. Según estas estimaciones los refugiados climáticos podrían ser 150 millones en el año 2050: 30 en China; 30 en la India; 15 en Bangladesh; 14 en Egipto; 1 en los estados insulares y 10 en el resto de deltas y regiones costeras; 50 en el resto de regiones. Esto significa, como mínimo, el 1,5% de la población que se espera habite el planeta de aquí en 40 años.

Pero las previsiones del IPCC, válidas hasta hace pocos años, corren el riesgo de quedar muy por detrás de la realidad. Si se deshuelan del todo Groenlandia y la Antártida –y se están desheliando con escalofriante rapidez en estos primeros años del siglo XXI– el nivel del mar no subirá un metro, sino entre 12 y 25 metros, quizá incluso más. Esto significaría más de 500 millones de desplazados.¹⁵

La inmensa mayoría de estos refugiados climáticos serán pobres, habitantes de los países del Sur, que no tienen medios para financiar las gigantescas

Los
refugiados
climáticos
podrían ser
150
millones
en 2050

¹³ Miguel Delibes y Miguel Delibes de Castro, *La Tierra herida*, Destino, Barcelona, 2005, p. 98.

¹⁴ “En los últimos 50 años, el número de migrantes internacionales se ha más que duplicado, hasta alcanzar la cifra de casi 200 millones. Actualmente hay más gente viviendo fuera de su país natal que en ningún momento anterior de la historia humana. Este movimiento masivo de población está cambiando no sólo la forma en que vivimos, sino también cómo nos percibimos a nosotros mismos y al ‘otro’.” Thoraya Ahmed Obaid, “International migration: human rights and dialogue”, comunicado del 3 de abril de 2006 en www.unfpa.org/news/

¹⁵ Tim Flannery, *La amenaza del cambio climático. Historia y futuro*, Taurus, Madrid, 2006; Ana Martínez, “Tim Flannery: el cambio climático provocará 500 millones de desplazados”, *Expansión*, 29 de septiembre de 2006.

infraestructuras necesarias para protegerse de las mareas y que, por tanto, no tienen ningún peso en las negociaciones climáticas. Un “portazo en las narices” no sólo sería perverso, sino que tendría además como resultado el agravamiento de la crisis social y ecológica global y un paso más en la transformación del planeta en un enorme barril de pólvora.¹⁶

Las experiencias de los últimos decenios muestran con claridad que, incluso a niveles relativamente bajos de emigración desde los países pobres a los países ricos, las tensiones sociopolíticas que se producen son de gran envergadura. En general, cabe decir que los modelos económicos ignoran estas dimensiones sociopolíticas del cambio climático: pero nadie puede creer en serio que fuertes impactos sociopolíticos dejarán inalterada la vida económica.¹⁷

Calentamiento del clima y conflictos bélicos

No existe ningún impacto sociopolítico mayor que la guerra. Ahora bien, desde hace años importantes analistas advierten sobre el incremento de la conflictividad internacional relacionada con recursos naturales y funciones ambientales progresivamente más escasos.¹⁸ En el último tiempo, el reconocimiento de que el cambio climático puede convertirse en un tremendo factor de desestabilización de las relaciones internacionales (incluyendo nuevas guerras) ha llegado incluso a los niveles más altos de dirección político-militar.

Así, el ministro de Defensa del Reino Unido, John Reid, en un discurso pronunciado el 27 de febrero de 2006 en la prestigiosa Chatham House de Londres, advirtió que al combinarse los efectos del cambio climático global y los mermados recursos naturales se incrementa la posibilidad de conflictos violentos por tierras, agua y energía. El cambio climático, indicó, “hará más escasos los recursos y el agua limpia, y la tierra agrícola en buen estado será más escasa”. Esto generará que “las emergencias a causa de conflictos violentos sean más probables”.¹⁹

Según Reid, es más fácil que surjan estos conflictos por recursos en países “en vías de desarrollo” (por emplear el habitual eufemismo), pero los países avanzados y acaudalados

¹⁶ Daniel Tanuro, “La barbarie climática está en marcha”, *Sin permiso*, 21 de mayo de 2006, en www.sinpermiso.info

¹⁷ Tampoco cabe hoy negar que, en un “mundo lleno” o saturado ecológicamente, los graves daños ambientales afectan de forma cada vez más directa a los resultados económicos y los conflictos sociales. Así, por ejemplo, la comunidad científica está hoy convencida de que hay “una relación directa y estrecha entre los procesos de desertificación (que producen hambrunas) y los alzamientos y revueltas populares en el mundo en desarrollo.” *Delibes y Delibes*, 2005, *op. cit.*, p. 69.

¹⁸ Michael T. Klare, *Resource Wars: The New Landscape of Global Conflict*, Owl Books, 2002; *Blood and Oil: The Dangers and Consequences of America's Growing Dependency on Imported Petroleum*, Metropolitan Books, 2004.

¹⁹ John Reid, “Transatlantic defense partnerships: managing divergence”, discurso en Chatham House (Londres), 27 de febrero de 2006.

no necesariamente se salvarán de los efectos dañinos y desestabilizadores del cambio climático global. En el momento en que suba el nivel del mar, cuando el agua y la energía comiencen a ser más y más escasos, cuando en algunas zonas las fértiles pero escasas tierras de labor se vuelvan desiertos, las guerras mortíferas por el acceso a los recursos vitales pueden terminar siendo un fenómeno global.²⁰

Como indica Michael T. Klare, antes del discurso de Reid la expresión más significativa de este cambio de perspectiva fue el informe preparado en octubre de 2003 por una consultora —con sede en California— para el Departamento de Defensa estadounidense. Con el título *Un escenario de abrupto cambio climático y sus implicaciones para la seguridad nacional de EEUU*,²¹ el informe advierte que son amplias las probabilidades de que este fenómeno genere repentinos sucesos ambientales cataclísmicos por encima de un incremento gradual (y por tanto manejable) de las temperaturas promedio. Dichos sucesos podrían incluir un incremento sustancial del nivel del mar, intensas tormentas y huracanes, y regiones en sequía, con grandes ventarrones de polvo a escala continental. Esto dispararía agudas batallas entre los supervivientes de estos efectos por el acceso a comida, agua, tierra habitable y fuentes de energía. “La violencia y perturbación originadas por las tensiones que crean los abruptos cambios del clima implican un tipo diferente de amenaza a la seguridad nacional de lo que conocemos hoy”, sostiene el informe. “Pueden surgir confrontaciones militares debido a la necesidad imperiosa de recursos naturales tales como energía, alimento o agua, y no tanto por conflictos ideológicos, religiosos o de honor nacional”.²²

Un experimentado biólogo, como es Miguel Delibes de Castro, subraya que hay quien cree que se ha sobreestimado el riesgo de “guerras del agua” (o, más en general, guerras por los recursos naturales), pues guerrear resultaría más caro que obtener agua por métodos no convencionales aunque más onerosos (desalinizando el agua de mar). ¡Como si las decisiones políticas se tomaran habitualmente después de realizar pulcros análisis de coste-beneficio! Un pie del que cojean muchos economistas es su sobreestimación de los componentes racionalmente egoístas en la conducta humana. Tal y como observa Delibes de Castro —en diálogo con su padre, el novelista castellano Miguel Delibes—, “a mí siempre me ha parecido una visión demasiado optimista, incluso ingenua, pues cuando los hombres deciden hacer la guerra raramente consideran sus costes. Al oír el argumento me acuerdo de la perplejidad de tu personaje Pacífico Pérez, de *Las guerras de nuestros ante-*

²⁰ Michael T. Klare, “Se avecinan guerras por recursos”, *Sin permiso*, 19 de marzo de 2006, en www.sinpermiso.info

²¹ Peter Schwartz y Doug Randall, “An abrupt climate change scenario and its implications for US national security”, octubre 2003, en www.greenpeace.org/international/press/reports/an-abrupt-climate-change-scena

²² Citado en Michael T. Klare, 2006, *op. cit.* Previendo un numeroso flujo de refugiados climáticos, este cínico documento prevé que Europa sucumbiría, mientras que EEUU y Australia “se mantendrían fuertes porque tienen los recursos y las reservas que les permiten la autosuficiencia”. Los autores escriben con frialdad: “los muertos causados por las guerras, al igual que por el hambre y las enfermedades, disminuirían la cantidad de población, que con el tiempo se reajustaría a la capacidad de carga del planeta”. Peter Schwartz y Doug Randall, 2003, *op. cit.*

pasados, cuando el Bisa le dice que 'apañados estaríamos si las guerras necesitasen motivos'.²³

Sería un error que la discusión de los efectos del cambio climático se centrara sólo en cuestiones ecológicas y ambientales, subestimando los efectos sociopolíticos

Sería un error que la discusión de los efectos del cambio climático se centrara sólo en cuestiones ecológicas y ambientales, subestimando los efectos sociopolíticos, que pueden ser de gran alcance. En el límite el mayor peligro no estriba en la degradación de los ecosistemas (en el largo plazo de los tiempos geológicos la naturaleza se recupera incluso después de grandes catástrofes, llegando a nuevas situaciones de equilibrio), sino más bien en la desintegración de sociedades enteras (a causa del hambre y las carencias sanitarias, las migraciones masivas y los conflictos recurrentes por los recursos escasos).²⁴

El modelo RICE/ DICE de Nordhaus y Boyer

Otro de los modelos empleados para la estimación de posibles impactos socioeconómicos del cambio climático es la familia de modelos RICE y DICE (*Regional Integrated Model of Climate and the Economy* y *Dynamic Integrated Model of Climate and the Economy*), desarrollados por William Nordhaus y Joseph Boyer para poder realizar tales estimaciones según un tipo avanzado de análisis coste-beneficio.²⁵

²³ Delibes y Delibes, 2005, *op. cit.*, p. 83.

²⁴ Para una amplia perspectiva sobre estas cuestiones ver Jared Diamond, *Colapso. Por qué unas sociedades perduran y otras desaparecen*. Debate, Barcelona, 2006. Vale la pena atender igualmente a la reflexión de Michael T. Klare: "Podemos responder a estas predicciones en dos formas: confiando en las fortificaciones y la fuerza militar para contar con cierto grado de ventaja en la lucha global por los recursos, o dando los pasos significativos para reducir el riesgo de un cambio climático cataclísmico. Sin duda habrá muchos políticos y expertos —especialmente en EEUU— preocupados en impulsar la superioridad de la opción militar, enfatizando la preponderancia de la fuerza con que cuenta ese país. Argumentarán que fortificando las fronteras y costas para frenar la entrada de migrantes indeseables y luchando por las fuentes de crudo necesarias, podremos mantener nuestro privilegiado nivel de vida durante más tiempo que otros países menos dotados de instrumentos de poder. Tal vez así sea. Pero la penosa guerra en Irak, que no parece concluir, y la fallida respuesta ante el huracán *Katrina* muestran lo ineficientes que son estos instrumentos cuando se confrontan con la dura realidad de un mundo que no perdona. Y como nos recuerda el informe del Pentágono, 'las batallas constantes por recursos menguantes reducirán los recursos todavía más de lo que se reduzcan por los efectos climáticos'. La superioridad militar puede darnos una ilusión de ventaja en las luchas venideras, pero no puede protegernos de los estragos del cambio climático. Aunque estemos mejor que Haití o México, también sufriremos las tormentas, las sequías y las inundaciones. Conforme los socios comerciales se sumerjan en el caos, nuestras importaciones de alimentos, materia prima y energía desaparecerán también. Es cierto, podemos establecer puestos militares en algunos sitios para garantizar el flujo de materiales críticos, pero el precio siempre irá en aumento en sangre y recursos necesarios para pagar esta empresa y eventualmente nos rebasará y destruirá. En última instancia, nuestra única esperanza para un futuro seguro y garantizado yace en una sustancial reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y en trabajar con el mundo para frenar el ritmo del cambio climático global." Michael T. Klare, 2006, *op. cit.*

²⁵ William D. Nordhaus, *Managing the Global Commons: the Economics of Climate Change*, MIT Press, Cambridge, 1994; William D. Nordhaus y Joseph, Boyer, "Requiem for Kyoto: an economic análisis of the Kyoto Protocol", *The Energy Journal*,

Según este influyente modelo, cada tonelada adicional de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) provocará daños a largo plazo por un coste de 7'5 dólares, dando una tasa óptima de reducción del 4% sobre las emisiones de 1995, menor que la del 5,2% sobre las emisiones de 1990 aprobadas en Kioto. Al coste por tonelada de CO₂ y año se llega calculando los años de vida perdidos atribuibles al calentamiento global, divididos por las emisiones de CO₂, tras haber aplicado una tasa de descuento del 5%.

Nordhaus y Boyer calculan una pérdida en años de vida de casi 38 millones debido al cambio climático —sólo una parte de las cuales serían de origen antropogénico— para el periodo 1990-2020. Esta medida de “salud perdida” es reducible a una cantidad de renta, ya que el coste de un año de vida se valora en dos años de renta *per cápita*. Por ejemplo, unos 68.200 dólares en EEUU en el año 2000, multiplicados por los 77 años de vida media de un estadounidense nos da una aproximación al coste final total de una vida de unos 5,3 millones de dólares.

El modelo RICE de Nordhaus y Boyer presenta algunas dificultades serias, que —de acuerdo con la síntesis que ha realizado Joaquín Valdivielso— podemos resumir de la siguiente manera:²⁶

- 1) Sólo modeliza CO₂, ningún otro gas de efecto invernadero de los responsables del restante 40% del cambio climático es tenido en cuenta.
- 2) Proyecta un coste fijo de cada tonelada en 7'5 dólares, cuando lo lógico es que las peores consecuencias del cambio climático se expresen exponencialmente a medida que aumenten las emisiones.
- 3) Depende de una tasa de descuento, que no es más que una expresión del valor subjetivo atribuido al bienestar futuro desde el presente —la tasa es la porción de utilidad que se detrae a un futuro que se supone más rico.
- 4) Los años perdidos de vida sólo se refieren a la extensión prevista de enfermedades relacionadas con el clima, como la malaria o paludismo. Ninguna otra fuente de mortalidad se incluye: olas de calor, sequías, diarreas y problemas respiratorios, enfermedades relacionadas con las lluvias torrenciales, malnutrición debida a la pérdida de cosechas, huracanes, etc.
- 5) Supone un valor diferente para la salud y la vida según se viva en una u otra de las 13 regiones del mundo contempladas. De hecho, el 70% de los daños se producirán según el escenario escogido en África subsahariana, donde el coste de una vida ronda los

1999, pp. 93-130; *Roll the DICE Again: Economic Models of Global Warming*, MIT Press, Cambridge, 2000, en www.econ.yale.edu/~nordhaus/homepage/dicemodels.htm

²⁶ Joaquín Valdivielso, “Neutralidad e integridad científica en el caso *Lomborg*: trasfondo normativo y paradigma científico”, en Jorge Riechmann (coord.), *Perdurar en un planeta habitable. Ciencia, tecnología y sostenibilidad*, Icaria, Barcelona, 2006, pp. 304-306.

43.710 dólares —dado que la renta y la esperanza de vida son menores, 940 dólares y 46'5 años respectivamente—, menos del 1% de los costes de la vida de un estadounidense. La pérdida de un año de vida en un país rico ¡equivaldría a más de dos vidas completas en uno pobre!

- 6) No contempla otras formas de daño no monetarizado y en particular algunos no monetarizables. Los contraejemplos tipo utilizados en la evaluación del cambio climático abundan en casos de pérdidas irreversibles sin compensación económica razonable, como la desaparición de islas del pacífico como Nauru, Tonga, la Micronesia o las islas Marshall. Una de ellas, Tuvalu, con una población polinesia de unas 11.000 personas es paradigmático: sociedad ejemplar en el respeto de los derechos humanos, alberga una lengua y una cultura única.
- 7) Aun si aceptamos todo el modelo, no hay ninguna evidencia de que existirán mecanismos de transferencia de la riqueza presente generada hacia los futuros perjudicados por el cambio climático. El entero enfoque de este tipo de análisis ("*tradeoff* –compromisos funcionales– entre el consumo hoy y el consumo en el futuro", según los autores) parece desenfocado.

Lohachara, Lateu, Tuvalu: ¿la solidaridad con las víctimas?

En diciembre de 2006 se supo que por vez primera una isla habitada –Lohachara, en la región de la India donde los ríos Ganges y Brahmaputra desembocan en la bahía de Bengala, donde llegaron a vivir unas 10.000 personas– había desaparecido bajo las aguas marinas.²⁷ Un año antes, a comienzos de diciembre del 2005 —según narra Daniel Tanuro—, los habitantes de Lateu —una pequeña población de un centenar de habitantes, situada en la isla de Tegua, en el estado polinesio de Vanuatu– fueron desplazados para escapar de unas inundaciones cada vez más frecuentes. La barrera de coral ya no les protegía de unos ciclones cada día más violentos y la erosión estaba haciendo retroceder la costa a un ritmo de 2 a 3 metros por año. Este centenar de personas ostentan el triste privilegio de ser el primer caso de traslado colectivo por causa de la elevación del nivel de los océanos, debido al cambio climático. Pero el número de refugiados climáticos va siendo ya elevado, sobre todo en las islas del Pacífico.²⁸

Antes mencionamos Tuvalu, otro estado polinesio: sucede que cuenta ya con más de tres mil refugiados climáticos. Situado a 3.400 km. al noreste de Australia y próximo a Vanuatu, este país (de apenas 26 km²) está formado por ocho atolones, donde la altura

²⁷ Geoffrey Lean, "Disappearing world: Global warming claims tropical island", *The Independent*, 24 de diciembre de 2006.

²⁸ Daniel Tanuro, 2006, *op. cit.*

máxima está situada a 4,5 metros sobre el nivel del mar. La mitad de los 11.636 habitantes viven a tres metros de altura sobre el nivel del mar: y ahora el cambio climático está provocando grandes mareas (hasta tres metros por encima de su nivel normal), en aumento progresivo. Tuvalu es el primer país donde la gente se ha visto forzada a abandonar su tierra para escapar de las inundaciones. Si no se toman medidas drásticas, corre el riesgo de convertirse en el primer estado borrado del mapa tras la evacuación de toda su población.

Tuvalu es el primer país donde la gente se ha visto forzada a abandonar su tierra para escapar de las inundaciones. Si no se toman medidas drásticas podría desaparecer del mapa

En el año 2000 el gobierno de Tuvalu pidió a Australia y Nueva Zelanda que se comprometieran a acoger a sus 11.636 habitantes en el caso de que el nivel oceánico hiciera indispensable la evacuación. El gobierno de Canberra respondió negativamente; su ministro de inmigración, Philip Ruddock, declaró que acoger a los “náufragos” de Tuvalu sería “discriminatorio” con respecto a otros candidatos a refugiados. En realidad, “Australia nos ha dado con la puerta en las narices”, expresó un responsable de Tuvalu.

La respuesta de Nueva Zelanda fue un poco menos brutal, manteniéndose dentro de lo previsto por el grupo del PAC (*Pacific Access Category*), acuerdo sobre inmigración entre el gobierno de Auckland, de una parte, y de otra los gobiernos de Fidji, Tuvalu, Kiribati y Tonga. Según este acuerdo, Nueva Zelanda acepta acoger por un año a 74 personas de Tuvalu y Kiribati, y a 250 de Fidji y Tonga, a condición de que los candidatos tengan entre 18 a 45 años, una oferta de empleo “aceptable” en Nueva Zelanda (empleo asalariado, a tiempo completo e indefinido), con conocimientos probados de inglés, satisfagan ciertas condiciones en materia sanitaria y prueben unos ingresos suficientes si tienen alguna persona a su cargo.²⁹

Para comprender el alcance de esta medida política, hay que aclarar que Australia cuenta con apenas 20 millones de habitantes (promedio de 3 hab/ km²), que ocupa el tercer lugar entre los países según el nivel de desarrollo humano de Naciones Unidas, y que su PIB por habitante es de 29.632 dólares/año. Nueva Zelanda, por su parte, no es un país con menos recursos. Hay que añadir que el gobierno australiano, gran aliado de G.W. Bush, rechazó ratificar el protocolo de Kyoto, siendo como es la economía consumidora de carbón más intensa del planeta.

²⁹ Friends of the Earth Australia, *A Citizen's Guide to Climate Refugees*, 2005.

Permitir un
cambio
climático
rápido y
descontrolado podría
tener
bastante
de genocidio
del Norte
contra
el Sur

El 98% de las víctimas de los desastres naturales de los últimos veinte años (1985-2005) vivía en los países eufemísticamente llamados “en vías de desarrollo”, según los datos de la Estrategia Internacional de Naciones Unidas para la Reducción de los Desastres Naturales de la ONU. Esto indica la terrible pauta que podría magnificarse en el futuro. Permitir un cambio climático rápido y descontrolado podría tener bastante de genocidio del Norte contra el Sur.

Los criterios sobre los problemas ecosociales

Aplicar criterios reductivamente economicistas a los problemas ecosociales es incorrecto. Así como una guerra —siempre que no alcance niveles catastróficos— puede tener efectos beneficiosos para la actividad económica y el empleo, aunque sus consecuencias generales para la sociedad y el medio ambiente sean un verdadero desastre; análogamente —y por las mismas razones— un cambio climático, siempre que no alcance niveles catastróficos, puede tener efectos beneficiosos para la actividad económica y el empleo, aunque sus consecuencias más amplias para la sociedad y el medio ambiente sean un verdadero desastre.

Es concebible un mundo cada vez más degradado social y ecológicamente, cada vez menos capaz de proporcionar bienestar a los seres humanos, pero que siga siendo “bueno para los negocios”, donde el PIB crezca y el empleo aumente (desde luego no de forma sostenible a largo plazo, pero sí a plazo corto y medio). Esto no quiere decir que el cambio climático —o la guerra— resulten por ello más aceptables: quiere decir que aplicar criterios reductivamente economicistas a los problemas ecosociales es incorrecto.

En general, ni las elites sociopolíticas europeas, ni las sociedades en su conjunto, están prestando la atención que merece al gravísimo problema del cambio climático. Y en la limitada medida en que lo hacen, se concentran excesivamente en cuestiones de cambio tecnológico y adaptación al calentamiento, en lugar de hacerlo sobre cambio ecosocial y mitigación del calentamiento climático. Pero el tiempo se nos está acabando: si no se toman enérgicas medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, la concentración de los mismos podría duplicar los niveles preindustriales ya en 2035, haciendo casi inevitable un aumento de las temperaturas promedio de más de 2°C con respecto a los niveles preindustriales (considerado por los científicos, y también por el estamento político de la UE, como

el nivel a partir del cual las consecuencias se tornarían incontrolables y sumamente peligrosas).³⁰

Un reciente estudio noruego criticaba la nociva autocomplacencia europea en cuanto a la capacidad de adaptación al calentamiento climático, señalando que los efectos indirectos del mismo pueden ser mucho más importantes que los efectos directos y sectoriales.³¹ Como cultura, nos está obnubilando el exceso de confianza en la tecnología y los mercados, la fe –irracional en última instancia— en nuestra capacidad para dominar las situaciones y suprimir la contingencia. Ese exceso de confianza de la cultura euro-norteamericana, que tiende a degenerar en tecnolatría y mercatolatría, puede convertirse en una trampa mortal.

Un colapso civilizatorio no resulta inverosímil

La gran cuestión de fondo es si las perturbaciones socioecológicas inducidas por un cambio climático rápido y extremo pueden conducir, o no, a un colapso civilizatorio; y a esta cuestión no podrá contestar ningún modelo climático, o econométrico o mixto. Sencillamente no lo sabemos ni lo sabremos (aunque sí podemos estar seguros de que esos modelos no resultan demasiado útiles a la hora de analizar o predecir cambios bruscos y no lineales). Incluso los “optimistas” Link y Tol reconocen que “una razón para preocuparse por el posible colapso de la circulación termohalina [en el Atlántico Norte] es que se trata de un cambio de régimen, y las incertidumbres que rodean a los sistemas naturales serían mucho mayores que sin semejante colapso”.³² Los modelos climáticos y económicos empleados no nos dicen mucho en caso de cambio “catastrófico.”³³ El fondo de la cuestión lo ha puesto

³⁰ Según la UE, este objetivo –fijado en su Sexto programa de acción en materia de medio ambiente— exige que la concentración global de dióxido de carbono no supere las 550 partes por millón (ppm). Otros estudios recientes sugieren que el nivel de estabilización debería ser más bajo, de 450 ppm, a fin de no superar el máximo de 2°C de ascenso térmico. Ello exigiría reducir las emisiones mundiales de dióxido de carbono entre un 45% y un 60% hasta el año 2050 (con respecto a los niveles de 1990) (AEMA 2006). Tengamos presente que en el último millón de años la concentración de CO₂ en la atmósfera nunca superó, hasta 1960, las 310 ppm. Hoy estamos en 390 ppm camino de las 400 y las 600 durante este siglo XXI, si no dejamos de emitir estos gases. 600 ppm no se han alcanzado en el planeta desde hace 18 millones de años.

³¹ K. Brien, et al., “Questioning complacency: climate change impacts, vulnerability, and adaptation in Norway”, *AMBIO: a journal of the human environment*, 2006, 35 (2), pp. 50-56.

³² Link y Tol, 2004, *op. cit.*, p. 110

³³ Hasta ahora, la llamada de atención más seria desde círculos gubernamentales se debe al gobierno británico, que ha encargado y difundido el “informe Stern” (Stern 2006, elaborado por Nicholas Stern, asesor económico de la Administración británica y ex economista del Banco Mundial). Este estudio advierte que, de no actuar ahora contra el cambio climático, el coste será equivalente a perder entre un 5 y un 20% del Producto Interno Bruto (PIB) global. El cambio climático puede afectar el acceso al agua potable, la producción de alimentos, la sanidad y el medio ambiente, mientras que millones de personas pasarán hambriada, subraya el documento. Anticipa que el calentamiento de la Tierra puede tener consecuencias “desastrosas” para la economía, a un nivel superior a la Gran Depresión de 1929-30, y puede crear más de 200 millones de refugiados. Según el “informe Stern” sería necesario invertir aproximadamente un 1% del Producto Interno Bruto (PBI) global para hacer frente al problema. En la presentación del informe —que es considerado el más importante que encarga el Gobierno laborista— el 30 de octubre de 2006 el primer ministro británico, Tony Blair, aseguró que el mundo no se puede permitir dejar que pase el tiempo.

agudamente de manifiesto Mike Davis: “Las discusiones científicas sobre el cambio climático y el calentamiento global siempre se han desarrollado bajo la terca presencia de la no linealidad. Los modelos climáticos, como los modelos econométricos, son fáciles de construir y de comprender cuando son simples extrapolaciones lineales de una conducta pasada bien cuantificada; es decir, cuando hay una relación proporcional consistente entre causas y efectos. Pero la mayoría de los componentes del clima global –aire, agua, hielo y vegetación– en realidad exhiben un comportamiento no lineal: a partir de ciertos umbrales pueden saltar repentinamente de un patrón organizativo a otro, con consecuencias catastróficas para especies con un diseño muy adaptado a las condiciones ecológicas previas. Hasta principios de la década de 1990 se creía que esas grandes transiciones climáticas requerían siglos, si no milenios. Hoy, gracias al procesamiento e interpretación de los registros materiales presentes en los casquetes polares y en los sedimentos de los fondos marinos, sabemos que las temperaturas globales y las corrientes oceánicas pueden, bajo determinadas circunstancias, cambiar muy rápidamente (en una década, o incluso en menos tiempo).”³⁴

La cuestión es que existen –tanto en la biosfera en su conjunto como en los ecosistemas singulares, así como en el sistema climático en su conjunto– *umbrales críticos* más allá de los cuales el cambio lento y “digerible” se convierte en rápidas transformaciones profundas. En lo que atañe al clima, muchos científicos piensan que podemos haber sobrepasado algunos de esos umbrales críticos, o estar a punto de hacerlo. Así, por ejemplo, el experto en glaciares Lonnie G. Thompson (de la Ohio State University) cree que los datos disponibles sobre el retroceso de los glaciares –especialmente en las montañas más cercanas al trópico: los Andes y el Himalaya— indican que “el sistema del clima ha excedido un umbral crítico” y sugiere que quizá los seres humanos no dispongamos del lujo de adaptarnos a cambios lentos.³⁵ En una entrevista insiste: “Hay umbrales en el sistema, y cuando se traspasan corremos el riesgo de cambiar el mundo tal y como lo conocemos hacia estados en que un montón de gente en el planeta estará en riesgo.”³⁶

Las cifras de inversiones necesarias para mitigar el cambio climático coinciden con las que proporcionó la Agencia de Medio Ambiente alemana en 2006: un 1% del PIB anualmente (contrastable con pérdidas de PIB del 10% anual, en un futuro no tan lejano, si la inacción se prolonga).

³⁴ Mike Davis, “¿Hemos entrado ya en la era del caos?”, *Sin permiso*, 19 de marzo de 2006, en www.sinpermiso.info

³⁵ Lonnie G. Thompson, et. al., “Abrupt tropical climate change: Past and present”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 11 de julio de 2006, Vol. 103, N° 28, en www.pnas.org/cgi/content/abstract/103/28/10536

³⁶ Doug Struck, “Earth’s climate warming abruptly, scientist says”, *The Washington Post*, 27 de junio de 2006.

EPISODIOS SINGULARES Y MECANISMOS DE RETROALIMENTACIÓN

Más allá del calentamiento gradual, que en los modelos climáticos habituales resulta de prolongar hacia el futuro tendencias más o menos lineales, existe el riesgo de que ocurran los llamados *episodios singulares*: cambios abruptos y no lineales provocados por un calentamiento adicional del planeta, una vez se sobrepasen ciertos umbrales críticos. Veamos algunos ejemplos:

- Colapso de la circulación termohalina del Atlántico Norte (“corriente del Golfo”), lo que podría causar un notable enfriamiento del norte y el oeste de Europa.
- Emisión de grandes cantidades de metano generadas por los hidratos de gas natural hoy fijados en los océanos, lagos profundos y sedimentos polares, lo que podría retroalimentar el calentamiento del planeta (el metano es un gas de “efecto invernadero” veinticinco veces más potente que el dióxido de carbono).
- Fusión de los hielos de Groenlandia, lo que provocaría una subida del nivel del mar de unos siete metros.
- Colapso de los ecosistemas marinos (por encima de cierto nivel de calentamiento oceánico habría extinción masiva de algas, con su capacidad de reducir el nivel de dióxido de carbono y crear nubes blancas que reflejan la luz del sol), que probablemente originaría una brusca subida de las temperaturas promedio en más de cinco grados centígrados.

Lo inquietante de semejantes perspectivas es que los científicos han identificado numerosos bucles de retroalimentación positiva susceptibles de acelerar el calentamiento. Superado cierto umbral, el calentamiento gradual podría disparar varios de estos mecanismos, lo que conduciría a un cambio rápido, incontrolable y potencialmente catastrófico. Ya hemos mencionado dos de estos bucles: la liberación de hidratos de gas y el colapso de las poblaciones de algas marinas. Otros son:

- Cambios en el albedo de la superficie terrestre (la tendencia a reflejar luz, más que a absorberla). Cuando se funden hielos y nieves (que reflejan la luz) aumenta el albedo de la Tierra, que absorbe más calor.
- Bosques tropicales. El aumento de temperatura tiende a desestabilizar las selvas tropicales y a reducir el área cubierta por las mismas. Cuando mueren los ecosistemas de bosques o algas su descomposición libera dióxido de carbono y metano al aire, lo que realimenta el calentamiento.
- Respiración de los suelos. El calentamiento puede conducir a un aumento exponencial de la actividad microbiana, de manera que el dióxido de carbono expelido por los suelos sobrepasaría la capacidad de almacenamiento de la vegetación adicional.
- Las nubes: los científicos discuten aún si la cubierta nubosa del planeta constituye un bucle de retroalimentación positivo o negativo.

Elaboración: Jorge Riechmann, a partir de varias fuentes.

Por ejemplo, la mayoría de los estudios sobre impactos económicos de la subida del nivel del mar a causa del cambio climático dan por sentado un escenario de cambios graduales, con subidas de alrededor de 25 cms. en el siglo XXI. Por ejemplo, el informe *Impactos en la costa española por efecto del cambio climático* encargado por el Ministerio de Medio Ambiente español y hecho público en septiembre de 2006 asume subidas de 35

cm. en el Cantábrico, 20 en el Mediterráneo y 10 en el Golfo de Cádiz (advirtiendo, eso sí, que incluso estas subidas modestas y graduales tendrían consecuencias importantes: la línea de costa retrocederá hasta 15 metros en promedio, dañando playas, viviendas e infraestructuras, y amenazando zonas tan valiosas como el Coto de Doñana, la Albufera de Valencia, la Costa Brava, la Manga del Mar Menor o el Delta del Ebro).³⁷ El cuarto informe de evaluación del IPCC (Grupo Intergubernamental sobre Cambio Climático), cuya primera parte se difundió en febrero, prevé una subida del nivel del mar entre 19 y 58 cm en 2100 (suponiendo que no haya pérdidas masivas de hielo en los polos).³⁸ Pero la cuestión es *que si se funden los hielos de Groenlandia, el nivel del mar subiría no unos centímetros, sino probablemente siete metros (y si se funden los hielos de la Antártida el panorama aún sería mucho peor, con subidas de varias decenas de metros)*.³⁹

Por desgracia hay indicios de que el campo de hielo de Ross en la Antártida —algo más grande que España— está comenzando a fundirse. Y Groenlandia se está fundiendo rápidamente: la velocidad a que lo hace casi se ha triplicado entre 2000 y 2005, y ahora vierte 250 km³ de agua dulce al mar cada año (¡cada kilómetro cúbico equivale al derogado trasvase del Ebro en España!).⁴⁰ Científicos expertos en glaciares creen que “bastante antes del final del siglo XXI podemos atravesar un umbral que desencadene una subida de muchos metros del nivel del mar”.⁴¹ Desde 1975 el casquete polar se ha ido derritiendo a un ritmo lento pero constante: hasta hace pocos años las previsiones científicas aseguraban que no se deshelaría del todo hasta 2200. Ahora los hielos del Ártico se están derritiendo al ritmo acelerado de 9% por decenio, y los veranos de 2005 y 2006 han sido tan catastróficos que, de seguir esa tendencia, ¡antes de quince años se habrían fundido por completo!⁴² En un reciente editorial de *Science* se decía: “Nada en los registros sugiere que un modelo climático de ‘equilibrio’ sea el término adecuado de comparación. Estamos dentro de un sistema altamente cinético, y en el pasado, cambios climáticos dramáticos tuvieron lugar en el lapso de sólo algunas décadas. Nuestro confort durante el

³⁷ Raúl Medina, et. al., *Impactos en la costa española por el efecto del cambio climático*, Ministerio de Medio Ambiente, Universidad de Cantabria, Madrid, 2006.

³⁸ Los tres informes anteriores se divulgaron en 1990, 1996 y 2001. Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) —en su Cuarto Informe de Evaluación, febrero de 2007—, la temperatura global se incrementará entre 1,8 y 6,4 grados centígrados hasta el año 2100, con la mejor estimación en torno a 3 grados, lo que es enorme. (La diferencia entre el promedio de temperaturas en el último milenio, y la edad del hielo que finalizó hace unos 12.000 años, es sólo de 3°C.)

³⁹ R. Kerr, “A worrying trend of less ice, higher seas”, *Science*, 24 de marzo de 2006, Vol. 311, p. 1698-1701; Flannery, 2006, *op. cit.* Con precisión: la fusión de los hielos de la Antártida occidental elevaría el nivel del mar 6 metros adicionales, y la fusión completa de la Antártida oriental —que hoy por hoy no se considera previsible— añadiría 70 metros.

⁴⁰ Tavi Murray, “Climate change: Greenland’s ice on the scales”, *Nature*, 21 de septiembre de 2006, Vol. 443, Nº 7109, pp. 277-278.

⁴¹ J. Overpeck, et. al., “Paleoclimatic evidence for future ice-sheet instability and rapid sea-level rise”, *Science*, 24 de marzo de 2006, Vol. 311, pp. 1747-1750.

⁴² Martínez, 2006, *op. cit.*

Holoceno [los últimos diez mil años] puede haber fortalecido nuestro sentimiento de seguridad, pero la expectativa de que los cambios son improbables no constituye una posición razonable. [...] Una fusión glacial acelerada y cambios de gran calado en el nivel del mar (por ejemplo) no deberían considerarse posibilidades hipotéticas, sino acontecimientos probables.”⁴³

Hoy los niveles de emisión de dióxido de carbono y metano son similares a los que se dieron durante el “infierno del Eoceno”, hace 55 millones de años, cuando la temperatura subió unos 5°C en promedio en los trópicos, y 8°C en las latitudes templadas, y el planeta tardó más de 200.000 años en recuperar cierto equilibrio climático. James Lovelock sostiene que hemos pasado ya el punto sin retorno en lo que se refiere a cambio climático, y que resulta improbable que nuestra civilización sobreviva. Su perspectiva no puede ser más sombría: para él, antes de que acabe el siglo XXI miles de millones de personas habrán muerto, y las pocas parejas reproductoras que sobrevivan estarán en el Ártico, donde el clima aún resulte soportable. “Hoy sabemos que la Tierra se autorregula, pero (...) hemos descubierto demasiado tarde que esa regulación está fallando [debido al desajuste climático antropogénico] y que el sistema de la Tierra avanza rápidamente hacia un estado crítico que pondrá en peligro la vida que alberga”.⁴⁴ Pueden debatirse estas predicciones de un científico de talla internacional, experto en el “sistema Tierra” —que él bautizó Gaia hace decenios— y sus múltiples mecanismos de autorregulación: pero lo que no está en cuestión es que un calentamiento climático rápido y fuerte pone en entredicho la habitabilidad de extensas zonas de la Tierra para los seres humanos, y tampoco que el calentamiento en curso se está haciendo cada vez más fuerte y rápido, año tras año.⁴⁵

⁴³ D. Kennedy y B. Hanson, “Ice and history”, *Science*, 24 de marzo de 2006, Vol. 311, p. 1673.

⁴⁴ James Lovelock, *La venganza de la Tierra*, Planeta, Barcelona, 2007, p. 23.

⁴⁵ Las malas noticias han llegado ya incluso a los editoriales de la gran prensa. Así, *El País*, 1 de abril de 2007, comenta el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC en los siguientes términos: “Será difícil reconocer este planeta dentro de 100 años. Aun en el mejor de los casos, con una política inteligente de control de emisiones, el 20% de la superficie de la Tierra habrá sufrido tal cambio de temperaturas y de régimen de lluvias que tendrá un clima enteramente nuevo. Las selvas del África ecuatorial, la Amazonia y el sureste asiático irán pereciendo, y otras selvas irán devorando los trópicos mientras los desiertos del Sáhara, el Gobi, Nuevo México y Kalahari colonizan las actuales zonas templadas. El Tíbet, los Andes y los Himalayas verán fundirse sus nieves perpetuas, como ya le empieza a ocurrir al Kilimanjaro, y treparán por sus laderas la flora y la fauna de los terrenos inferiores, empujando a los habitantes de las cimas. Tanto en los polos como en las alturas, las especies adaptadas a los climas más fríos desaparecerán con ellos. Otros nuevos climas surgirán por primera vez en el siglo XXI con unas cualidades impredecibles para la ciencia actual. Ésta es una de las primeras aplicaciones de los modelos de calentamiento aprobados en la última reunión del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático de la ONU, celebrada en París en febrero. Esos resultados, muy superiores a los del pasado, ya sirvieron entonces para despejar toda duda sobre la realidad del calentamiento global y su atribución a las emisiones de dióxido de carbono. Los científicos los usan ahora para proyectar unas predicciones sobre el clima futuro que son mucho más precisas y fiables. La conclusión general es que casi todas las predicciones se habían quedado cortas. Todo lo anterior asume una política inteligente de contención de emisiones. En su ausencia —es decir, de seguir como hasta ahora— las zonas con un clima enteramente nuevo no supondrán el 20% —lo que sirve de llamada a la preparación de políticas paliativas.

El hecho de que un colapso civilizatorio resulte una posibilidad nada inverosímil,⁴⁶ y que por lo tanto quepa que, en un futuro no muy lejano, en lugar de estar discutiendo acerca de los metros de playa perdida en las zonas turísticas, o acerca de los costes marginales del incremento de muertes de ancianos por olas de calor, nos encontremos estimando cuántos pequeños grupos de cazadores-recolectores se las apañarán para sobrevivir en las estepas de una Europa devastada y empobrecida; el hecho de que semejante colapso sea posible debería bastar para impulsar políticas ambiciosas de lucha contra el cambio climático.

El gran poeta chino Wang Wei (701-761), uno de los clásicos de la literatura universal, tituló uno de sus poemas “Insufrible canícula”. En él se leen los siguientes versos: “Un sol de brasas envuelve cielos y tierra,/ nubes de fuego se acumulan como montañas.// Árboles y hierbas se queman./ Ríos y estanques se han secado.// La ropa delgada se siente pesada;/ el denso follaje apenas da sombra.// (...) ¡Ay, si pudiera salir de este universo/ y sentirme libre en la vasta inmensidad!...”

El mundo de “efecto invernadero” reforzado donde estamos ingresando puede dejar chiquitas a todas las canículas anteriores que han experimentado nuestros antepasados; y aunque lo deseemos, no hay forma de “salir de este universo”. No podemos seguir escondiendo la cabeza bajo el ala y posponiendo la acción eficaz: el tiempo se nos está acabando.

⁴⁶ Flannery, 2006, *op. cit.*



CAMBIO CLIMÁTICO

Selección de Recursos

Susana Fernández Herrero

Responsable del Centro de Documentación Virtual

CIP-ECOSOCIAL

Diciembre 2008

REVISTAS

Monográficos



Abaco

Revista de Cultura y Ciencias sociales

Nº 52-53, 2007

[Cambio climático y energía: Bali, y después ¿qué?](#)

- Luis Salvador Martínez, *Retos tecnológicos del calentamiento global*, pp. 21-32
- José Angel Azuara, [Cambio climático: ¿una oportunidad?](#), pp. 33-42.
- Cristina Rivero, *Energía eléctrica y cambio climático: el papel de la tecnología*, pp. 43-52.
- Antón Uriarte, *Estrategias contra el CO2*, pp. 53-60.
- Marthe Torre-Schaub, *El cambio climático ante la Corte Suprema de Estados Unidos: principio de precaución versus industrias emisoras de CO2*, pp. 61-74.
- Mercedes Pardo Buendía, *La energía como hecho social: causa y solución al cambio climático*, pp. 75-82.
- Joaquín Nieto, *Cambio climático y empleo: un reto y una oportunidad*, pp. 83-94.
- José Alba Alonso, *La industria asturiana, el Protocolo de Kyoto y la lucha contra el cambio climático*, pp. 95-103.
- Francisco Macías Mateo, *Compendio bibliográfico sobre el cambio climático y calentamiento global*, pp. 104-128
- Adolfo Vásquez Rocca, *Baudrillard: cultura, simulacro y régimen de mortandad en el sistema de los objetos*, pp. 129-142.
- Milton Fornaro, *Una cuestión de honor*, pp. 143-148.
- Graciela Litvak, *24 de marzo del '76*, pp. 149-152.



CICLOS
Revista de Educación Ambiental
Nº 18, 2006
[La educación ambiental ante el cambio climático](#)

- **Pablo Angel Meira Cartea**, *Las ideas de la gente sobre el cambio climático*, pp. 5-12.
- **Santiago Campos Fernández de Piérola**, *Entre mitos y ecoeficiencias: el difícil papel de la ciencia ante el cambio climático*, pags. 13-17.
- **Isabel Garrote**, *El artículo 6 de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el cambio climático: educación, formación y sensibilización del público*, pags. 25-28
- **Aurelio García**, *CeroCO2: una propuesta de acción frente al cambio climático construida desde la experiencia*, pags. 33-36.
- **Rafa Aldai Agirretxe**, *El foro "Sumando energías": una respuesta ciudadana al cambio climático*, pags. 37-40.
- **Fernando López Martín**, *"ACTÚA CON ENERGÍA": programa de educación ambiental para la lucha contra el Cambio Climático en Aragón*, pags. 41-44.
- **Marisa Campillos Apesteguía, Olga Conde Campos**, *Stop al CO2: un compromiso para frenar el cambio climático*, pags. 45-49



[Crítica](#)
Año 58, Nº. 951, 2008

- **Manuela Aguilera**, *Cambio climático y futuro del planeta*, pags. 12-17.
- **Marta Fernández Vaquero**, *Influencia de la tala de bosques, incendios y los modernos sistemas de cultivo en el cambio climático*, pags. 41-45.
- **Angel Hernández Gracia**, *La educación ambiental frente al cambio climático*, pags. 82-85.
- **Juan López de Uralde**, *ONGs y cambio climático*, pags. 90-93.
- **Irene Fernández-Cuevas**, *Contaminar para poder seguir contaminando: el negacionismo del cambio climático*, pags. 86-88.
- **Antonio Ruiz de Elvira Serra**, *Clima y cambio climático. ¿Cómo reaccionar?*, pags. 22-28.



Cuadernos de Sostenibilidad y Patrimonio Natural

N^o 4, 2004

Estrategias de lucha contra el cambio climático en España y
Latinoamérica

Desarrollo sostenible y oportunidades sectoriales en América Latina

- **Oscar Paz**, *La implementación de convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático y el mecanismo de desarrollo limpio del protocolo de Kyoto en Bolivia*, pp14-22.
- **Javier García**, *Cambio climático y desarrollo sostenible en Chile*, pags. 23-34.
- **Alberto Gonzales, Tania Zamora**, *Cambio climático y proyectos MDL en Perú: balance y perspectiva*, pags. 35-47.
- **Carlos A. Grezzi**, *Programa de cambio climático en Uruguay*, pags. 48-55.
- **Ana Yábar Sterling**, *Cambio climático en España y Latinoamérica: instrumentos y especial referencia al mecanismo de Desarrollo limpio (MDL)*, pags.56-65.

Bases para la confección de la estrategia española de cambio climático

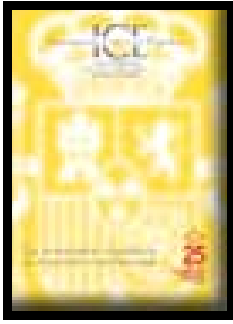
- **José Antonio Sotelo, Cristina Rivero**, *Valoración e interpretación de las causas del Cambio climático. La estrategia española para el cumplimiento de Kyoto*, pags. 66-76.
- **Luis Jesús Sánchez Tembleque**, *La estrategia de ahorro y eficiencia energética en España 2004-2012*, pags. 86-99.

Los mecanismos de Desarrollo limpio (MDL) y los restantes mecanismo, según los países desarrollados

- **José Romero**, *Estudios de estrategias nacionales: un estudio del Banco Mundial sobre oportunidades en el MDL en Latinoamérica*, pags. 100-110.
- **Félix Hernández Arroyo**, *Interacción entre los procedimientos disponibles de reducción de emisiones de CO₂*, pags. 123-133.

Impuestos y/o mercados de emisiones

- **Manuel Arnal**, *Cambio climático y fiscalidad*, pags. 134-138.
- **Alberto Cornejo**, *Los impuestos medioambientales como instrumentos de la política de lucha contra el cambio climático*, pags. 139-150.
- **Emilio Fontela Montes**, *Criterios de asignación de los derechos de emisión de CO₂*, pags. 151-156.

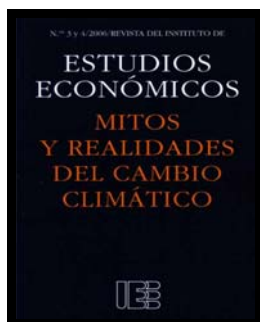


Información Comercial Española

Nº 822, mayo 2005

Protocolo de Kioto: el difícil equilibrio entre medio ambiente y competitividad

- Joan Trullén Thomás, [*Presentación*](#), pp.3-6.
- Eva Povedano Moreno, [*Introducción*](#), pp.7-12.
- Javier Rubio de Urquía, [*Las negociaciones internacionales sobre cambio climático*](#), pp. 13-24.
- Joaquín Nieto Sainz, [*Cambio climático y Protocolo de Kioto: efectos sobre el empleo, la salud y el medio ambiente*](#), pp.25-38.
- Sergio Vela Ortíz, [*Marco teórico de la Directiva de Comercio de Emisiones*](#), pp. 39-50.
- Juan Carlos Ciscar Martínez, Antonio Soria Ramírez, [*El comercio europeo de derechos de emisión de gases de efecto invernadero: modelización y regulación*](#), pp. 51-64.
- Bill Stow, [*El programa de cambio climático del Reino Unido*](#), pp. 65-77.
- Rodolfo Gijón von Kleist, [*Efectos del Protocolo de Kioto y de la Directiva de Comercio de Emisiones sobre el sector productivo español*](#), pp.79-89.
- Juan Carlos Collado Curiel , [*Los costes de la reducción de emisiones. Simulaciones sectoriales con un modelo \(MIDE\) intersectorial y dinámico de la economía española*](#), pp. 91-108.
- Carlos L. González Diego, [*El Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión 2005-2007: implicaciones para la industria española*](#), pp. 109-130.
- Teresa Ramos Gorostiza, [*El papel de los fondos de carbono en la estrategia española de utilización de los mecanismos flexibles del Protocolo de Kioto: oportunidades de proyección internacional para la empresa española*](#), pp. 131-141.



Revista del Instituto de Estudios Económicos

Nº 3-4, 2006

Mitos y realidades del cambio climático

- **Francisco Javier Martín Vide**, *Un decálogo del cambio climático*, pags. 3-24.
- **Juan José Sanz Donaire**, *La problemática de las precipitaciones en el marco del cambio climático*, pags. 25-76.
- **José Jaime Capel Molina**, *Acerca del cambio climático: los efectos medioambientales sinópticos y climáticos de "El Niño"*, pags. 77-126.
- **Luis Balairón Ruiz**, *El cambio climático: interacciones entre los sistemas humanos y naturales*, pags. 127-176.
- **María Eugenia Pérez González**, *El cambio climático y las temperaturas*, pags. 177-208.
- **Elvira Zurita García**, *Análisis estadístico del cambio climático*, pags. 209-234.
- **Enrique San Martín González, Javier García-Verdugo Sales**, *Kioto y los bienes públicos globales*, pags. 237-272.
- **M^a Jesús Valdemoros Erro**, *Externalidades medioambientales y mecanismos de mercado: el comercio de permisos de emisión*, pags. 273-318.
- **Marianne Keudel**, *El cambio climático y los recursos hídricos: una perspectiva internacional*, pags. 319-338.
- **Ana Yábar Sterling**, *El mercado de emisiones y las políticas regionales de mitigación del cambio climático: el caso de Andalucía*, pags. 339-374.
- **Yanna Gutiérrez Franco**, *Kioto y mercado europeo de emisiones de efecto invernadero: implicaciones para España*, pags. 375-391.



Temas para el Debate

Nº 156, nov. 2007

¿Qué hacer ante el cambio climático?

- Mercedes Pardo Buendía, *Los desafíos del cambio climático*, pags. 33-36.
- Emilio Muñoz Ruiz, *Propuestas de la ciencia ante el cambio climático*, pags. 37-40
- José Santamarta Flórez, *España y el Protocolo de Kioto*, pags. 41-46
- Joaquín Nieto Sainz, *Cambio climático, desafío y oportunidad también para el empleo*, pags. 47-50.
- Javier García Breva, *Política energética del cambio climático*, pags. 51-54.
- Pilar Estébanez Estébanez, *El desastre humanitario en Iraq al borde del olvido*, pags. 74-76.

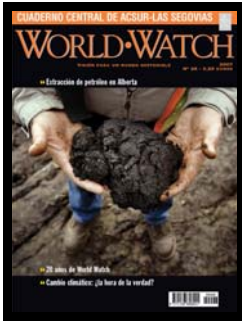


Tiempo de Paz

Nª 85, 2007

- Cecilia Carballo, *El cambio climático en la cooperación para el desarrollo*, pags. 25-31.
- Pedro Diez Olazábal, *Responsabilidad de los ciudadanos y cambio climático*, pags. 45-50.
- Pedro Ferradas, *Cambio climático: problema y posibilidad*, pags. 88-96.
- Domingo Jiménez Beltrán, *Cambio climático y cambio de paradigma*, pags. 16-24.
- Manuel Calvo Salazar, *Transporte, energía y cambio climático: ¿hacia dónde vamos?: Transporte, energía y cambio climático: ¿te gusta conducir?*, pags. 66-72.
- Pedro Costa Morata, *Todos contra el cambio (climático), pero sin el cambio (socioeconómico)*, pags. 32-40.
- Ramón López de Lucio, *Arquitectura, urbanismo y cambio climático: la "explosión de la ciudad" como metáfora de una urbanidad basada en el consumo masivo de energía*, pags. 51-55

- Margarita Ruiz Ramos, **El impacto del cambio climático en los sistemas agrarios de los países en desarrollo**, pags. 60-65.
- Teresa Ribera, **La acción de la Unión Europea en cambio climático**, pags. 6-15.
- Juan López de Uralde, **Bases para un nuevo acuerdo global contra el cambio climático**, pags. 41-44.



World Watch Visión para un mundo sostenible

Nº 28, 2007

- William U. Chandler, **Nuestra primera reacción al cambio climático**, pags. 10-11.
- Christopher Flavin, **Cambio climático: la cosa está que arde**, pags. 14-15.
- Ana Belén Sánchez, **El cambio climático puede ser una oportunidad para el empleo**, pags. 30-31.
- José Santamarta, **Cambio climático: ¿La hora de la verdad?**, pags. 32-41.

Selección de Artículos

Ambienta

- **Antonio Ruiz de Elvira Serra**, [*Los científicos y el cambio climático actual*](#), N°. 69, septiembre 2007 pp. 21-25.
- **Fernando Prats**, [*Energía/clima y ciudades en España: ¿cambio climático o cambio global?*](#), N°. 74, febrero 2008, pp.16-20.
- **Fernando Prats**, [*Turismo y cambio climático en España: reflexiones para el debate*](#), N°. 76, abril 2008, pp.29-37.
- **Pedro Arrojo Agudo**, [*Prevenir las sequías desde la planificación en perspectivas de cambio climático*](#), N°. 79, junio, pp. 32-39.

El Ciervo

- **Jordi Pérez Colomé**, [*Qué es un cambio climático*](#), N°. 685, 2008, pp. 10-15.

Claves de Razón Práctica

- **Tim Flannery**, *La lucha contra el cambio climático*, N° 162, 2006, pp. 28-33.

Ecología Política

- **Miquel Muñoz**, *Cambio climático y la cumbre de Bali*, N° 35, 2008, pp. 19-21.

El Ecologista

- **Soraya G. Guerrero**, *Mecanismos de desarrollo limpio: luces y sombras de una de las herramientas de Kioto para luchar contra el cambio climático*, N° 45, 2005, pp. 27-29.
- **Francisco Heras Hernández**, *Los ciudadanos ante el cambio climático: obstáculos al conocimiento y a la acción responsable*, N° 45, 2005, pp. 30-33.
- **Paco Ramos**, *Captura y almacenamiento de CO2: una tecnología que no incide en la raíz del cambio climático*, N° 46, 2005-2006, pp. 39-41.
- **María Sintés**, *La conjura de los sucios: tramas negras para negar la evidencia del cambio climático*, N° 52, 2007, pp. 22-25.
- **Ladislao Martínez López**, *Cambio climático y energía*, N° 53, 2007, pp. 24-28.
- **Paco Segura**, *Transporte y cambio climático*, N° 53, 2007, pp. 30-37.
- **Alfonso Sanz**, *Movilidad: ilusiones contra el cambio climático*, N° 53, 2007, pp. 38-41.
- **Fernando Prats**, *Turismo y cambio climático*, N° 56, 2008, pp. 38-41.
- **Mireia Llorente**, *Agricultura, suelo y cambio climático*, N° 56, 2008, pp. 34-35.

- **Pablo Cotarelo**, *Playas y cambio climático: se acercan fuertes impactos en la costa*, N° 57, 2008, pp. 50-51.

Ecosistemas: Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente

- **Luis Galindo, Lizbeth Flores, Raquel Santos Calpe, Angélica Camacho Cruz, Isabel Lorente Alvarez, Javier Navarro Luna, Diego Gamó, José I. Gómez**, [Los efectos biológicos del cambio climático](#), N° 13, (1), 2004
- **María Gloria López Gordo, José Francisco López Gordo**, [Normativa sobre el registro contable de los derechos de emisión](#), N° 16 (1). Enero 2007.
- **Alejandro Caparrós Grass**, [El informe Stern sobre la Economía del Cambio Climático](#), N° 16 (1). Enero 2007.

Ecosostenible

- *Cambio climático: una verdad incómoda*, N° 22, 2006, pp. 46-47.
- *La generación que tuvo el valor de afrontar el problema del Cambio Climático*, N° 25, 2007, pp. 54-55.
- **Francisco Joaquín Cortés García**, *Desarrollo económico y cambio climático: el paradigma de la economía ecológica*, N° 34, 2007, pp. 19-24.
- **Pilar Alvarez-Uría Tejero, Miguel Angel de Zavala Gironés, Paloma Ruiz Benito, Fernando Prieto del Campo**, *El cambio climático y sus impactos sobre los ecosistemas*, N° 36, 2008, pp. 70-78.
- **José Luis de la Cruz Leiva, Ana María Ayuso Alvarez**, *Tercer Sector y Cambio Climático*, N° 42-43, 2008, pp. 78-86.
- *El cambio climático y las comunidades indígenas: el secuestro de 200 Gtoneladas de CO2 para el 2050*, N° 45, 2008, pp. 61-63.

Éxodo

- **Ladislao Martínez López**, *La actualidad del cambio climático*, N° 92, 2008, pp. 45-50.

Le Monde Diplomatique, Edición Española

- **Philippe Bovet, Agnès Sinaï**, *El desafío climático, entre toma de conciencia, negación y recuperación*, N° 148, febrero 2008, pp.
- **Lucía Gallardo, Kevin Koëniq, Max Christian, y Joan Martínez Alier**, *Para luchar contra el cambio climático. Dos propuestas ecológicas del Ecuador*, N° 150, abril 2008.

Nómadas

- **Juan Manuel Iranzo Amatriaín**, [Camino a Bali: cambio climático y cambio social global](#), N° 17, 2008, pp. 3-42.

Revista Electrónica de Estudios Internacionales

- Rosa M. Fernández Egea, Francesco Sindico, [*El papel de la UE en la lucha contra el cambio climático: ¿líder en la política climática global?*](#), N° 14, 2007.
- Teresa Ribero Rodríguez, [*Las políticas de cambio climático, una oportunidad estratégica*](#), N° 14, 2007.

Papeles de Cuestiones Internacionales

- William E. Rees, [*Globalización y sostenibilidad. ¿Conflicto o convergencia?*](#), N° 98, verano 2007, pp. 35-62.
- Jorge Riechmann, [*Calentamiento climático: ¿Cómo se calcula su impacto?*](#), N° 98, verano 2007, pp. 63-80.

Papeles de Relaciones Ecosociales y Cambio Global

- Victoria Reyes-García, [*El conocimiento tradicional para la resolución de problemas ecológicos*](#), N° 100, invierno 2007-2008, pp. 109-116.

Política Exterior

- Oriol Costa, *España en las negociaciones del clima y el Protocolo de Kioto*, Vol. 20, N° 113, 2006, pp. 159-166.
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, *Cambio climático : las bases de la ciencia física*, Vol. 21, N° 116, 2007, pp. 171-188.
<http://www.politicaexterior.com/pdf/1/1-116-16.pdf>
- Jérôme Bindé, *El porvenir de la Tierra. ¿Qué futuro para la humanidad?*, Vol. 22, N° 123, 2008, pp. 103-112.
- Antxon Olabe, Mikel González, *Cambio climático, una amenaza para la seguridad global*, Vol. 22, N° 124, 2008, pp. 175-185.

Quorum

- Antonio Ruiz de Elvira Prieto, [*Cambio climático*](#), N° 17, 2007, pp. 87-96.

Temas para el Debate

- Alexander Müller, *Cambio climático y seguridad alimentaria mundial*, N° 161, 2008, pp. 54-57

Viento Sur

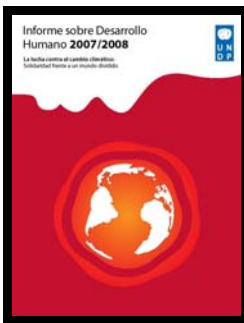
- Cristina Rois, *Energía y cambio climático*, N° 89, 2006, pp. 68-76.
- Ladislao Martínez López, [*La izquierda y el cambio climático*](#), N° 91, 2007, pp. 91-95.



CAMBIO CLIMÁTICO
Selección de Recursos
Susana Fernández Herrero
Responsable del Centro de Documentación Virtual
CIP-ECOSOCIAL
Diciembre 2008

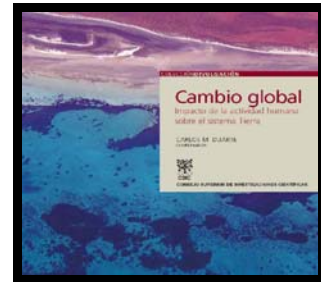
RECURSOS ELECTRÓNICOS

Libros



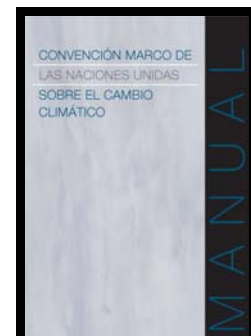
PROGRAMA DE LA NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD),
[Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008. La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido](#),
Madrid: Mundi Prensa, 2007.

DUARTE, Carlos M. (coord.), *[Cambio global: impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra](#)*,
Madrid: CSIC, 2006.



STERN, Nicholas,
El Informe Stern: la verdad sobre el cambio climático,
Barcelona: Paidós, 2007.
[Resumen de las conclusiones](#)

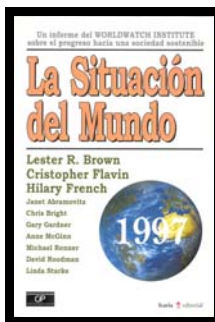
UNFCCC,
[Convención marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Manual](#),
Bonn: Secretaría del Cambio Climático, 2006





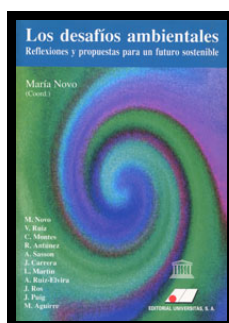
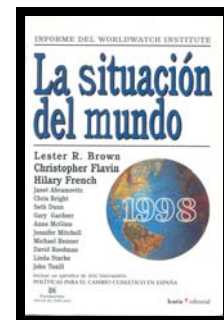
MEIRA CARTEA. Pablo Ángel,
Comunicar el cambio climático,
Madrid: Ministerio de Medio Ambiente
y Medio Rural y Marino – Organismo Autónomo de Parques
Nacionales, 2008.

Capítulos de libros



BRIGHT, Chris, “[La ecología del cambio climático](#)”,
en *La situación del mundo 1997: Informe anual del Worldwatch
Institute sobre progreso hacia una sociedad sostenible,*
Barcelona: CIP, Icaria, 1997, pp. 153-182.

FLAVIN, Christopher; DUNN, Seth,
“[Respuestas a la amenaza de cambio climático](#)”
en *La situación del mundo 1998: informe anual del Worldwatch
Institute sobre progreso hacia una sociedad sostenible,*
Barcelona: CIP, Icaria, 1998, pp. 217-248.



RUIZ DE ELVIRA, Antonio, “Clima y cambio climático” en
NOVO, María (coord.), *Los desafíos ambientales: reflexiones y
propuestas para un futuro sostenible,*
Madrid: Universitas, 1999.

FLAVIN, Christopher; DUNN, Seth,
”[Adelantando la agenda del cambio climático](#)”,
en *La situación del mundo 2002: informe anual del Worldwatch
Institute sobre progreso hacia una sociedad sostenible,*
Barcelona: CIP, Icaria, 2002, pp. 61-102.



Informes

GRUPO DE TRABAJO SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO Y LUCHA CONTRA LA POBREZA CONGDE

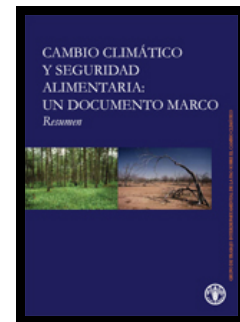
[El Cambio Climático y los objetivos de Desarrollo del Milenio.](#)
Madrid: IPADE, 2006



EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY (EEA),
[Climate change: the cost of inaction and the cost of adaptation.](#)
Technical report, N° 13, 2007.

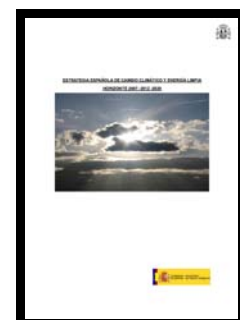
FAO.

[Cambio climático y seguridad alimentaria](#)
[Un documento marco](#)
Roma, 2007



MARTÍN VIDE, Javier (coord.),
[Aspectos económicos del cambio climático en España.](#)
Caixa Cataluña, Estudios, N° 4, 2007.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE,
[Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia](#)
2007





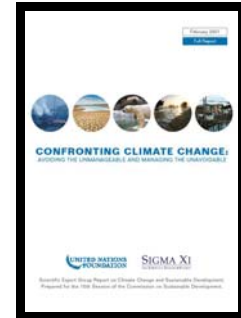
OXFAM,
*Adaptarse al cambio climático: Qué necesitan los países pobres y
quién debería pagarlo.*

Informe de Intermon Oxfam N° 104
mayo de 2007.

SCIENTIFIC EXPERT GROUP ON CLIMATE CHANGE

*Confronting Climate Change: Avoiding the Unmanageable,
Managing the Unavoidable,*

Washington DC: United Nations Foundation; SIGMA Xi, 2007.



UNICEF,

*Our climate, our children, our responsibility: The implications of
climate change for the world's children,*

2007.

STERN, Nicholas

Key Elements of a Global Deal on Climate Change

The London School of Economics and Political Science
2008





CAMBIO CLIMÁTICO
Selección de Recursos
Susana Fernández Herrero
Responsable del Centro de Documentación Virtual
CIP-ECOSOCIAL
Diciembre 2008

DIRECTORIO DE ENLACES

Agencia Europea de Medio Ambiente

Científicos por el Medio Ambiente - CIMA

Comisión Europea. En acción con el clima. Energía para un mundo en cambio.

European Environmental Boureau.
Federation on Environmental Citizens Organizations

Ecologistas en Acción

Fundación Ecología y Desarrollo

Friends of the Earth

Global Environmental Facility

Globalizate

Greenfacts

Greenpeace

Grupo Intergubernamental sobre Cambio Climático

International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change

Ministerio de Ciencia e Innovación. Especial del portal Tecnociencia sobre el cambio Climático

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Sección de Cambio Climático

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO

Organización Mundial de la Salud - OMS

Red Española de Ciudades por el Clima

Real Climate. Climate Science from Climate Scientists
The Climate Projects Spain

The Enciclopedia of Earth
Content, Credibility, Community

United Nations Environment Programme
Environment Development. Climate Change

United Nations Framework Convention on Climate Change

United Nations Department of Economic and Social Affairs.
Division for Sustainable Development

Unión Europea. Dirección General de Medio Ambiente

World Climate Research Programme

WWF Adena
