

# INTERACCIONES ECONO-CLIMÁTICAS EN EL CONTEXTO DE LA CONSTATACIÓN EMPÍRICA DISPONIBLE

**Victoriano Sierra Ludwig**  
*Ministerio de Economía y Hacienda*

La importancia del «clima» resulta decisiva en el desarrollo de los ecosistemas y en la actividad económica. Desde una perspectiva analítica, economía, medio ambiente y climatología no pueden seguir aisladas. Así, el efecto invernadero constituye un elemento fundamental en las interacciones biotópicas del planeta. En este artículo se pasa revista a los resultados de las investigaciones acerca del cambio climático y de sus repercusiones en ámbitos como el sector forestal, la seguridad alimentaria o el sector energético. En el contexto español se señala el escaso desarrollo que hasta ahora han tenido las investigaciones sobre nuestra situación econo-climática, imprescindibles para una estrategia de mejora de la eficiencia energética y la reducción de las emisiones causantes del efecto invernadero.

*Palabras clave:* economía, medio ambiente, cambio climático, efecto invernadero.

## 1. INTRODUCCIÓN

El «*tiempo*» y el «*clima*» corresponden al resultado de diferentes y complejas interacciones entre los elementos integrantes del denominado «sistema climático» a fin de alcanzar el «equilibrio radiativo» entre la energía solar recibida directamente y la energía «devuelta» al espacio. Estos fenómenos se explican desde el ejercicio de intercambios de energía, tanto radiante como convectiva, y de «masa», es decir, agua, diferentes gases y aerosoles, fundamentalmente. La importancia, por tanto del «clima» resulta decisiva en el desarrollo, la evolución y la existencia de los diferentes ecosistemas y en el ejercicio de la actividad económica del hombre.

La Península Ibérica y las Islas Baleares, al contar con un clima peculiar, denominado «de transición» y situarse en las fronteras delimitadas por el húmedo y templado del norte y centro de Europa y por el seco y cálido subtropical del norte de África, acusan el carácter fronterizo al mostrar un perfil especialmente vulnerable a las variaciones climáticas. Si incorporamos la persistencia de un frágil equilibrio, se desprende la importancia de las repercusiones inducidas antropogénicamente en el marco interactivo, no sólo ecosistémico sino también en el entramado económico, por lo que parece evidente la necesidad de asumir sistemáticamente la interconexión entre las componentes climáticas y las repercusiones consiguientes en el espacio y en el comportamiento económicos. Economía, medio ambiente y climatología, desde una perspectiva analítica, no pueden continuar aisladas. La toma de decisiones subsectoriales y los enfoques unidimensionales de las diversas y complejas disciplinas carecen de rigor y, por consiguiente, de futuro, imponiéndose la multidisciplinariedad y la interdependencia analítica transectorial.

Dado que el factor primario, que preside y rige el comportamiento climático, se halla en el «balance energético» arbitrado en el planeta, las alteraciones de este equilibrio pueden proceder, al menos, desde tres variaciones concretas: por un lado, al alterarse la energía solar interceptada por la tierra en sus movimientos de rotación y de traslación; en segundo término, al modificarse los sistemas perceptores de la energía solar y, por tanto, su distribución; y, en tercer lugar, al cambiar las emisiones de radiación infrarroja, es decir, justamente lo que acontece con el «efecto invernadero», ya sea natural o generado y potenciado. En definitiva, la intercepción por los gases termoactivos de la radiación infrarroja constituye la base de la biocenosis y la inducción de los diferentes procesos —entre ellos, el económico— para el desarrollo de las interacciones entre los seres vivos.

A la luz de los resultados procedentes de los estudios emprendidos, aún insatisfactorios y parciales, se puede afirmar que el «efecto invernadero» supone una alteración del equilibrio térmico, al depender éste fundamentalmente de la composición de la atmósfera, con presumibles reacciones en cadena. Constituye un componente esencial dentro de las interacciones biotópicas del planeta. No surge como un descubrimiento reciente a pesar de la creciente movilización dialéctica en parte de la opinión pública. En la década de 1860, John Tyndall ya describía el papel de ciertos gases como «reguladores» de las temperaturas; posteriormente, en 1896, Svante Arrhenius y P.C. Chamberlain, en 1899, llamaban la atención sobre los cambios probables causados por el dióxido de carbono a causa de la combustión del carbón. A comienzos del siglo XX, los climatólogos de vanguardia aportaban notables referencias al posterior debate sobre el «efecto invernadero». Pero sólo a partir de 1975 la atención adquirió repercusiones supranacionales, hasta desembocar actualmente en una irrupción más generalizada, aunque para muchos con el atractivo de la novedad dialéctica. Expertos en climatología, a raíz de la implantación de la estación meteorológica en la cima de Mauna Loa, en Hawai, comenzaron desde la década de los cincuenta a profundizar en las estimaciones derivadas por la constatación de la concentración creciente de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Ya en 1957, la concentración de CO<sub>2</sub> alcanzaba las 315 partes por millón en volumen (p.p.m.). De los análisis realizados en los troncos de los árboles, los datos sugieren que el despegue en el crecimiento del dióxido de carbono se ve

rifica a partir de 1850, coincidente con el advenimiento de la «Revolución Industrial»; para aquel año, las estimaciones realizadas cifraban las concentraciones en 270 p.p.m. En 1990, los valores estimados se disparan a niveles próximos a las 360 p.p.m. (ver gráfico 1).

En 1975, Stephen Schneider, del National Center for Atmospheric Research, reajustando las modelizaciones utilizadas por diferentes grupos de investigadores, resolvió las discrepancias, al sostener que una duplicación de las concentraciones de CO<sub>2</sub>, ocasionaría una subida en las temperaturas globales medias entre 1,5° C y 2,4° C. El mismo año, Syukuro Manabe y Richard Wetherald, de la Universidad de Princeton, publicaron los resultados de sus investigaciones, que estimaban, para los mismos supuestos, una elevación del calentamiento medio en torno a los 2° C.

Con Veehabadrban Ramanathan, el descubrimiento de la absorción por los CFCs de los rayos infrarrojos, ya expuesto por J. Lovelock en la Conferencia Internacional de Ecología y Toxicología sobre Fluorocarbonos celebrada en Andover durante 1973, supuso la incorporación de un nuevo elemento dentro de la discusión sobre el calentamiento global.

A finales de los ochenta, los resultados de las diferentes investigaciones y reuniones internacionales (Villach, Bruselas, Bellagio...) provocarían importantes debates que, a escala política, germinarían en el ámbito de la CE con la presentación por la Comisión al Consejo de la Comunicación «El problema del efecto invernadero y la comunidad».

Los estudios de la ONU en el marco del IPCC («Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático») han constatado un aumento regular de las concentraciones en la atmósfera de los gases causantes del «efecto invernadero» a partir de la aparición de la era industrial.

En estos momentos, el papel preponderante del CO<sub>2</sub> en el «efecto invernadero» supera a cada uno de los demás componentes. No obstante, la persistencia temporal de las interacciones difiere frente a la potencialidad de componentes como los clorofluorocarbonos y los HCFC, así como sus efectos en función del espacio receptor de las emisiones.

## 2. REFERENCIAS BÁSICAS

### 2.1. *Constataciones de partida*

A escala global, de acuerdo con las evaluaciones efectuadas, se ha contabilizado una subida de temperatura media de 0,5 grados C y un aumento del nivel del mar entre 10 y 15 cms. para el conjunto de los últimos cien años.

El modelo de crecimiento económico convencional ha modificado sustancialmente la distribución mundial de CO<sub>2</sub>. Mientras el 44,7% de las toneladas expulsadas en 1950 provenía de los procesos y usos ubicados en Estados Unidos y Canadá, al comienzo de la década de los ochenta, la aportación relativa descendía al 26,7%; si bien, con un incremento de los valores absolutos del orden del 90,1%. A escala mundial, las emisiones estimadas pasaban de 1.618 millones de toneladas de carbono a más de 5.000, para dicho período.

do; esto es, un aumento superior al 300%. El incremento más espectacular ha procedido del bloque de países socialistas (antigua URSS y países del Este), cuadruplicándose y situándose en la actualidad en cotas similares a las de Estados Unidos y, particularmente, de China, al multiplicarse por 20 y alcanzar valores que rebasan el 50% del correspondiente a Europa Occidental.

En síntesis, las variaciones apreciadas afectan a elementos tan significativos como: el paleoclima, las temperaturas en la superficie, en la troposfera y en los océanos, las precipitaciones, la evaporación, la criosfera, la circulación atmosférica, la nubosidad, los extremos climáticos (inundaciones, sequías, ciclones...) y la subida del nivel del mar.

Un resultado decisivo que evidencia la comprobación de un calentamiento global (entre  $0,45^{\circ}$  y  $0,15^{\circ}$ ) producido en los últimos cien años, se expresa además en la confirmación generalizada del retroceso de los glaciares de montaña y la constatación de una alteración más acusada en el Hemisferio Norte.

Asumidas las insuficiencias derivadas del campo de investigación aplicado y de los modelos de análisis utilizados, de acuerdo con los datos observacionales disponibles, no se puede vincular taxativamente la ascensión — constatada — de las medias térmicas mundiales apreciada en los últimos cien años con un hipotético «cambio climático», ni tampoco negar la influencia inducida por la acumulación de los gases causantes del «efecto invernadero».

## 2.2. Incidencia termo-climática

### *Panorama general*

Desde las Conferencias de Toronto y de La Haya, las estimaciones expuestas anteriormente por el Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos sentaron las bases para avanzar en la toma de conciencia que germinaría en la asunción a escala internacional de la nueva situación<sup>1</sup>.

El «Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático» (IPCC) ha estimado, bajo la hipótesis de «situación habitual»<sup>2</sup> y de acuerdo con el ritmo actual de propagación, que:

- la temperatura media mundial aumentará durante el próximo siglo en torno a  $0,3^{\circ}$  C cada diez años, (cifra muy superior a la registrada en los últimos 10.000 años);

- en el año 2.025 la temperatura media mundial se habrá incrementado en  $1^{\circ}$  C y en  $3^{\circ}$  C al finalizar el próximo siglo;

- los aumentos de temperatura en el Sur de Europa serán superiores a la media mundial<sup>3</sup>; y que

---

(1) Sierra Ludwig, V. (1990): «Efecto invernadero: respuestas científicas y políticas»; Boletín Económico ICE, n.º 2.227, págs.: 1.367-1.374.

(2) Esto es, sin la adopción de medidas específicas para impedir el aumento de las concentraciones de gases causantes del «efecto invernadero» y, en consecuencia, la duplicación efectiva de CO<sub>2</sub> en el año 2.020 y su cuadruplicación en el 2.080.

(3) En España, las últimas evaluaciones estiman un aumento del orden de  $2,5^{\circ}$  C para el año 2050.



- el nivel medio del mar aumentará en unos 6 cms. cada 10 años: 20 cms. en el año 2030 y 65 cms. a finales del siglo XXI.

En cualquier caso, las incertidumbres prospectivas, y esto conviene subrayarlo, no se asientan en la refutación de un aumento de temperaturas inducido, sino, en todo caso, en la magnitud, en los plazos y distribución planetaria, así como en las implicaciones provocadas en el medio ambiente y en el sistema económico vigente (productivo y comercial, fundamentalmente). También, conviene resaltar que las fluctuaciones internas o las «retroalimentaciones» podrán dificultar o difuminar, en algunos supuestos, la aparición del calentamiento climático, o, por el contrario, acelerar su aparición, sin que los modelos de predicción, en su configuración actual, puedan predecir o aclarar el desarrollo de las componentes —diversas, complejas y determinantes— del proceso.

De acuerdo con las evaluaciones del IPCC, la estabilización de las concentraciones de CO<sub>2</sub> en los niveles actuales, teniendo presente el intrincado campo de las interacciones y el período de acción de este gas en su ciclo normal, exigiría una reducción de las emisiones antropogénicas actuales del orden del 60% hasta el año 2050. En estas evaluaciones no se tienen en cuenta los fenómenos asociados a la retroalimentación. Puesto que las concentraciones dependen de la magnitud de las emisiones de origen humano y que las variaciones del clima y de otras condiciones medioambientales pueden influir en los procesos biosféricos controladores del intercambio de los gases que produce un efecto invernadero natural (incluyendo el dióxido de carbono y de metano) entre la atmósfera, los océanos y la biosfera terrestre, los «efectos de retroalimentación» constituyen una parte fundamental para, a través de su comprensión y clarificación, poder efectuar previsiones con bases serias y contrastables.

Puede destacarse que las emisiones netas de dióxido de carbono de los ecosistemas terrestres serán elevadas, si el aumento de las temperaturas provoca que la respiración se produzca a un ritmo más rápido que la fotosíntesis, o si las poblaciones vegetales, especialmente de los grandes bosques, no se ajustasen con rapidez suficiente a los cambios climáticos. Un flujo neto de dióxido de carbono a la atmósfera tendrá elementos favorables para su aparición, de registrarse unas condiciones más cálidas en la tundra y en las regiones boreales, por existir grandes reservas de carbono. Asimismo, lo contrario sería factible si una mayor presencia de dióxido de carbono en la atmósfera aumentase la productividad de los ecosistemas naturales, o si se registrase un incremento de la humedad del suelo que estimulase el crecimiento vegetal en los ecosistemas secos y que aumentase el almacenamiento de carbono en la turba de la tundra.

Todavía no se ha podido progresar satisfactoriamente en la detección o estimación rigurosa, en términos cuantitativos, de la «capacidad de absorción» de los ecosistemas por aumentos del dióxido de carbono en la atmósfera.

Por lo que se refiere a los océanos —destinatarios finales de los excedentes de CO<sub>2</sub>— de registrarse aumentos de temperatura en sus aguas, la «captación neta» de dióxido de carbono podría disminuir como consecuencia de cambios en: a) la química del dióxido de carbono presente en el agua del mar,

b) la actividad biológica de las aguas superficiales, y c) la tasa de intercambio de dióxido de carbono entre las capas de la superficie y del fondo del océano.

En el Atlántico Norte, los intercambios se alterarían, de producirse cambios climáticos, al reducirse la salinidad, y, por tanto, alterarse el ritmo de formación de las aguas profundas.

Dado que los estudios realizados en los testigos de hielo han demostrado que las concentraciones de metano y de CO<sub>2</sub> han variado en convergencia con la evolución de las temperaturas en las eras glaciales e interglaciales (durante la etapa más fría de la última glaciación, las concentraciones de CO<sub>2</sub> fueron inferiores en un 30% respecto a las de los últimos 10.000 años), parece evidente la interconexión de esas variables y la necesidad de profundizar en las investigaciones del proceso de retroalimentación. Pese a las insuficiencias científicas actuales, parece probable que los procesos de retroalimentación aumenten las concentraciones de los gases causantes del efecto invernadero en un ambiente más cálido.

De acuerdo con algunas de las conclusiones del IPCC, todo indica que las estimaciones cuantitativas actuales sobre las fuentes y sumideros de CO<sub>2</sub> no se compensan entre sí. El aumento atmosférico ofrece un ritmo menos rápido de lo esperado a partir de los modelos centrados en el ciclo del carbono, en los que no se había incluido el «efecto fertilizante» del CO<sub>2</sub> ni las respuestas medioambientales de la biosfera. Lo anterior, junto con los análisis modelizados del gradiente interhemisférico del CO<sub>2</sub>, indica que los ecosistemas terrestres del Hemisferio Norte pueden actuar como un sumidero de carbono importante, si bien no se ha logrado identificar directamente.

#### *Repercusiones en la cuenca mediterránea*

##### a) Limitaciones prospectivas

Los efectos de los cambios climáticos generados ante un incremento del 100% en la concentración de CO<sub>2</sub> en el área mediterránea han sido estudiados desde el «Centro de Climatología Aplicada y Estudios Medioambientales del Departamento de Geografía de la Universidad de Münster».

Como se sabe, la desertificación en la cuenca mediterránea depende en gran medida del clima. Los cambios en los valores medios y en la variabilidad interanual y estacional de los parámetros climáticos, como la temperatura y la precipitación, ejercen claras influencias en el balance hídrico, las condiciones del suelo, la vegetación... Estos procesos, que pueden provocar desertificación, se encuentran a menudo reforzados por acciones antropogénicas (agricultura intensiva, ganadería y deforestación).

Simuladores de «circulación general tridimensional» (GCM), basados en las leyes físicas que rigen la estructura y el comportamiento de la atmósfera, se han utilizado para estudiar los cambios climáticos al aumentar los niveles de CO<sub>2</sub>. Una reevaluación de las simulaciones con estos modelos, publicada por la «Academia Nacional de Ciencias» de Estados Unidos, concede un incremento global de temperatura en la superficie de 3° ± 1,5° al duplicar el CO<sub>2</sub>. Experimentos con los simuladores más sofisticados han expresado que

la respuesta del clima ante un aumento de CO<sub>2</sub> no será uniforme en el espacio ni en el tiempo, sino que mostrará irregularidades en la homogeneidad según estaciones y regiones. De ahí que el análisis de un impacto climático sobre la desertificación o la agricultura, requiera una descripción de: la distribución regional y estacional de un cambio climático simulado, el grado de incertidumbre del parámetro climático y una transformación del cambio desde la escala del simulador hacia el nivel local menor en el que se produce el impacto. Hasta ahora, ningún simulador GCM había proporcionado una predicción satisfactoria del cambio climático a escala regional.

Por el contrario, los «cambios climáticos guía» para la «Cuenca Mediterránea» expuestos por H. J. Jung y W. Bach, proporcionan distribuciones de temperatura, precipitación y humedad del suelo por estaciones y regiones. Con objeto de estudiar los efectos al *duplicarse* las concentraciones de CO<sub>2</sub>, han utilizado los experimentos de sensibilidad empleados anteriormente con simuladores CGM por: «la Oficina Meteorológica Británica», Bracknell, Reino Unido (BMO); el «Instituto Goddard para Estudios Espaciales», New York, Estados Unidos (GISS); y el «Centro Nacional para la Investigación Atmosférica», Boulder, Estados Unidos (NCAR).

Según los resultados, los cambios de temperatura y de precipitaciones inducidos por la duplicación de las concentraciones actuales de CO<sub>2</sub> difieren según el tipo de modelos utilizados, al carecer de homogeneidad: las definiciones espaciales y temporales, la parametrización de los procesos físicos y la representación de carácter marítimo. Entre los modelos BMO y GISS los cambios medios de temperaturas no presentan divergencias notables en contraste con las predicciones referidas a las precipitaciones que adquieren tendencias opuestas. Asimismo, el calentamiento medio global estimado ofrece desviaciones muy elevadas (4° C en GISS y 2,2° C en BMO frente a 4,2° C en NCAR), alcanzándose claras discrepancias al descender a simulaciones regionales.

Puesto que las elevaciones de las temperaturas inducidas aparecen sistemáticamente, no resulta descabellado vaticinar que incidirán con mayor rigor en la potenciación del efecto desertificador de la cuenca mediterránea con desarrollos nítidos en la aceleración de los procesos morfológicos desencadenados hasta ahora: erosión del suelo, incremento de los suelos pobres en combinación con el descenso del contenido de nutrientes, cambios en los mecanismos de escorrentía, potenciación de la destrucción en la cubierta vegetal y de la evaporación y, entre otros, descenso de la infiltración por lluvias y, consecuentemente, acentuación en espiral del ritmo de escorrentías.

#### b) Distribución regionalizada de las previsiones

La distribución regional de las temperaturas estimadas por los simuladores expuestos, ofrece una dispersión zonal que sintéticamente y por modelos queda de la siguiente manera:

- Modelo GISS - GCM: El cambio estimado de temperatura media anual va de 4° a 5°. Valores superiores a 4° se polarizan en el Norte de África. Para el invierno, se aprecia una distribución con valores que exceden los 4° en la zona Norte.

La distribución en verano muestra un aumento de temperatura de 2° a 3° en Europa Central y Oriente y en más de 4° al Sur del Mediterráneo y en las partes occidentales del Norte de África.

- Modelo BMO - GCM: Las previsiones apuntan hacia un cambio de temperatura media anual de 4° en el Oeste del Norte de África. En las áreas restantes, el incremento alcanza 3°. La situación en invierno se caracteriza por un fuerte aumento de temperatura sobre Europa Central y Oriental que está relacionado con un incremento del flujo de los vientos del Oeste y la reducción de la cubierta de nieve. En verano, aumentos de las temperaturas altas surgirán al Oeste del Norte de África y en la España meridional como consecuencia de un desplazamiento hacia los polos de la faja subtropical de altas presiones con un resultado de reducción de la precipitación y de la humedad del suelo. En invierno, sólo el flanco más occidental del área de estudios muestra cambios significativos. Los cambios importantes afectarían a todas las zonas en verano.

- Modelo NCAR - GCM: La distribución de temperatura calculada con este simulador para el invierno presenta una estructura meridional con valores superiores a 4° en el Oeste de Italia y el Este de Grecia. En verano el incremento de temperatura sería inferior a 4° en casi todas las áreas, excepto para una pequeña zona del Norte de África y de España.

Al margen de discrepancias en los ritmos de evolución, parece confirmarse en todos los modelos una *elevación* generalizada de las temperaturas estacionales con despuntes locales<sup>4</sup>.

### 3. REPERCUSIONES ECONÓMICAS EN EL MARCO TENDENCIAL PREVISTO

#### 3.1. Interacciones sectoriales

##### *Sector Forestal*

En los supuestos de una duplicación de las emisiones de CO<sub>2</sub>, el consiguiente incremento de las temperaturas y del nivel del mar y la alteración de la línea tendencial de la pluviosidad, las repercusiones incidirán claramente en la actividad económica, con mayor o menor intensidad, según sectores y zonas.

Aunque en los estudios realizados hasta ahora, apenas se ha abordado la implicación socioeconómica, los efectos pueden ser notables, particularmente en áreas frágiles, en el comercio agrícola y en la industria, así como en los subsectores de energía y de transportes (véase Anexo).

(4) Jung, H. J. y Bach W. (1986): «Los efectos de los cambios climáticos generados en un simulador debidos a duplicar el CO<sub>2</sub> sobre los procesos de desertificación en el área mediterránea»; págs.: 59-76, en *Desertification in Europe*, Dordrecht. R.P.C.



De acuerdo con algunas estimaciones, el grado de sensibilidad de las masas forestales dependerá de las características de: los nuevos regímenes térmicos, las precipitaciones, los suelos forestales y la edad de los bosques. Las plantaciones situadas en las fases de establecimiento y madurez tardía sufrirán mayores impactos<sup>5</sup>.

Con independencia de la acción antropogénica inducida, las áreas forestales más sensibles a los futuros cambios climáticos se sitúan en los bosques boreales, con incidencia positiva, y en los ubicados en zonas áridas y semiáridas, con repercusiones claramente negativas.

Centrándonos en la producción maderera, aunque los estudios realizados —escasos y, hasta ahora, poco ambiciosos— apenas aportan una base sólida de previsiones generalizables, los trabajos de Binkley<sup>6</sup> ratifican que los índices de crecimiento en los bosques boreales podrían incrementarse sustancialmente, mientras que, en buena parte del planeta, el crecimiento inducido sería de carácter marginal frente al estimado para Canadá, Finlandia, Suecia y Rusia, con perspectivas productivas claramente favorables.

Para Regens, Cabbage y Hodges en Estados Unidos, pese a posibles intervenciones de «mitigación», la producción final sería negativa<sup>7</sup>. En línea con estas conclusiones, las investigaciones prospectivas de Van Kooten y Arthur apuntan una repercusión contraria en Canadá, ya se trate de productores o, bien, de consumidores de productos forestales. En divergencia con estos resultados aparecen, para el mismo país, las especulaciones de Babcock<sup>8</sup>.

En cualquier caso, parece evidente que las consecuencias económicas-sociales-globales dependerán básicamente del peso del Sector Forestal en el P.I.B. de cada país.

### *Seguridad alimentaria*

Hay pruebas de que la producción de alimentos a escala mundial puede mantenerse, frente a los cambios climáticos previstos, esencialmente al mismo nivel que habría alcanzado en ausencia de modificación. Los principales problemas de evaluación aparecen al pretender establecer los «costes de adaptación». Por otra parte, pueden producirse graves repercusiones negativas a escala regional, en particular, en las zonas de alta vulnerabilidad actual y con capacidad mínima para compensar por medios técnicos dichos efectos.

(5) Woodbridge, Reed and Associates (1988): *The Next Twenty Years: Prospects and Priorities*, Canadian Forestry Service, Ottawa.

(6) Binkley, C. S. (1988): *A case study of the effects of CO<sub>2</sub> —induced climatic warming on forest growth and the forest sector*, Reidel, Dordrech; págs.: 197-218.

(7) Regens, Cabbage y Hodges (1989): *Climate change and U.S. forest markets*, The Climate Institute, págs.: 303-309, Washington.

(8) Babcock, H. M. (1989): *Economic implications to forestry of future climate predictions*, págs.: 209-211, DC MacLaver, Supply and S.

### *Sector Energético*

Los escasos estudios sobre los impactos en la oferta y demanda de energía se han realizado en Estados Unidos, Japón, Reino Unido y Alemania.

Para Estados Unidos y en base a las previsiones de Smith y Tirpak<sup>9</sup>, la demanda de electricidad, sin cambio climático, se incrementaría en más del doble en el transcurso de los próximos 60 años. El aumento adicional de la demanda de electricidad debido al cambio climático elevaría las necesidades tendenciales en cuanto a la capacidad de suministro de energía entre un 14% y un 23% en todo el país. Ello requeriría inversiones adicionales en torno al 10% en el supuesto de «cambio climático global», frente a las que se prevén como necesarias en el supuesto de no registrarse un cambio climático.

Los resultados para EE.UU., en el 2.055, y para Japón, con un incremento de 3° C de temperatura, utilizando el consumo mensual de electricidad correspondiente al año 2.000, indican que, en el supuesto de cambio climático global, la demanda anual de electricidad oscilaría entre un 5% y un 10% por encima de la prevista sin considerar este efecto<sup>10</sup>.

Cualquier generalización para Estados Unidos tropezará con serios obstáculos en la dimensionalidad del fenómeno, por cuanto en ese país existe una considerable variación regional con respecto a las medias nacionales. En las regiones septentrionales, puede producirse una leve disminución del consumo de electricidad en invierno. Esta reducción podría ser superior al incremento de la demanda de electricidad para refrigeración en los meses cálidos (las variaciones netas de la demanda eléctrica dependen en cierta medida de la parte de calefacción de edificios atendida directamente por electricidad). Por el contrario, en las regiones meridionales, con una demanda de calefacción muy inferior, el consumo anual de electricidad podría incrementarse hasta en un 15%. Dado que gran parte de este aumento de la demanda se produce en «períodos punta», estas regiones meridionales requerirían una ampliación de la capacidad de hasta un 30%.

El estudio para Alemania realizado por Gertis y Steimle<sup>11</sup>, indica que el calentamiento climático generaría una disminución sustancial de la demanda de energía para calefacción. Se prevé que el aumento de 1° C en la temperatura reducirá el consumo de energía para calefacción en sólo un 13%, en viviendas unifamiliares antiguas, y en un 45% en las de nueva construcción. Los resultados para estructuras multifamiliares se sitúan en un 8% de reducción para el consumo de calefacción con estructuras antiguas y en un 67% en los edificios nuevos. Sin embargo, las disminuciones potenciales en la demanda de energía debidas a un perfeccionamiento de las técnicas de construcción serían muy superiores a las que ocasionaría un calentamiento climático de

(9) Smith, J. B. y Tirpack, D. A. (1989): *The Potential Effects of Global Climate Change on The United States*, Us. EPA.

(10) Nishinomiya, S. y Kato, H. (1989): *Potential Effects of Global Warming on the Japanese Electric Industry*, Crieji.

(11) Gertis, K. y Steimle, F. (1989): «Impact of climate change on energy consumption for heating and air conditioning», Report to the Federal Minister for Economics.

1° C. Los aumentos de la demanda de aire acondicionado dependerán, en gran medida, de las variaciones de humedad, que, aunque se desconoce su magnitud, se consideran de gran influencia. Se ha estimado que los incrementos resultantes en el consumo de energía para aire acondicionado se situarían entre el 12 y el 38%. De ello se deduce que la humedad constituye un parámetro importante que deberá ser determinado en las predicciones del cambio climático. Sin embargo, en Alemania, la demanda de energía para aire acondicionado se halla por debajo de la de calefacción. En consecuencia, resultaría una disminución en la demanda de energía para calefacción y aire acondicionado del 12% en el año 2.010. En comparación con su nivel actual, la demanda de energía se reduciría en un 9%.

De acuerdo con las previsiones de Valdimirova para Rusia, un incremento de la temperatura igual o superior a 1° C produciría un ahorro en «gastos de calefacción» en las zonas situadas al norte de Moscú. La magnitud de los ahorros en calefacción durante la estación invernal sería superior a la de los costes necesarios para el aire acondicionado en verano.

Según los cálculos de Meyers y Sathaye<sup>12</sup> y en base a la distribución del consumo energético analizada para doce países en vías de desarrollo (en torno al 28% del total destinado a los subsectores residencial y comercial), la fracción de la demanda de electricidad prevista en función de la variación de las temperaturas implicará un incremento inducido inferior al 10%. Por el contrario, de acuerdo con los escenarios de consumo eléctrico tendencial estimado por la «Agencia de Protección del Medio Ambiente» (EPA) de Estados Unidos, en el año 2.025 se habría incrementado en torno al 50%.

### *Sector Transportes*

Los estudios publicados sobre los impactos probables del cambio climático en transportes se centran en tres países del Hemisferio Norte de alta latitud (Canadá, Reino Unido y EE.UU.). No parecen generalizables ni transmisibles estos efectos al Hemisferio Sur o a regiones tropicales y subtropicales del Hemisferio Norte. El transporte marítimo puede verse considerablemente afectado en estas regiones por los cambios en la distribución de los ciclones tropicales, arrojando consecuencias potenciales de gran magnitud en lugares como Australia (Henderson-Sellers y Blong, 1989; Pearman, 1988).

Tampoco se cuenta con análisis publicados sobre el probable impacto global de las estrategias de respuesta al «efecto invernadero» en transportes. Es probable, sin embargo, que este sector y, en particular, la industria de la automoción, se convierta en un centro de atención fundamental de las medidas contra el «efecto invernadero». A través del seguimiento de las tendencias del CO<sub>2</sub> en Canadá, Jessup sostiene que, en 1985, los coches, camiones y otros vehículos canadienses produjeron 34,5 millones de toneladas de carbono, aproximadamente el 30% de las emisiones totales de Canadá<sup>13</sup>.

(12) Meyers y Sathaye (1988): «Electricity in Developing Countries: Trends in Supply and Use Since», L.B.L.

(13) Jessup, P. (1989): «Carbon dioxide trends in Canadian transportation», *Coping With Climate Change*, Climate Institute, Washington.

### *Infraestructuras costeras*

Los escasos estudios realizados sobre la evaluación económica de la elevación del nivel del mar apenas rebasan los costes vinculados a infraestructuras.

El ascenso de 1 m. en el nivel del mar podría inundar del 12 al 15% de la tierra cultivable de Egipto y un 17% de Bangladesh<sup>14</sup>. Según datos elaborados por Park<sup>15</sup> y Yohe<sup>16</sup> en Indonesia y Vietnam serían probables los desplazamientos inducidos de la población y en Estados Unidos se perderían unos 20.000 Km.<sup>2</sup> de tierra, equivalentes a 650.000 millones de dólares.

Los resultados de la investigación realizada en el laboratorio hidráulico de Delft, sostienen que, una vez analizadas las características de 181 países costeros y los peligros derivados del cambio climático, la protección adicional debería extenderse a 345.335 Km. de costas bajas, 6.400 Km. de zonas urbanas marítimas, 10.725 Km. de playas de arena y 1.756 Km.<sup>2</sup> de puertos<sup>17</sup>.

### *3.2. Repercusiones macroeconómicas*

Según estimaciones recientemente elaboradas por S. Fankhauser, el incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 100% y de las temperaturas medias en torno a 2,5 grados, supondrá, a escala global, una incidencia del orden del 0,23% en el P.I.B., que, en algunos países como China, rebasaría el 2%<sup>18</sup>.

La combinación de diferentes estimaciones en curso parecen confirmar que el impacto, dentro de los supuestos expuestos, oscilaría entre el 1,5 y el 2,5% del P.I.B. a nivel mundial<sup>19</sup>.

Los «costes anuales de prevención» frente al anegamiento y la erosión en relación con el P.I.B. se recogen en el cuadro 1. Como puede apreciarse, para diez países (nueve insulares) la estimación de costes rebasaría el 5% del P.I.B. Pese a las lógicas reservas que conllevan estos tipos de previsiones, merecen destacarse dos fenómenos antitéticos: la probable sobrevaloración de los costes estimados, al considerar todas las tierras bajas con densidad de población superior a 10 hab./Km.<sup>2</sup>, y la infravaloración del «coste total» causado por el ascenso del nivel del mar, teniendo en cuenta la fase de desarrollo en

(14) Broadus, Millman, Edwards, Aubrey y Gable (1986): «Rising sea level and damming of rivers: possible effects in Egypt and Bangladesh», EPA y PNUMA.

(15) Park, Trehan, Mausel y Howe (1989): «The effects of sea level rise on U.S. coastal wetland», EPA.

(16) Yohe, G. W. (1990): «The cost of not holding back the sea: a national sample of environmental vulnerability», Coastal Mangement.

(17) Delft Hydraulic Laboratory (1990): «A global survey of coastal wetlands: their functions and threats in relation to adaptive responses to sea level rise», Dutch IPCC/RSWG.

(18) Frankhauser, S. (1995): *Valuing Climate Change. The Economics of the Greenhouse Effect*, Earthscan, Londres.

(19) Véase entre otros: Pearce, D. W. (1993): *Economic Values and the Natural World*, Earthscan, Londres.



que se encuentran esas áreas y la exclusión de la valoración correspondiente a las «zonas húmedas» que se perderán o la «tierra firme» que quedaría sin protección, así como las «inversiones de corrección» derivadas del aumento de las inundaciones o de la intrusión de agua salada.

En algunos países sin condicionantes extremos respecto al nivel del mar, podría aproximarse al 9%. De acuerdo con la desagregación del cuadro 1, en «regiones críticas» alcanzarían niveles muy superiores.

Pese al desarrollo de algunos análisis centrados en las posibles repercusiones globales a escala macroeconómica, conviene destacar las diferentes calidades de las referencias de partida, bien al considerar las repercusiones inducidas en infraestructuras alterables por modificaciones climáticas (subida del nivel del mar, fundamentalmente), cuyas evaluaciones encajan en los ejercicios de las modelizaciones prospectivas al uso, o bien al pretender realizar estimaciones, de base estática, frente a las esperadas modulaciones habituales de adaptación en los mercados (producción y consumo), cuyas previsiones y estimaciones escapan lógicamente de las actuales herramientas prospectivas en función de su carácter mutante y dinámico. De ahí que las repercusiones macroeconómicas en torno a configuraciones de ciertos mercados apenas rebasan la órbita de la especulación, por lo que aventurar evaluaciones de previsiones macroeconómicas nacionales o regionales —particularmente, en algunos subsectores agrícolas, ganaderos y de servicios— constituyen simulaciones carentes de las mínimas garantías exigibles de fiabilidad y de rigor.

Por otra parte, los elementos de base climática (temperatura y lluvia) a dimensión regional ofrecen actualmente considerables incertidumbres (especialmente, en los comportamientos de las nubes y de los océanos). La modelización de los cambios climáticos requiere el desarrollo de modelos «globales» que acoplen modelos de la atmósfera, el suelo, los océanos y los hielos. Conforme reconoce el IPCC, con los instrumentos actuales estos conocimientos son imposibles. Por tanto, con semejantes referencias de base, el desarrollo de estimaciones macroeconómicas de respuesta pasaría a integrar el ámbito de la denominada ciencia-ficción.

Algunas posiciones optimistas, cifran en torno a varios decenios el plazo mínimo para poder iniciar proyecciones asumibles a partir de ciertas bases climáticas coherentes.

#### 4. LÍNEAS PENDIENTES DE INVESTIGACIÓN CLIMÁTICA

A escala global, a modo de síntesis y de acuerdo con el diagnóstico del IPCC, parece imprescindible el apoyo a marcos de infraestructuras tecnológicas y de investigación para lograr:

- predicciones rigurosas de los cambios climáticos, incluidos los efectos estacionales, a nivel regional, a fin de evaluar la distribución temporal, duración e intensidad de los cambios climáticos y de los riesgos asociados;

- el establecimiento o reforzamiento de los programas de observación sistemática e integrada a nivel local y regional, realizados en el marco de una

colaboración internacional. Estos programas de observación deben alcanzar la máxima amplitud posible e incluir observaciones tanto climáticas como económicas, biológicas, edafológicas y geológicas;

- datos de temperaturas del suelo a lo largo de períodos prolongados y representativas desde el punto de vista espacial, con el fin de proporcionar informaciones sobre las variaciones regionales de las respuestas al calentamiento climático;

- una red mundial de observaciones de las condiciones climáticas en los glaciares. Los *glaciares de montaña* constituyen uno de los *indicadores* más claros y fácilmente identificables de los cambios en el clima (por su conexión directa con las temperaturas estivales), ya que «registran» tanto las variaciones anuales como los cambios a largo plazo, y se mantienen relativamente libres de perturbaciones derivadas de la acción directa del hombre;

- un seguimiento de las estructuras sensibles al permafrost, como tuberías, depósitos de desechos, diques de contención de aguas y emplazamientos de residuos tóxicos, con el fin de verificar las influencias de los cambios climáticos sobre su integridad. Esta información sería útil para la definición del riesgo de daños o hundimientos catastróficos en las estructuras asociadas y, por tanto, la necesidad y el tipo de acciones paliativas precisas;

- estudios de impactos directos y secundarios, mecanismos de retroalimentación, análisis de riesgos y consecuencias socioeconómicas asociadas. Para ello resulta fundamental el apoyo a *programas interdisciplinarios de impactos*;

- el desarrollo y depuración de modelos dinámicos de los comportamientos criosféricos, capaces de reflejar las implicaciones a escala regional;

- datos homogeneizables, fiables, y contrastables de la evolución de las temperaturas y de la pluviosidad a nivel estatal, regional y local. La asunción de estos datos, como base indicadora de una referencia climática, precisará, en cualquier caso, de un período de observación bastante largo, por lo que los plazos señalados desde los diferentes modelos de prospección climática utilizados, en cuanto a la repercusión antropogénicamente inducida de las modificaciones, carecerán de una contrastación paralela y sostenible en orden a la fiabilidad y rigor de las conclusiones derivadas.

Conviene tener presente, conforme se destaca en las recientes aportaciones sobre el clima en Europa y coordinadas desde los diferentes servicios meteorológicos nacionales, que, en la actualidad, los modelos utilizados y nuestra capacidad de comprensión carecen de consistencia para preveer totalmente lo que pueda suceder como consecuencia de un cambio climático *gradual*. Es más, ahora tampoco podemos estimar ni el momento ni la naturaleza de un cambio *brusco* que, en principio, parece posible. Sin embargo, los datos recientes inclinan hacia la confirmación de que lo más probable se oriente a favor de una *variabilidad natural* como factor preponderante, al menos durante un tiempo no inferior a 30-50 años. En torno a este período, algunos expertos se inclinan hacia la confirmación de nuevas expectativas, a la vez que per-

mitan establecer, en todo caso, la referencia como probable punto de partida desde la evidencia teórica disponible<sup>20</sup>.

## 5. EL BINOMIO ECONO-CLIMÁTICO DESDE UNA PERSPECTIVA ESPAÑOLA

### 5.1. Referencias termo-climáticas

Los estudios realizados en España han sido fragmentarios, dispersos y descoordinados, particularmente, al observar la carencia de una respuesta coherente a los compromisos contraídos internacionalmente. Puede afirmarse que la investigación sobre el clima y su posible evolución en España no se ha diseñado de acuerdo con la transcendencia de la problemática ni con el carácter transdisciplinario exigido. Sin determinaciones correctas sobre las diferentes variables que condicionan el comportamiento climático, los intentos de evaluar las diversas repercusiones inducidas (sociales, económicas y medioambientales) por la variabilidad climática, no pasan de meros ejercicios de gabinete, carentes de fiabilidad prospectiva.

En estos momentos, las principales carencias detectadas alcanzan niveles tan elementales como:

- la falta de datos fiables y homogéneos como soporte de la investigación de base;
- las limitaciones en el conocimiento de las interacciones climático-biológico-químico-físicas, incluidas las retroalimentaciones;
- el desconocimiento de las respuestas de los ecosistemas terrestres ante las variaciones climáticas;
- la imposibilidad de predecir con rigor y en función de los instrumentos actuales, las repercusiones geográfico-económicas;
- la ausencia de aplicaciones del conocimiento climático en la gestión de los recursos;
- el desconocimiento de opciones de respuesta a adoptar ante las previsiones de un cambio climático; y
- las discrepancias en el abanico de estimaciones estadísticas de base, como la evaluación del montante emitido de CO<sub>2</sub> o las carencias para otros gases determinantes del «efecto invernadero»<sup>21</sup>.

Pese a las limitaciones apuntadas, los datos acumulados parecen confirmar un calentamiento general: temperaturas medias menos bajas, aumento

(20) National Meteorological Services (1995): «Climate of Europe. European Climate Support Network», págs.: 10-11.

(21) Sierra Ludwig, V. (1993): «Incidencia económico-ambiental de las emisiones de CO<sub>2</sub>, desde una perspectiva regional»; *Cuadernos de Economía Murciana*, n.º 9, págs.: 21-39.

del nivel del mar, intensificación de las precipitaciones extremas y caída del volumen correspondiente a valores medios. Algunas investigaciones han mostrado una aportación importante que merece una reflexión como punto de referencia. Así, los datos obtenidos en el mareógrafo de La Coruña, desde 1.943 a 1.988 han demostrado que:

1.º El «nivel medio» del Mar Mediterráneo se encuentra por debajo del «nivel medio» del Océano Atlántico. Comparando Alicante con La Coruña, la diferencia oscila entre 70 y 100 cms., estimándose una media respecto a las anuales del orden de 83 cms.

2.º El «nivel medio anual» del mar en La Coruña, ha subido en los últimos 45 años (1943-88) alrededor de 30 cms., lo que supone un aumento medio de 6,67 mm./año. Esta importante investigación plantea de inmediato la interrogante en relación con la etiología básica: ¿se trata de un fenómeno periódico? o por el contrario, ¿de una consecuencia por el aumento del «efecto invernadero»?<sup>22</sup>.

3.º La comparación de los niveles máximos y mínimos durante los mismos meses detectados en La Coruña y en Brest, así como la magnitud de las amplitudes respectivas, muestran una analogía muy significativa (gráficos 2 y 3).

4.º La discrepancia entre los datos suministrados por diferentes métodos de estimación en la predicción de las carreras de las mareas, ratifican como más próximos a los valores reales los procedentes de las evaluaciones basadas en la metodología utilizada en La Coruña.

De los estudios realizados en Santander para el período 1.972-1.989 se obtuvieron resultados paralelos a los de La Coruña y en armonización con las de otros Estados:

1.º El «nivel medio» del mar Cantábrico en Santander se sitúa en 81,9 cms., por encima del correspondiente al mar Mediterráneo en Alicante y en 1,97 cms., por debajo del analizado en La Coruña.

2.º La subida del «nivel del mar» registrada en el período estudiado alcanza los 4,5 mm./año, que equivale a 7,6 cms. en 17 años<sup>23</sup>.

3.º En los puertos del Atlántico Norte Oriental, el valor máximo mensual se desplaza de agosto a diciembre, según latitud. En Santander se ha comprobado el deslizamiento al mes de octubre, hallándose muy dispersos los valores mínimos<sup>24</sup>.

(22) Gómez Gallego, J. (1991): *Cambios seculares del nivel medio del mar y predicciones de mareas por el Período Caldeo en el Puerto de La Coruña*, I.E.O.

(23) Este ritmo de subida se enmarca dentro de los incrementos estimados por el IPCC; dado que pueden superar el medio metro hacia el año 2.050 y un metro en cien años, de persistir las condiciones recogidas en el escenario barajado por el IPCC.

(24) Gómez Gallego, J. (1994): «Estudio de las variaciones del nivel del mar: anuales, estacionales y mensuales en el Puerto de Santander», *IV Coloquio Internacional de Oceanografía del Golfo de Vizcaya*, Santander.



En cuanto a la evolución de las temperaturas, durante el período 1.866-1.985, destaca el notable descenso a partir de 1.880 para alcanzar un marcado mínimo absoluto en el lustro 1886-90, al que sucede un rápido aumento. En el período 1.896-1900 se eleva a su máximo secundario, igualado entre 1.926 y 1.930 y superado en el absoluto de 1.946 a 1.950. A partir de 1.975, la recuperación térmica ha sido notable<sup>25</sup>.

Por lo que se refiere a la evolución de las precipitaciones medias en la España peninsular, registradas en los últimos 40 años y correspondientes al período 1950-1991 (ver gráfico 4), permite, al menos, destacar:

1.º La sensible caída de la lluvia media anual desde el primer quinquenio de la década de los sesenta, confirmándose los mínimos en el bienio 1990-91.

2.º Los menores valores medios anuales se han contabilizado en los últimos once años. Se sitúan por debajo de los 500 mm./a., en ocho años y con unos niveles bajos no contabilizados en ningún ejercicio precedente.

Ampliando el período y observando el discurrir entre 1.876 y 1.985, sobresale que el *índice peninsular* ha presentado variaciones menos acusadas que en la España «Húmeda» y «Parda». La situación refleja una cierta compensación pluviométrica interzonal.

Relacionando las variaciones de los índices termométricos y pluviométricos, cabe señalar que las etapas correspondientes a finales del siglo pasado y al primer cuarto del siglo XX, reflejan unas características del posible «cambio climático» en paralelo con las manifestaciones registradas en la Europa transpirenáica y que, conjuntamente con la «crisis climática» de mediados de este siglo, podrían marcar el inicio o la continuación de una «fase de transición», bien hacia un nuevo episodio dentro del período subatlántico, o quizás incluso, hacia un nuevo período climático<sup>26</sup>.

## 5.2. Sintomatología estructural de carácter econo-climático

Como se ha subrayado anteriormente, el nivel de partida, en orden al conocimiento fiable de nuestra situación econo-climática, constituye una referencia insatisfactoria, por cuanto el simple análisis de las estructuras científicas de tipo endógeno confirma la complicada asunción de una base sólida para poder determinar siquiera estimaciones comparables con otras evaluaciones realizadas en países de la UE o en Estados Unidos.

En el orden específicamente económico, y con referencia expresa a nuestro entorno más directo, parece insoslayable, junto a la evaluación de las posibles implicaciones en la necesidad de inversiones en «infraestructuras de choque», la combinación analítica de las repercusiones en diferentes producciones agrarias (en estos momentos, en algunas de carácter excedentario) con

(25) Los datos anteriores a 1.860 no son homogéneos ni continuos y por tanto, carecen de fiabilidad.

(26) Font Tullot, J. (1988): *Historia del clima de España. Cambios climáticos y sus causas*, págs.: 135-137, Int.º Nal. Meteorología.

el previsible desplazamiento productivo por inducción climática (deslizamientos en la producción cerealista, probable implantación creciente de girasol, etc.).

La recientemente creada Comisión Nacional del Clima no ha sido ajena a los obstáculos inherentes a la propia complejidad y dilatada distribución de competencias medioambientales; las carencias de investigación comparada a causa de la ausencia de iniciativas y de lagunas en la fiabilidad y profundización de las técnicas de aplicación y a las dificultades para el cumplimiento de los compromisos internacionales.

Pese a que la lentitud del proceso de cambio puede constituir una tendencia generalizable, las esporádicas y puntuales manifestaciones de ciertos siniestros aparecen, en ocasiones, a través de fenómenos de carácter «natural» cuyas consecuencias económicas permiten una evaluación orientada a previsiones y a la cobertura de los costes reales generados. De ahí, la importancia de la elaboración de estrategias dirigidas a reducir pérdidas mediante planificaciones orientadas a la prevención, mitigación o corrección. Las conclusiones del primer estudio realizado en España, en esa dirección a través de las técnicas de «coste-beneficio», enfatizaban, admitidas las limitaciones de los aún escasos datos de base, que, de aplicarse medidas específicas, durante un período de 30 años: las «pérdidas económicas» por riesgos geológicos podrían reducirse en torno a un 60%. Un reajuste y revisión de los datos utilizados, y dentro del margen de una hipótesis de «riesgo medio», llevaría a unos niveles del orden del 36% en el «coste medio», derivado de la aplicación de medidas de mitigación, respecto al «volumen total de pérdidas estimadas» sin la utilización de estrategias de «choque» (cuadro 2). Este tipo de «riesgos» podría incidir entre un 0,5 y un 1,1% en el P.I.B. Tanto para una hipótesis de «riesgo máximo» como para una referencia de tipo «medio», las inundaciones ocuparían el primer lugar de los «costes económicos» generados por «pérdidas inducidas» con una oscilación entre el 35 y 57% de las pérdidas totales previsibles<sup>27</sup>.

La consideración de este tipo de análisis permitiría iniciar una estrategia de choque ante la previsión de refuerzos antropogénicos en la siniestralidad inducida.

Sin bases sólidas para atribuir las «pérdidas económicas» a fenómenos de alteración antropogénica de carácter climático, las estimaciones relativas a los últimos años y derivadas de la siniestralidad geometeorológica indican claras repercusiones en la rentabilidad de los procesos productivos (cuadro 4).

No obstante, incluso en el ámbito relacionado con la evaluación de «pérdidas» por daños, algunas cuantificaciones globales deben admitirse con ciertas reservas por cuanto pueden ir sesgadamente descompensadas al introducir valoraciones parciales y aisladas de un proceso. Éste es el caso, por ejemplo, en estimaciones centradas solamente en monetarizaciones de pérdidas agrícolas realizadas en el curso de temporadas de sequía y al no contabilizar las elevaciones finales en los niveles de precios por contracciones en la oferta

---

(27) Int.º Tecnol. y Geominero de España (1988): «Impacto económico y social de los riesgos geológicos en España»; págs.: 14-63.

o al proceder a globalizaciones por incorporación de las repercusiones en áreas de restricción por regadíos y supuestas incidencias lineales en producciones de secano con perspectivas reales diferentes en los resultados finales de producción.

La evolución del recurso a la cobertura de riesgos y las correspondientes compensaciones en los diferentes tipos de siniestros, demandará, ineludiblemente y a medio plazo, una exigencia en la atención a las investigaciones transectoriales de carácter climático. Como puede apreciarse en el cuadro 4, el marco de seguros destinado a coberturas por siniestros de inundaciones y tempestades climáticas atípicas, refleja un salto cualitativo desde el inicio de la década de los años ochenta.

Por otra parte, las evaluaciones realizadas por el ICONA, sobre las «pérdidas anuales directas en madera» a causa de los incendios forestales, oscilan entre el 1,5 y el 2,5% de la producción del conjunto de montes en toda España. Contrastando las pérdidas en «productos primarios» con las derivadas de «beneficios ambientales» (coste de reposición del efecto protector de la vegetación forestal, arbórea y arbustiva en el suelo para mantener constante la capacidad de retención de agua) se aprecia un claro distanciamiento al alza de estos últimos. Observando las «pérdidas en productos», las oscilaciones detectadas en la década de los años ochenta se han disparado del 5% de la renta forestal en 1988 al 24% en los siguientes ejercicios (1989 y 1990). Esta elevada participación adquiere una particular gravedad al considerar el carácter deficitario de España en productos forestales<sup>28</sup>.

Estas muestras refuerzan la necesidad de un planteamiento general y de acuerdo con las tendencias estimadas desde los análisis centrados en las posibles mutaciones inducidas a escala climática y de repercusión económico-social. En concordancia con las modelizaciones utilizadas hasta ahora por otros países y pese a que ofrecen mayor grado de confianza a nivel global, las circunstancias (geomorfológicas, asentamientos urbanos, especialización en cultivos, degradaciones ambientales...) advertidas en el espacio socioeconómico español, deslizan incidencias en traslaciones de las áreas de producción agrícola (geográfica y de productos) e incorporan, entre otros, costes infraestructurales adicionales. Así, en el Sector Primario y, particularmente, en la región mediterránea, las previsiones estimadas hasta ahora apuntan hacia disminuciones sustanciales del potencial productivo debidas a las pérdidas de humedad edáfica y al aumento de la insolación. De ahí que los diferenciales en biomasa respecto a la Europa septentrional corroboren desplazamientos hacia el norte y la alteración de la configuración productiva actual. La repercusión de los propios rendimientos y la modificación del potencial biótico generaría mutaciones en la renta agrícola, el empleo rural y, en consecuencia, en la balanza comercial agrícola. En síntesis, la producción cerealista se vería claramente afectada, así como las adaptaciones de los períodos de rotación forestal y los ritmos de productividad de diferentes especies. Un aumento del

---

(28) Comisión de Agricultura y Pesca del Senado (1993): «Informe de la Ponencia sobre incendios forestales», págs.: 17-19.

orden de dos grados de la temperatura de las aguas litorales supondrá el umbral límite para ciertas especies y la necesidad de imponer un reajuste en las capturas y en el ejercicio de la comercialización correspondiente.

Los recursos hídricos para los asentamientos en áreas de la costa levantina y en ciudades como Madrid o Bilbao, aunque dependen con mayor intensidad de la propia evolución de la población y de los procesos industriales y usos del suelo, aportan una dificultad añadida. La confirmación de la combinación de períodos de sequía con avenidas y lluvias torrenciales, impone, entre otras medidas, una revisión de las técnicas actuales de estimación, prevención, previsión y gestión<sup>29</sup>. Además, la disminución de ciertas recargas naturales puede arrastrar el aumento de sobreexplotaciones zonales, que para las aguas subterráneas, en ocasiones, ofrecerían manifestaciones de carácter irreversible.

Las subidas del nivel del mar trasladan evidentes impactos de diferente entidad. Por un lado, de orden estrictamente operativo, al incidir en la funcionalidad portuaria y de seguridad para las propias estructuras de los puertos y de repercusión en la navegación. Una modificación de la distribución direccional del oleaje sería grave, especialmente en playas largas y de encaje, como Palma de Mallorca o San Juan (Alicante). Por el contrario, en los demás supuestos, la modificación del volumen de sedimentos provocaría en bastantes supuestos incrementos generalizados de la erosión.

El replanteamiento de los sistemas de bombeo, la salinización de acuíferos y las consecuencias en las ubicaciones actuales de las viviendas y de las infraestructuras viarias, implicarán revisiones en las programaciones de inversiones públicas y una perentoria necesidad del cumplimiento de la legislación de costas. Dada la estructura turística implantada en función de una explotación exhaustiva de «recursos no renovables», el impacto afectaría a la totalidad de las playas y, por consiguiente, de claras connotaciones en el sector. Las urgencias derivadas de presiones indirectas se verían reforzadas por la vulnerabilidad en la cuenca mediterránea a las inundaciones costeras<sup>30</sup>.

Asumidas las «favorables» repercusiones y las consecuencias negativas del marco estructural del sistema económico actual, hasta ahora en España no se ha realizado ninguna evaluación económica de costes ni se han arbitrado iniciativas ni medidas específicas al amparo del «principio de condicionalidad», que, por otra parte, ha estado presidiendo las últimas decisiones, a escala comunitaria, en la adopción de estrategias para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub><sup>31</sup>.

### 5.3. Estrategias económicas de respuesta e interacciones inducidas

Si importantes aparecen las estrategias de adaptación, no lo son menos las medidas de *mitigación*. De ahí, el preponderante papel de las políticas ener-

(29) S.º Estado de Medio Ambiente y Vivienda (1994): «Informe de España a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático»; págs.: 45-47.

(30) S.º Estado de Medio Ambiente y Vivienda, *op. cit.*, pág.: 50.

(31) Véase, por ejemplo, la Propuesta de Directiva por la que se crea un impuesto sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> y la energía (COM (92) 226 final).



géticas orientadas al ahorro y la diversificación, fundamentalmente<sup>32</sup>. La reducción de la «intensidad energética» y el aumento de la eficiencia y la sustitución de combustibles fósiles, generadores de CO<sub>2</sub>, por energías renovables, especialmente en sectores y zonas endógenamente implantables, constituyen objetivos que, con independencia de la fiabilidad o la probabilidad de un calentamiento global antropogénico, deberían configurar la base de la interconexión económico-energética-ambiental de toda política centrada en la inducción y canalización de la demanda energética a medio y largo plazo.

En España, dadas las elevadas carencias e incertidumbres derivadas del contexto empírico disponible a nivel de investigación de base, vinculada al cambio climático de origen antrópico, y teniendo en cuenta la importante aportación de los sectores asociados a la producción y el consumo energéticos en emisiones generadoras del «efecto invernadero» (especialmente, dióxido de carbono y derivados del nitrógeno), parece imprescindible la actuación directa a escala energética, incluso, al amparo de factores específicamente económicos e interactivos y al margen de la propia evolución sobre la constatación empírica del cambio climático inducido. Se trata, obviamente, desde la diversificación de la oferta y el consumo energéticos, de la alteración del marco estructural actual respecto a las fuentes energéticas (particularmente, reducción del peso relativo de los combustibles fósiles) y de fomentar e incrementar el ahorro en el consumo energético, sin abandonar la extrapolación por la posible mayor incidencia negativa —de acuerdo con las previsiones en curso— en la producción agrícola de cerca del 80% del territorio español.

Por consiguiente, urge la necesidad de buscar un engarce entre las diferentes «áreas de actuación», así como entre objetivos, líneas de actuación e instrumentaciones, con objeto de superar las sistemáticas exposiciones de «intenciones» sin compromisos en la aplicación concreta de *medidas*.

En base a las trascendentales interacciones econo-climáticas registradas en los sectores industrial y energético, resulta fuera de contexto que en las presumibles revisiones del PEN no se incorpore en igual plano decisorio la *perspectiva ambiental* y que su elaboración corresponda a enfoques *unilaterales* y en función de la rígida óptica convencional respecto al binomio *desarrollo —consumo energético*. En estos momentos, el carácter *transectorial* y la coordinación y corresponsabilidad *transdepartamentales* deberían presidir todas las planificaciones y programaciones de incidencia energética. La sistematización y la metodología llevadas a cabo desde las previsiones energéticas del PEN, así como la *subsufragánea* consideración del enfoque medioambiental, han sido esclarecedoras: la caída en el proceso tendencial de las emisiones de CO<sub>2</sub> *solamente* ha obedecido a reajustes inducidos por criterios político-económicos de sustitución (gas natural, preferentemente) y a elementos asociados al crecimiento del PIB. Es más, la probable y próxima revisión del PEN evidencia la desconexión con otras perspectivas y la previsible caída del rit-

---

(32) Las dificultades del IDAE en desarrollar la implantación de energías renovables en las Administraciones Públicas y, con carácter general, el ahorro energético, apenas exigen comentario adicional.

mo de incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub> en función *únicamente* de la modificación a la baja en el escenario de evolución prevista del PIB para los próximos años.

Paralelamente, se necesitan explicitaciones de instrumentaciones, tendentes al fomento de nuevas técnicas de generación y consumo de electricidad, al apoyo de la mejora de la gestión y mantenimiento de las instalaciones energéticas y a la gestión integrada de la demanda energética.

Resulta insostenible la persistente pasividad respecto al papel de las Administraciones Públicas para el desarrollo y aplicación de estrategias específicas dirigidas al ahorro y diversificación en el consumo público de energía.

Habida cuenta de la constatación de la subida del nivel del mar, en cuanto a puertos y costas, se deben arbitrar medidas que logren el imprescindible modelo de *gestión integral del litoral*, complementado con la incorporación de factores de evolución climática; y definir prioridades.

Por otro lado, la necesaria priorización de inversiones públicas en transportes públicos requiere, igualmente, en coherencia con lo apuntado hasta aquí insistentemente, la implementación de estrategias transdepartamentales e intercompetenciales en el Sector Público.

El establecimiento de un sistema de vigilancia epidemiológica ambiental en las áreas vulnerables al cambio climático, reclama previamente la determinación de éstas y, en cualquier caso, el acompañamiento de medidas específicas de mitigación.

En concordancia con las recientes evaluaciones realizadas<sup>33</sup>, con la agudización de la desigual distribución del agua en España, con la constatación empírica en la irregularidad de las precipitaciones y ante la propia incertidumbre sobre la variabilidad natural del clima; en España se precisa de una «política» que, junto a las anteriores consideraciones, asuma la necesidad de potenciar estímulos al ahorro y al aprovechamiento de las aguas residuales, tratadas en cumplimiento de la Directiva 91/271/CCE, para la utilización de demandas dirigidas a usos diversos y distintos al consumo directo de la población. En este sentido, deberían ser prioritarias las actuaciones en orden a la utilización para regadíos de los efluentes tratados de acuerdo con la Directiva mencionada, frente a alternativas —a discutir posteriormente— de diversa tipología (desalinización, trasvases...). Además, el precio del agua requiere una aproximación a la realidad de costes y un reajuste profundo dentro de los próximos diez años. Asimismo, el actual destino final del agua (el 80% de la demanda total y el 90% del consumo real va para regadíos) canalizada a regadíos se dirige precisamente hacia productos excedentarios y susceptibles de impactos económicos desfavorables, según las previsiones de cambio climático más actualizadas<sup>34</sup>. Toda revisión dirigida hacia la moderniza-

---

(33) David J. Carson (1995): «Critical Levels of Climate Change for Global and Regional Food Supply», *Seminar on National Policies to Prevent Climate Change Impacts*, I.N.M. Madrid.

(34) David J. Carson, *po. cit.*

ción del sistema actual de regadíos, exige partir previamente del análisis de viabilidad de producciones en el marco de las exigencias tendenciales de la PAC y desde las posibilidades de eficiencia y ahorro en el consumo del agua y de las diversificaciones en las alternativas abastecedoras, subsanándose las carencias de información básica sobre la utilización real y potencial de aguas subterráneas. La calidad de estas aguas reclama una política orientada expresamente al control de ciertas prácticas agrarias, degradantes de las reservas que, ante una confirmación de la dinámica evolutiva de tipo climático, reduciría adicionalmente los márgenes de aprovechamiento de los acuíferos a medio plazo<sup>35</sup>.

Todavía carecemos de cálculos homogéneos y asumibles de las propias emisiones de CO<sub>2</sub>. La discordancia sigue siendo notoria por lo que, paralelamente a la modificación en la elaboración y discusión de la política energética, la inventarización de los gases de efecto invernadero (no sólo de CO<sub>2</sub>), en armonización con las directrices del IPCC, destaca como elemento prioritario para conocer siquiera las bases en las que se asienta nuestro punto de partida. Esta inventarización no debería extenderse sólo al Sector Energético sino que requiere además incorporar evaluaciones desde diferentes procesos industriales y agrícolas, así como, a partir de la utilización de disolventes, la generación de residuos y los efectos causados en función de los cambios del uso de la tierra y de las prácticas silvícolas<sup>36</sup>.

Parece, por tanto, indispensable, asumida la falta de solidez de los parámetros básicos y de las variables utilizadas actualmente y para la explicación inequívoca del posible cambio climático, intensificar la investigación, en función de la sintomatología concurrente, y proceder a una revisión de determinadas políticas productivas y de demanda (agrícolas, energéticas y de transportes, fundamentalmente), carentes de coherencia econo-ambiental, y de futuro, por su actual presión despilfarradora de recursos limitados y/o excedentaria, desde la órbita oferente. De ahí, su dudosa rentabilidad económica, agravable a largo plazo de confirmarse la constatación de los datos predictivos en circulación.

A pesar de las elevadas contradicciones e incumplimientos comunitarios al respecto y en línea con las Conclusiones del Consejo de la UE<sup>37</sup> emitidas para preparar la I Conferencia de Berlín de las Partes del Convenio Marco sobre el Cambio Climático y con la reciente Estrategia propuesta a escala comunitaria para hacer frente al Cambio Climático<sup>38</sup>, parece elemental el apro-

(35) El descontrol en el uso de abonos, pesticidas, fertilizantes, fungicidas, herbicidas..., está provocando serios problemas en la calidad de los acuíferos, particularmente en áreas de La Mancha, Levante y Sureste Peninsular.

(36) Los reajustes en la metodología CORINAIR imponen la inclusión de evaluaciones de emisiones territorializadas procedentes de la aviación y del tráfico marítimo, así como una revisión en profundidad de las estimaciones sobre emisiones no antropogénicas (ecosistémicas, volcánicas, etc.) y de los *balances netos* de carácter biocenoético.

(37) Días 15 y 16 de diciembre de 1994.

(38) Sec (95) 288 final.

vechamiento de las sinergias entre la protección del medio ambiente y los aspectos económicos vinculables a la calidad atmosférica y, en general, de vida; de tal manera que, como se ha apuntado, se establezca una interconexión *coherente* entre las diferentes políticas sectoriales e instrumentales (especialmente, entre las: energéticas, hidráulicas, de transportes, fiscales, de I+D, agrícolas, vivienda, «renovación urbana» y de empleo). Finalmente, a fin de desterrar las sistemáticas omisiones sobre la determinación de los *efectos inducidos y previstos* al formular y desarrollar acciones dirigidas expresamente hacia mejoras en la eficiencia y el ahorro energético y la reducción de las emisiones causantes del «efecto invernadero», particularmente, CO<sub>2</sub> —conforme se ha denunciado en el seno del Comité Intergubernamental de Negociación de una Convención Marco sobre el Cambio Climático<sup>39</sup>— la elaboración de planes específicos, fijando objetivos cuantificados e introduciendo medidas de incentivación activa, debería formar parte de los requisitos exigibles para la ejecución y el cumplimiento real de los compromisos asumidos internacionalmente<sup>40</sup>.

## 6. APÉNDICE

---

(39) Naciones Unidas: «Primer Examen de la Información Comunicada por las Partes que figuran en el Anexo I de la Convención Marco sobre Cambio Climático» (Informe de la Secretaría Provisional); págs.: 36-37; A/AC237/81, 7 de diciembre de 1994.

(40) Sierra Ludwig, V. (1995): «Una historia de acuerdos e incumplimientos»; *ecosistemas*, n.º 12-13; págs.: 39-43.



## Anexo IMPACTOS POTENCIALES\*

Sectores	Tipos de efectos	Ajustes posibles
AGRICULTURA Y USOS DE LA TIERRA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento de la fotosíntesis y pérdida de hidratos de carbono: diferencias en la capacidad de respuesta (entre 30-100%).</li> <li>- Acumulación de materia seca (incremento entre 10-50%).</li> <li>- Diferente «productividad»:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• En plantas C<sub>3</sub> (trigo, arroz, cebada, raíces comestibles, legumbres): posibilidad de incremento de trigo (35%).</li> <li>• En plantas C<sub>4</sub> (maíz, sorgo, mijo, caña de azúcar): en consecuencia, sustitución de cultivos C<sub>4</sub> por C<sub>3</sub> y en países tercermundistas.</li> <li>• En especies de metabolismo de ácido crasuláceo (MAC), respuesta baja o nula (piña y henequén). Caída competitiva frente a C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub>.</li> </ul> </li> <li>- Disminución de nitrógeno en hojas, tallos y frutos (roble, soja, trigo, lechuga, pepino): reducción de valor proteínico y nutritivo.</li> <li>- Reducción en los procesos de descomposición de suelos y de las necesidades de agua.</li> <li>- Agroclima: desplazamiento a los polos de los límites térmicos y de humedad de la agricultura (Principales áreas afectadas: regiones tropicales y norte de la India).</li> <li>- Ampliación del alcance geográfico de plagas y enfermedades y reducción de la invernação.</li> <li>- Alteraciones en los procesos de irrigación (diferentes consecuencias, según zonas) y en la fertilidad de suelos.</li> <li>- Cambios en el nivel del mar: inundaciones, salinidad, desaparición de reservorios y reubicación de tierras de cultivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Cambios en el uso de las tierras:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas cultivadas</li> <li>a) Altitud y latitud alta: aumento de extensión en Rusia y Norte de Europa, Canadá y Alaska.</li> <li>b) Mediterráneo oriental y sudeste de USA: descenso.</li> </ul> </li> <li>• Tipos de cultivos: aumentos de producción por incremento de estación vegetativa (USA, R. Unido, Japón, Nueva Zelanda). Cambios de variedades de cereales según latitudes.</li> <li>• Ubicación de cultivos: ampliación en zonas norte (trigo de invierno y maíz de ensilar) y reducción de cebada y avena en zonas templadas. Desplazamiento general hacia los polos.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>2. Cambios de gestión:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Irrigación: incrementos de las necesidades en zonas afectadas por sequía (Sur de USA, Europa).</li> <li>• Uso de fertilizantes: aumento en zonas de mayor lavado de suelo por incremento de las precipitaciones (Nueva Zelanda) y menor necesidad en zonas como Islandia.</li> <li>• Control de plagas y enfermedades (Ej.: subtropicales).</li> <li>• Drenaje del suelo y control de la erosión: círculo vicioso (clima más cálido frente aumento de salinidad y erosión).</li> <li>• Infraestructuras: los desplazamientos en las formas de cultivos supondrán cambios en equipos y servicios.</li> <li>• Infraestructuras: los desplazamientos en las formas de cultivos supondrán cambios en equipos y servicios.</li> <li>• Cultivos y cría de ganado: cambios en prácticas, labores, etc.</li> </ul> </li> <li>3. Cambios en políticas de apoyo.</li> </ul>

(\*) Ante un aumento de CO<sub>2</sub> y de otros gases de «efecto invernadero».

## IMPACTOS POTENCIALES (Continuación)

Sectores	Tipos de efectos	Ajustes posibles
SILVICULTURA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afectará desigualmente en los «bosques gestionados».</li> <li>• Las respuestas biofísicas dependen de muchos factores.</li> <li>• Aumento de la susceptibilidad a infestaciones de insectos y enfermedades con mayor incidencia en monocultivos.</li> <li>• Aumento de la siniestrabilidad de incendios.</li> <li>• Mayor evapotranspiración.</li> <li>• Desplazamiento de los bosques boreales al norte.</li> <li>• Descenso de zonas subtropicales y aumento de las áreas tropicales lluviosas, húmedas y secas.</li> <li>• Posible desfase entre el cambio climático y el ritmo de adaptación de las especies.</li> <li>• El grado de sensibilidad dependerá de las características de:             <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Los regímenes térmicos.</li> <li>b) Precipitaciones.</li> <li>c) Los suelos forestales.</li> <li>d) Estado de los bosques.</li> </ul> </li> <li>• Áreas más afectadas:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• bosques boreales y</li> <li>• bosques de zonas áridas y semiáridas.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inversiones suplementarias para elevar el nivel de protección.</li> <li>• Dispersión de especies.</li> <li>• Por cada calentamiento de 1°, las zonas de distribución arbórea podrán desplazarse 100 Km. hacia el norte.</li> <li>• Potenciar: silvicultura de rotación corta.</li> <li>• Combinación de ganadería y silvicultura diversificada (combustible, sombra, refugio, forraje, cercados...).</li> <li>• Análisis del comportamiento de los «bosques urbanos» y extensión en áreas urbanas de ciertas especies (Acer y Platanus).</li> </ul>
ECOSISTEMAS TERRESTRES NATURALES FLORA Y FAUNA	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cambios en los límites de las zonas de vegetación.</li> <li>-Cambios en los ecosistemas y pérdida de diversidad biológica.</li> <li>-Consecuencias socioeconómicas.</li> <li>-Síntesis general ante cambios en la temperatura (sin cambiar en las precipitaciones o el CO<sub>2</sub>):             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución global de bosques en un 6%.</li> <li>• Aumento de pastos en un 25% y de los desiertos en un 7%.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- De difícil predicción ecosistémica.</li> <li>- Necesidad de intervención antropogénica y directa para reducir las concentraciones de CO<sub>2</sub> y demás gases de «efecto invernadero».</li> </ul>

## IMPACTOS POTENCIALES (Continuación)

Sectores	Tipos de efectos	Ajustes posibles
<p>ECOSISTEMAS TERRESTRES NATURALES, FLORA Y FAUNA</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los mayores cambios se producirán en las latitudes polares, con un descenso del 37% en los bosques boreales y del 32% en la tundra;</li> <li>• las zonas forestales boreales se desplazarán hacia el polo y sustituirán aproximadamente un 42% de la tundra, que se desplazará también hacia el polo;</li> <li>• parte de las anteriores zonas forestales boreales serán reemplazadas por otros tipos de bosques (p. ej.: bosque templado frío o húmedo boreal) o por formaciones arbustivas (p. ej.: estepa templada fría).</li> <li>• En las regiones templadas, los tipos de bosques evolucionarán desde variedades más húmedas a más secas; y</li> <li>• en los trópicos, las áreas de bosques subtropicales disminuirán en un 22%, mientras que las áreas desérticas y de matorral espinoso subtropicales aumentarán en un 26 y un 37%, respectivamente, y las zonas de bosques tropicales se incrementarán en un 28%.</li> </ul> <p>— Cambios ante duplicación de CO<sub>2</sub>, detectándose, en los modelos utilizados, modificaciones en las pautas de distribución de la vegetación; en síntesis:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se apreciarán pérdidas mayores en las «latitudes altas», donde la superficie clasificada como desiertos polares, tundra y bosques boreales disminuiría aproximadamente en 7 millones de kilómetros cuadrados (20%);</li> <li>• los mayores incrementos: en las sabanas cálidas, fundamentalmente a expensas de pérdidas en los bosques tropicales, en los desiertos cálidos y en la pluviselva tropical;</li> <li>• de los 57 millones de kilómetros cuadrados clasificados como «zonas forestales cerradas» según el clima actual, se prevé que el 35% estará situado en regiones en las que se habrán convertido en «inapropiados»; y</li> <li>• las pérdidas en «áreas proclives a bosques cerrados» se equilibrarían con nuevas zonas capaces de albergar «bosques cerrados».</li> </ul>	

**IMPACTOS POTENCIALES (continuación)**

Sectores	Tipos de efectos	Ajustes posibles
<p><b>HIDROLOGÍA Y RECURSOS HÍDRICOS</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alteraciones en los recursos hídricos en su actual distribución espacial y temporal.</li> <li>- Transformaciones en el ciclo hidrológico de las masas de agua y de su calidad.</li> <li>- Modificaciones en el abastecimiento y demanda, según regiones.</li> <li>- Cambios en la humedad del suelo y de los recursos hídricos como consecuencia de las precipitaciones.</li> <li>• El ascenso de temperaturas en «áreas de transición» provocará: aumento de precipitaciones en invierno en forma de lluvia (menos nieve), aumentará la escorrentía estacional de invierno y disminuirán los flujos de deshielo.</li> <li>• Alteración de las actuales demandas de recursos hídricos.</li> <li>• Modificación sustancial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de crecidas.</li> <li>• Habilitación de medios infraestructurales para contención y almacenamiento.</li> <li>• Ahorro y subida de precios del agua.</li> <li>• Revisión de las políticas de regadíos.</li> </ul>
<p><b>SECTOR ENERGÉTICO</b></p>	<p>a) Países industrializados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Intensificación potencial del efecto de isla térmica urbana.</li> <li>- Impactos en la oferta y consumo energéticos:</li> <li>• Variaciones de precios y de usos (aumento para aire acondicionado, calenta en calefacción).</li> <li>• Incremento de la demanda de electricidad en países desarrollados entre un 5 y un 10% respecto al proceso tendencial en USA y Japón. Caída del 10% en Alemania.</li> <li>• Elevada variación regional y dependencia del nivel de perfeccionamiento de las construcciones.</li> <li>• Posibles incrementos de inversiones y costes de explotación de las empresas eléctricas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intensificación de la investigación al depender las estrategias de: velocidades y pautas de cambio y de la evolución tecnológica.</li> <li>- Intensificar la investigación y aplicación de energías alternativas (biomasa, eólica, solar...).</li> <li>- Profundizar en el estudio de impactos indirectos potenciales sobre las pautas de utilización de la energía.</li> <li>- Analizar el ciclo de la energía en toda su extensión y fases (prospección, consumo, residuos...).</li> </ul>



## IMPACTOS POTENCIALES (Continuación)

Sectores	Tipos de efectos	Ajustes posibles
	<p>b) Países en vías de desarrollo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Posible incremento global de consumo eléctrico en estos países en torno al 50% en 30 años.</li> <li>• Incertidumbres sobre la evolución en función del determinante climático.</li> </ul> <p>c) Disponibilidad de energía hidroeléctrica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducirse en países altamente dependientes.</li> <li>• Afectar indirectamente a los costes y precios de industrias manufactureras.</li> </ul> <p>— La determinación de sensibilidades dependerá, entre otros factores, de las velocidades de cambio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Revisión de las políticas energéticas.</li> <li>— Superación del «mimetismo» respecto a los «países desarrollados», particularmente en consumo (pautas) y fuentes energéticas.</li> </ul>
<b>SECTOR ENERGÉTICO</b>	<p>— El aumento de las temperaturas y deshielo provocará:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteraciones infraestructurales por modificaciones de los caudales de los ríos y el nivel del mar en los puertos.</li> <li>• Afectara a rutas aéreas, fluviales y marítimas.</li> </ul> <p>— Transporte aéreo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de los problemas de hielo y nieve.</li> <li>• Problemas en los despegues en regiones cálidas.</li> <li>• Si se producen cambios en los vientos dominantes: modificaciones en base a medidas de seguridad y eficacia, tanto en las orientaciones de las pistas como por el impacto de ruidos.</li> <li>• En aeropuertos cerca del mar: vulnerabilidad ante el ascenso del nivel.</li> </ul> <p>— Transporte fluvial y marítimo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificaciones irregulares de los niveles de vías navegables.</li> <li>• La ausencia de hielos en ciertas áreas facilitaría la seguridad en la navegación.</li> <li>• Pérdidas por deterioro y necesidad de restauración y/o modificación en: frentes marítimos, edificios, rompeolas, puentes y calzadas, carreteras y ferrocarriles, atracaderos...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Modificación de la política de transportes: reducción del uso del automóvil.</li> <li>— Normas más estrictas para ahorro de combustible.</li> <li>— Imposición sobre emisión de carbono.</li> <li>— Política de eficiencia y cambio de combustibles.</li> <li>— Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>.</li> <li>— Potenciar las investigaciones sobre incidencias de efectos y estrategias de respuesta.</li> <li>— Apoyo específico a investigaciones relativas a:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implicaciones de los cambios en los esquemas de temporales tropicales, la extensión de hielo marino y el movimiento de icebergs sobre el transporte marítimo.</li> <li>• Impactos probables en la legislación de cada gobierno destinada a limitar las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de la automoción, comprendiendo la mejora de la eficiencia de los servicios de transporte, la probabilidad de conseguir la sustitución de unos tipos de combustibles por otros, un mayor uso del transporte público o un cambio hacia otros medios de transporte;</li> </ul> </li> </ul>
<b>SECTOR TRANSPORTES</b>		

## IMPACTOS POTENCIALES (continuación)

Sectores	Tipos de efectos	Ajustes posibles
SECTOR TRANSPORTES	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carreteras y vías de ferrocarril:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inversiones elevadas en infraestructuras: puentes, calzadas, carreteras y ferrocarril;</li> <li>• Descenso de nieve: reducción de costes de mantenimiento.</li> <li>• Provocación del «stress térmico» en vías férreas.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios en los niveles de agua de las vías navegables interiores y efectos potenciales sobre el transporte fluvial;</li> <li>• Impactos probables del calentamiento climático y el ascenso en el nivel del mar sobre la infraestructura de transporte en las zonas tropicales;</li> <li>• Impactos probables sobre el transporte y las carreteras del deshielo del «permafrost» ocasionado por el calentamiento, en el Ártico y otras regiones frías;</li> <li>• Impacto de la probable emigración de población, inducida por el clima, en las pautas del tráfico y el transporte;</li> <li>• Modelos de transporte, que contemplen la proyección futura de los cambios probables entre el uso de los medios de transporte como consecuencia del cambio climático.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sectores sensibles a la modificación del volumen de ventas: agricultura, transportes y comunicaciones, construcción, energía, bienes de consumo, ventas al por menor, servicios, transformación de minerales y metales y servicios profesionales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensificación en la investigación de repercusiones en países en vías de desarrollo.</li> <li>• Adopción de medidas de planificación e inversión.</li> </ul>
SECTOR INDUSTRIAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necesidad de aumento en la eficiencia del consumo energético:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manufacturas, cementos.</li> </ul> </li> <li>- Modificaciones en la estructura de la demanda energética y de determinados alimentos.</li> <li>- Alteraciones en la industria textil: mayor demanda de productos de algodón y reducción de lana.</li> <li>- Aumento del sector dedicado a acondicionadores de aire.</li> <li>- Limitaciones, según regiones, en la construcción.</li> </ul>	

## IMPACTOS POTENCIALES (conclusión)

Sectores	Tipos de efectos	Ajustes posibles
<b>SECTOR INDUSTRIAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modificación del sistema de seguros por siniestrabilidad natural inducida y de la vulnerabilidad de sectores como la pesca de bajura y prospecciones petrolíferas y de gas en la mar.</li> <li>- Turismo y ocio: problemas para esquí y expectativas favorables en áreas acuáticas de climas cálidos.</li> <li>- Sector vinícola: mayor gradación en zonas templadas y desaparición de viñedos en climas fríos.</li> <li>- Irregular impacto en industrias transformadoras de alimentación.</li> <li>- Cambios en pautas de ocio y viaje.</li> </ul>	
<b>SALUD HUMANA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inducción de determinadas enfermedades (gráfico 5).</li> <li>- Variaciones de morbilidad y mortalidad.</li> <li>- Modificación de la estacionalidad en la mortalidad e incrementos por olas de calor.</li> <li>- Enfermedades respiratorias por aceleración de velocidades de reacción fotoquímica entre contaminantes químicos y el incremento de la concentración de ozono en zonas urbanas.</li> <li>- Transmisión de enfermedades por portadores a causa de la salinización de las aguas y del aumento de la temperatura.</li> <li>- El incremento de pesticidas: aceleración de volatilización y transporte atmosférico de contaminantes orgánicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigaciones sobre:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las tendencias estacionales en la morbilidad y mortalidad.</li> <li>• Efectos de las olas de calor.</li> <li>• Capacidad de adaptación.</li> <li>• Efectos cancerígenos y en enfermedades respiratorias.</li> <li>• Inducción de la contaminación química.</li> <li>• Morbilidad y mortalidad de poblaciones sometidas a exposiciones crónicas o agudas de contaminación química.</li> <li>• Distribución geográfica de enfermedades transmitidas por portadores.</li> <li>• Relación entre el aumento de radiación ultravioleta y el desarrollo de cataratas y cáncer de piel.</li> <li>• Incidencia de las causas de muerte.</li> </ul> </li> </ul>

**Cuadro 1**  
**INCIDENCIA EN LOS COSTES ANUALES DE PROTECCIÓN INDUCIDA**  
**ANTE EL AUMENTO DE 1 METRO EN EL NIVEL DEL MAR**

País o territorio	Coste anual % PIB	Longitud costa baja (Km.)	Longitud playa (Km.)
Maldivas	34,33	1	25
Kiribati	18,79	0	0
Tuvalu	14,14	0	0
Tokelau	11,11	0	0
Anguila	10,31	30	5
Guinea-Bissau	8,15	1.240	0
Turks y Caicos	8,10	80	5
Islas Marshall	7,24	0	0
Islas Cocos (Keeling)	5,82	1	0
Seychelles	5,51	1	25
Islas Malvinas	4,75	1	0
Guayana francesa	2,96	540	0
Belice	2,93	500	0
Papúa Nueva Guinea	2,78	6.400	0
Bahamas	2,67	400	200
Liberia	2,66	2.200	0
Gambia	2,64	400	0
Mozambique	2,48	10.015	25
San Crist. y Nevis	2,33	40	10
Nieu	2,18	6	0
Guayana	2,12	1.040	0

Fuente: Delft Hydraulic Laboratory.



**Cuadro 2**  
**ESTIMACIONES COSTE/BENEFICIO ANTE UNA HIPÓTESIS DE «RIESGO MEDIO» DE CARÁCTER GEOLÓGICO**  
**(período 1986-2016)**

Riesgos geológicos	Pérdidas estimadas para 30 años		Possible reducción de pérdidas	Coste al aplicar medidas de mitigación	Beneficio/Coste aplicar medidas	Pérdidas totales al aplicar medidas
	(1) (A)	(2) (B)	(B)	(C)	B/C	(A - B + C)
Inundaciones	2.823,48	1.482,33	1.482,33	1.168,92	1,27	2.510,07
Erosión de suelos	870,80	574,73	574,73	397,95	1,44	694,02
Movimientos del terreno	765,75	689,18	689,18	78,87	8,74	155,44
Erosión costera	312,05	205,95	205,95	142,61	1,44	248,71
Suelos expansivos	104,24	103,20	103,20	5,21	19,80	6,25
Mov. sísmicos	84,78	42,39	42,39	8,48	5,00	50,87
Volcanes	2,07	0,34	0,34	0,07	4,85	1,80
<b>TOTALES «riesgo medio»</b>	<b>4.963,17</b>	<b>3.098,12</b>	<b>3.098,12</b>	<b>1.802,11</b>	<b>1,71</b>	<b>3.667,16</b>

(1) En base a una estimación del crecimiento económico del orden del 2% anual.

(2) Se supone la aplicación de medidas de mitigación.

Fuente: Int.º Gel. y Min. España y reajuste.

**Cuadro 3**  
**ESTIMACIONES DE LA REPERCUSIÓN ECONÓMICA PROVOCADA POR SINIESTRALIDADES GEOMETEOROLÓGICAS**

Siniestros	Pérdidas económicas estimadas (millones de pesetas)	Añualidades
Sequía (pérdida de cultivos, barbechos y escasez de pastos)	250.000 (todo el Estado) 95.000 (Andalucía) 400.000 (todo el Estado)	1992 1994 1995
Incendios Forestales	65.959 72.000 28.500	1990 1991 1992
Inundaciones	Pérdidas medias anuales = 20.000 (Fco. Ayala Carcedo) Corrección de avenidas > 30.000 anuales	Medias anuales
Peligros Naturales	Total: 73.799 Total: 151.258	1991 1992
	Agricultura 128.775 Sequía (electricidad) 87.203 Temp. nieve 24.500 = 295.937 Inundaciones 22.400 = 100.000/año Mov. tierras 14.934 Incendios (pérdida total) 10.125 Costas 8.000	Período 1990-92
Evaluación global (sequía, incendios, inundaciones...)	600.000 (J. L. García)	1994

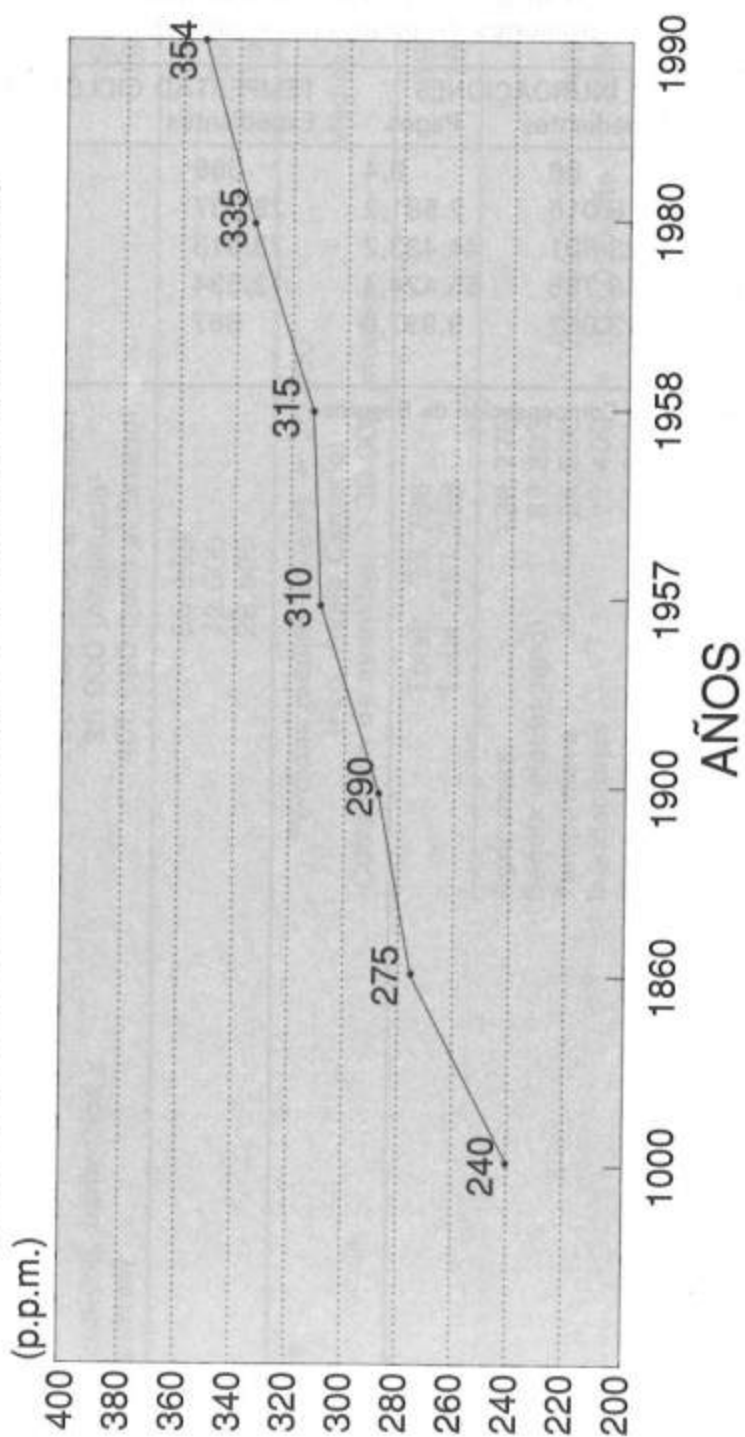
Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, I.º Téc. y Geom. Esp. y D. G. Pr. Civil.

**Cuadro 4**  
**EVOLUCIÓN DE LOS SINIESTROS ASEGURADOS**  
**POR RIESGOS EXTRAORDINARIOS**  
**(millones de pesetas corrientes)**

Quinquenios	INUNDACIONES		TEMPESTAD CICLÓNICA ATÍPICA	
	Expedientes	Pagos	Expedientes	Pagos
1971-75	86	9,4	366	29,3
1976-80	6.016	2.581,2	29.837	4.508,6
1981-85	23.601	44.433,2	73.913	24.298,0
1986-90	48.785	55.424,4	12.534	4.199,1
1991-92 (bienio)	13.052	9.937,0	867	226,8

Fuente: Consorcio de Compensación de Seguros.

Gráfico 1  
EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL CARBONO EN LA ATMÓSFERA



→ Conc. atmosf. carbono



Gráfico 2  
 NIVELES MEDIOS DE MAREAS MENSUALES EN LA CORUÑA DURANTE EL PERÍODO 1943-1988

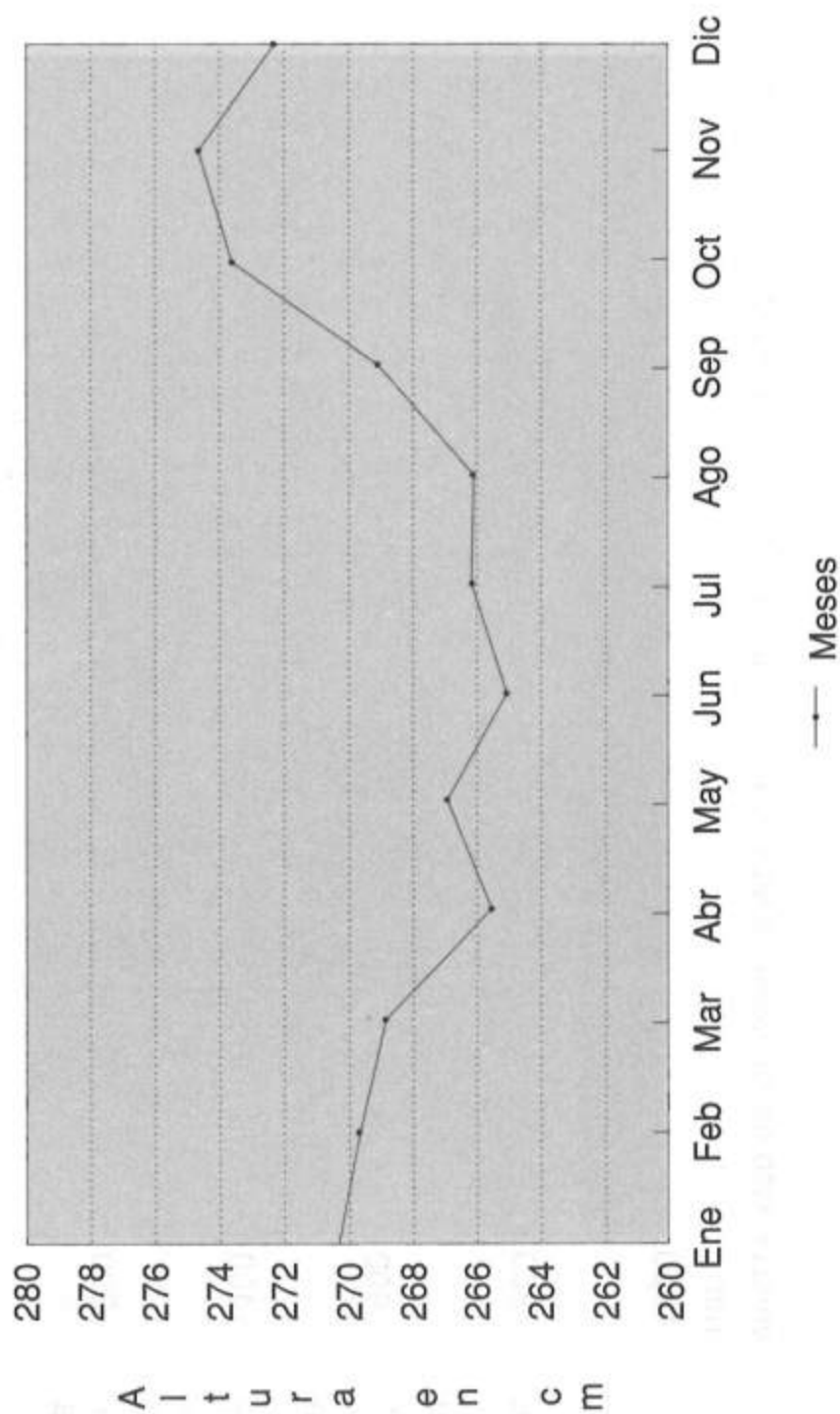


Gráfico 3  
NIVELES MEDIOS DE MAREAS MENSUALES EN BREST DURANTE EL PERÍODO 1861-1930

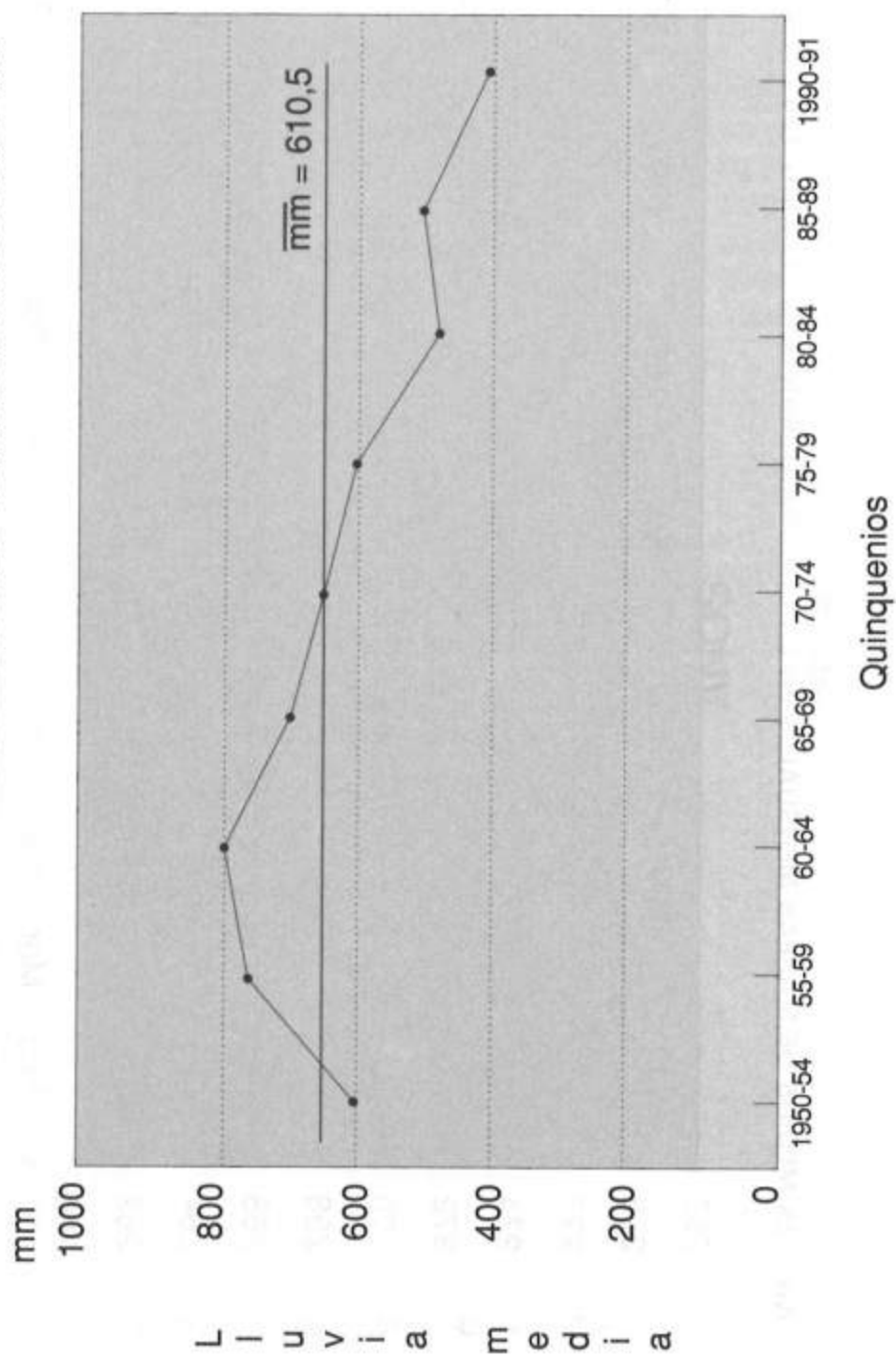
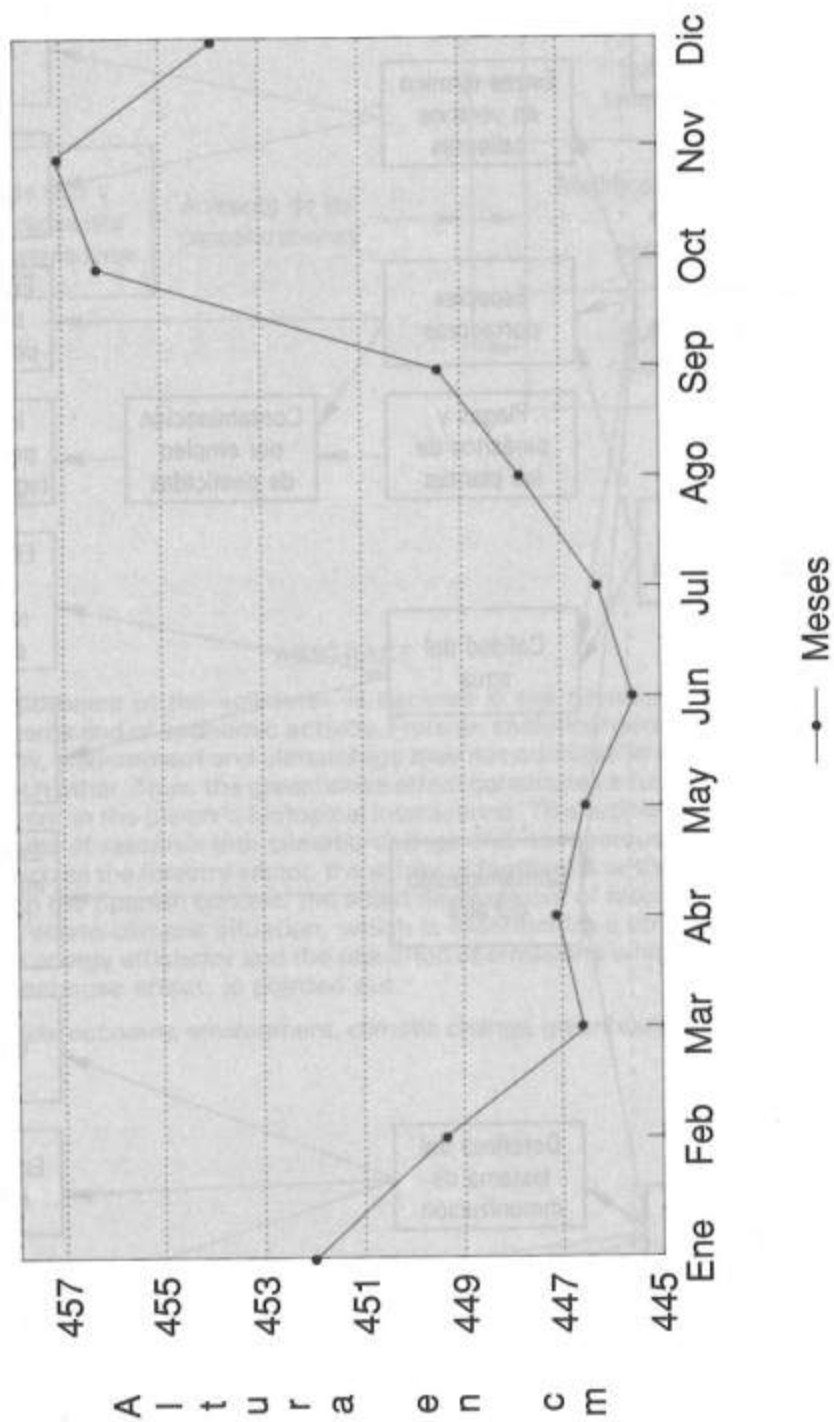
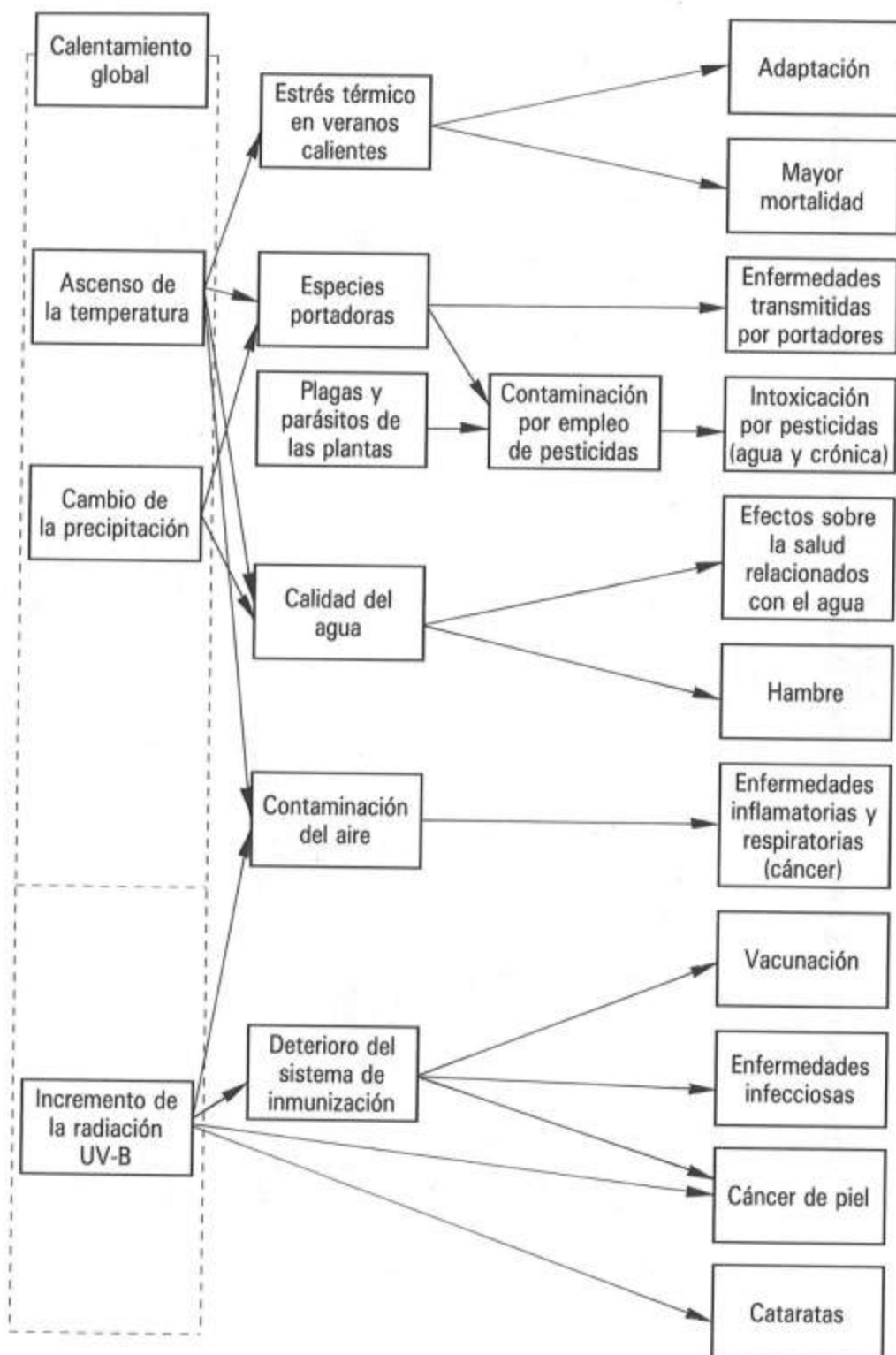


Gráfico 4  
EVOLUCIÓN DE LAS PRECIPITACIONES LLUVIA MEDIA EN LA ESPAÑA PENINSULAR

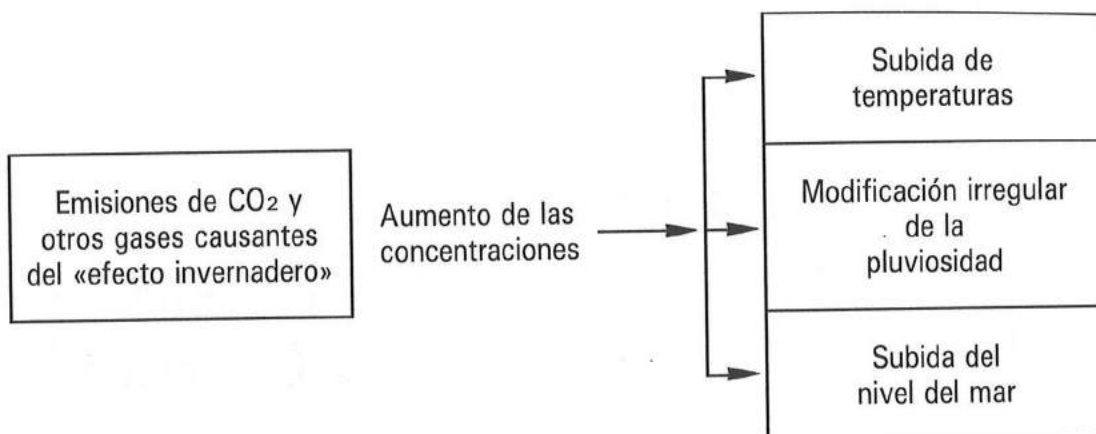


**Gráfico 5**  
**IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SALUD**





**Gráfico 6**  
**INTERACCIONES INDUCIDAS ANTE EL AUMENTO DEL**  
**«EFECTO INVERNADERO»**



**ABSTRACT**

The importance of the «climate» is decisive in the development of ecosystems and of economic activity. From an analytical perspective, economy, environment and climatology may not continue in isolation from each other. Thus, the greenhouse effect constitutes a fundamental element in the planet's biotopical interactions. This article reviews the results of research into climatic change and its repercussions in fields such as the forestry sector, the safety of foodstuffs or the energy sector. In the Spanish context, the scant development of research into Spain's econo-climatic situation, which is essential for a strategy to improve energy efficiency and the reduction of emissions which cause the greenhouse effect, is pointed out.

*Key words:* economy, environment, climatic change, greenhouse effect.