

LA REALIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ESPAÑA Y SUS PRINCIPALES IMPACTOS ECOLÓGICOS Y SOCIOECONÓMICOS

Francisco J. Ayala-Carcedo

Investigador Titular
Instituto Geológico y Minero de España (Ministerio de Educación y Ciencia)
Miembro del Consejo Nacional del Clima
Asesor científico del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) de la ONU

EL CAMBIO CLIMÁTICO EN ESPAÑA: UNA REALIDAD

El Cambio Climático por aumento del efecto invernadero, tratado habitualmente como una posibilidad seria por estar científicamente fundada, pero necesitada aun de elementos suficientes de confirmación (Balairón, 2000; IPCC, 2001), de acuerdo con lo que se deduce del análisis de los datos actualmente disponibles, parece haber comenzado ya en España.

Los elementos que configuran esta realidad, obtenida del análisis de los datos de 38 observatorios meteorológicos de la red principal distribuidos por toda la España Peninsular (Instituto Nacional de Meteorología, 2002), una vez excluidos los afectados por perturbaciones como la "isla de calor" de las grandes ciudades, y los carentes de un número suficiente de datos, son los siguientes:

a) Subida media de la *Temperatura media anual* en la España Peninsular en el periodo 1971-2000: 1,53°C. La temperatura ha subido en 36 de los 38 observatorios analizados de forma estadísticamente significativa al 95 %.

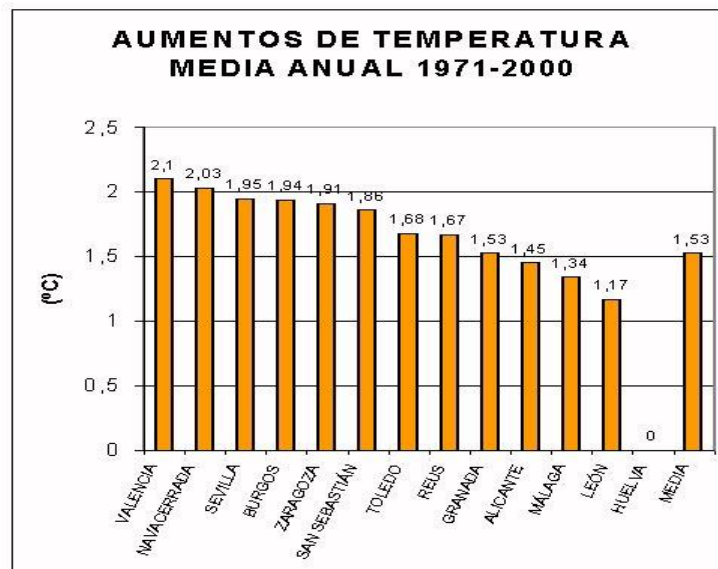


Figura 1.- Aumentos de Temperatura media anual en diversos observatorios meteorológicos en el periodo 1971-2000. El aumento ha sido mayor en el interior de la Península, 1,6 °C de media, que en las zonas costeras, con 1,4 °C de media, atemperadas por el efecto termorregulador del mar (Análisis realizado a partir de datos del Instituto Nacional de Meteorología).

Dado que las predicciones máximas de los modelos climáticos son -para el siglo XXI- de hasta unos 0,4 °C de aumento por década para el siglo XXI (Parry et al., 2000), 1,2 °C para 30 años, la realidad observada para el periodo 1971-2000 sugiere que estas tasas máximas previstas se estarían superando hoy un 27,5 %, que el problema es más grave de lo que suponíamos, y que puede llegarse a mediados de siglo con una subida mínima de temperatura respecto a 2000 de 2,50 °C y probable en torno a los 3,5 °C dado el aumento previsible de gases invernadero, 1-2 °C más de lo que pensábamos hace unos pocos años. Ya el meteorólogo Carlos Almarza, del Instituto Nacional de Meteorología, advirtió en 2000 que el aumento de temperatura en Madrid en el último siglo y medio, descontado el efecto de isla térmica, había sido un 50 % superior a la media del

Hemisferio Norte (Almarza, 2000). Esto supone que hemos entrado en una clara africanización del clima peninsular en España, ya que el cuarto meridional del país tiene ya temperaturas medias iguales a las del norte de Marruecos hace un cuarto de siglo, y a mediados de siglo, las tendrá toda la mitad sur.

b) **Precipitación anual:** sin cambios o a la baja mayoritariamente donde hay tendencia estadísticamente significativa. Un análisis de los datos del Instituto Nacional de Meteorología para la media de precipitación en España en el periodo 1947-1999, indica que no se observa aun una tendencia estadísticamente significativa; sin embargo, la tendencia de la precipitación estacional en invierno, componente principal de la anual en gran parte del país, y principal fuente de generación de recursos hídricos, indica una clara tendencia decreciente, estadísticamente significativa al 95%. Por tanto, El descenso de la lluvia previsto en los modelos parece haber comenzado.

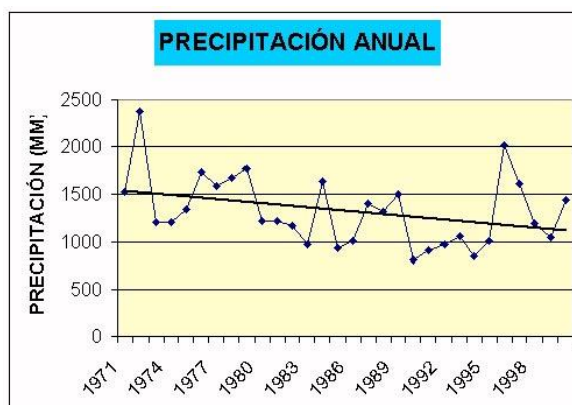


Figura 2.- En algunos observatorios, como este de Navacerrada, se aprecia una tendencia a la reducción de la Precipitación anual, superior al 27 % en este caso. Una reducción continuada de precipitación aunada a una mayor temperatura, podría llegar a crear problemas de abastecimiento de agua en la Comunidad de Madrid, que se surte de las aguas del Lozoya, con nacimiento cercano a esta estación. La línea continua representa la tendencia ajustada por mínimos cuadrados, de aquí en adelante. (Análisis realizado a partir de datos del Instituto Nacional de Meteorología).

EVOLUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN INVERNAL (ESPAÑA), 1947-1999

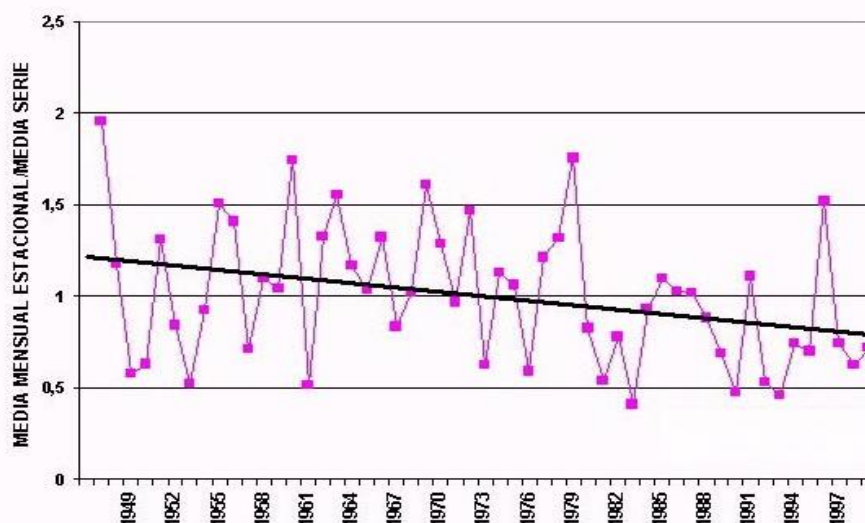


Figura 3.-La Precipitación Invernal, componente principal de la Precipitación total en no pocas cuencas hidrográficas, y la que tiene una mayor capacidad de generación de recursos hídricos aprovechables, muestra una clara tendencia a la baja, estadísticamente significativa al 95 %, que ha supuesto en el periodo un descenso del 34,3 %, alrededor de un 10 % en la precipitación anual media sobre España (Análisis realizado a partir de datos del Instituto Nacional de Meteorología).

c) **Humedad relativa del aire:** a la baja donde hay tendencia estadísticamente significativa.

d) **Número de días de nieve anuales:** a la baja sin excepción.



Figura 4.- Uno de los efectos más claros de la subida de temperatura, ha sido el importante descenso del Número anual de días de nieve, casi un 41 % en el observatorio de Navacerrada (Madrid), situado en el centro de la Península. Es obvio el riesgo que esto representa para el turismo de invierno (Análisis realizado a partir de datos del Instituto Nacional de Meteorología).

e) **Número de días con Temperatura media mayor de 25°C, al alza sin excepción.** Esto indica una clara tendencia al aumento de las olas de calor, tanto en frecuencia como en severidad.

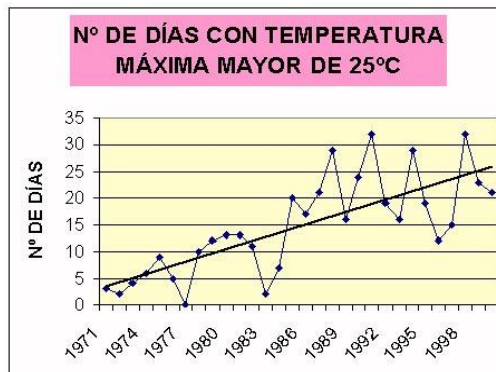


Figura 5.- En el observatorio de Navacerrada, se aprecia el enorme aumento del Número de días con temperatura máxima superior a los 25 °C –un buen indicador de la tendencia a las olas de calor-, que en este caso se ha multiplicado en el periodo por más de siete (Análisis realizado a partir de datos del Instituto Nacional de Meteorología).

f) **Temperaturas máximas y mínimas anuales: al alza** sin excepción.

g) **Nivel medio del mar (Alicante): la tasa anual de subida se ha multiplicado por 3 en la década 1990-2000 (3,875 mm/año) respecto a la década 1980-1990 (1,345 mm/año).** Fenómenos similares se han producido en el Cantábrico.

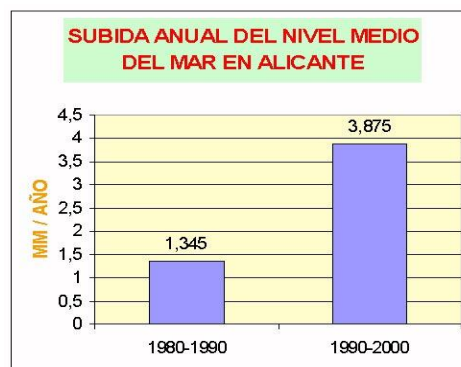


Figura 6.- Como consecuencia del aumento de la temperatura media del aire, el calentamiento del agua del mar y la fusión de hielos en los glaciares polares, han multiplicado prácticamente por tres el ritmo anual de subida del nivel medio del mar en Alicante (Análisis realizado a partir de datos del Instituto Nacional de Meteorología).

Este conjunto de hechos constituye una primera aproximación al problema, claramente significativa, que debería alertar a todos los que tienen que ver con el Clima o sus efectos. El resultado coincide con una apreciación ampliamente extendida entre la población de que el clima "No es como antes". Dado que se trata de un proceso en marcha, **una primera repercusión de esta realidad debería ser la incorporación de este**

aspecto en cuantos planes, programas y proyectos, públicos y privados, puedan resultar afectados de forma significativa por el mismo.

IMPACTOS ECOLÓGICOS Y SOBRE RECURSOS AGRARIOS E HÍDRICOS

Gran parte de los impactos, bien a nivel global (IPCC, 2001; Watson, 2001), bien a nivel regional (Karas, 1997), han sido ya identificados.

Ecosistemas forestales:

- a) Ralentización del crecimiento y productividad debido al claro aumento del estrés hídrico.
- b) Aumento de la peligrosidad (y frecuencia en los naturales) de los incendios forestales por la mayor temperatura y sequedad del aire.
- c) La menor productividad conlleva inevitablemente un aumento de la vulnerabilidad de las especies animales asociadas y el descenso de la caza salvaje, así como un descenso de la materia orgánica en los suelos forestales, que realimenta una menor productividad.
- d) El aumento de temperatura conllevará inevitablemente un corrimiento altitudinal de las zonas de vegetación; esto puede conllevar tanto la destrucción de endemismos de la zona sin vegetación más alta, como la conversión a estepa de algunas zonas bajas actualmente forestadas.



Figura 7.-El calentamiento del clima en Cardedeu (Barcelona), ha traído a nivel fenológico entre otros efectos como desincronías entre niveles tróficos, un adelanto casi generalizado de la floración, que si se acompaña de heladas posteriores, puede generar importantes problemas ecológicos (Peñuelas, 2004).

Humedales:

La disminución de los recursos hídricos, el aumento de temperaturas y la disminución de la humedad del aire, conllevan menores láminas de agua por el severo aumento de la evaporación; pueden darse graves crisis ecológicas especialmente en humedales de alimentación pluvial dominante (Ayala-Carcedo, 2002).

Recursos hídricos:

El mero aumento de temperatura, a igualdad de lluvia, conlleva inevitablemente un claro aumento de la evapotranspiración a través de suelos y plantas, y por tanto una reducción de los recursos disponibles. Esta reducción ha tenido que darse ya, lo que cuestiona algunas restituciones de aportación a régimen natural realizadas en algunas cuencas por los organismos hidrográficos que no muestran tendencia a la reducción y que han sido utilizadas para el Plan Hidrológico Nacional (PHN) 2002.

Este descenso generalizado de recursos, evaluado ya desde 1996 (Ayala-Carcedo, 2003) cuestiona en profundidad tanto los planteamientos económicos -menos recursos sobre los que repercutir los costes de obras hidráulicas- como ecológicos de no pocas actuaciones del PHN (Arrojo y del Moral eds., 2003). El caso del Trasvase Ebro-Costa Mediterránea es especialmente relevante, ya que la disminución de recursos en la

cuenca del Ebro, aunada a la aceleración de la subida del nivel del mar -y por tanto la mayor penetración de la cuña salina Ebro arriba hacia Tortosa, lo que implica la necesidad de asegurar mayores caudales en el río para impedir dicha penetración-, colocan esta obra en un campo claramente marginal en lo económico frente a otras alternativas, y con graves repercusiones ecológicas (Vid. Arrojo y del Moral edits, 2003).



Figura 8.- El Cambio Climático –debido al descenso de precipitación y el aumento de evaporación por la mayor temperatura- supondrá una significativa reducción de los recursos hídricos en todas las cuencas españolas (Ayala-Carcedo, 2003). Esto implica un aumento progresivo de los costes de regulación y, por tanto, del m3 de agua, y un aumento del riesgo en inversiones hidráulicas.

El descenso de recursos, junto a la pérdida de productividad de los ecosistemas naturales tierra adentro, conllevará un descenso de los recursos pesqueros y la productividad de los ecosistemas marinos, volviéndolos más vulnerables ante la contaminación marina.

Costas:

Agravamiento generalizado del retroceso de costas y deltas y erosión de las playas por la triple combinación de:

- a) Subida del nivel del mar debida a la expansión térmica del agua derivada de una mayor temperatura.
- b) Descenso de los recursos hídricos portadores de sedimento.
- c) Sobrerregulación de los ríos. Esto hace que las políticas de aguas y costas deban estar vertebradas, debiendo sujetarse la primera a los requisitos ecológicos impuestos por la segunda. Una de las consecuencias de estos hechos previsibles puede que sea probablemente la revisión al alza del límite de 100 metros de dominio público marítimo-terrestre para la construcción en zonas costeras, ya que el ascenso previsto para mediados de siglo, unos 20 cm al menos, supone en numerosas zonas la invasión marina de esta franja de dominio público.

Agricultura:

- a) Descenso de la productividad de los secanos y pastos por el aumento del estrés hídrico y las rachas de sequía.
- b) Aumento de la vulnerabilidad de frutales por el adelanto de la floración, debido a las heladas tardías.
- c) Mayor vulnerabilidad de los suelos a la salinización.
- d) Probablemente, una mayor incidencia de diversas plagas agrícolas. Algunos aspectos de estos impactos, han sido analizados por Shafer y Mjedle (1994) e Iglesias (1995).

IMPACTOS EN SECTORES ECONÓMICOS Y SOCIALES

a) Aumento de las olas de calor en frecuencia, persistencia y severidad con su cortejo de efectos asociados: muertes de personas, incendios forestales, descenso del turismo etc. Cabe recordar, en España, las olas de calor veraniegas de 1995, con 93 muertos, y la de 2003, con 141 muertos y graves incendios, los fenómenos con mayor mortalidad de la última década.

b) Penetración de infecciones exóticas propias de zonas más cálidas y agravamiento de infecciones debidas a legionella y similares.

c) Descenso de los consumos energéticos para calefacción -uno de los efectos positivos del Cambio Climático- y aumento severo de los de refrigeración / acondicionamiento. Dado que estos segundos implican consumo de energía eléctrica, frente al uso directo del combustible en la calefacción, y los rendimientos en la conversión de energía térmica en eléctrica, menores del 50%, esto implicará un aumento neto de las emisiones de gases invernadero y, por tanto, una dificultad adicional para el ya problemático cumplimiento del Protocolo de Kioto, que obliga jurídica y económicamente a España a limitar el aumento de emisiones de gases invernadero para 2012 al 15% sobre las de 1990 (en la actualidad, se lleva un aumento del 38%).

d) Aunque algunos estudios pronostican un aumento de la frecuencia y severidad de los riesgos tipo inundación (Easterling et al., 2000), no se detecta aun en España una tendencia estadística suficientemente significativa que permita hacer un pronóstico.

Una parte de los nuevos riesgos puede ser neutralizada a través de contramedidas adecuadas. Así, en el sector agrícola, mediante el cambio de variedades o especies mejor adaptadas al nuevo clima o cambio en los sistemas y calendario de laboreo. Lo mismo puede decirse en el sector energético, aunque es dudoso sean suficientes para permitir el cumplimiento del Protocolo de Kioto tras el escaso interés en el tema de los gobiernos que han seguido a la firma del Protocolo.

Una exposición de medidas para frenar el Cambio Climático, poco priorizadas e insuficientes en mi opinión, puede verse en la Estrategia Española sobre cambio climático para el cumplimiento del protocolo de Kioto recientemente aprobada en 2004 por el Consejo Nacional del Clima, un primer paso, modesto, en la dirección adecuada.

REFERENCIAS

- Almarza, C. (2000). Respuesta al Calentamiento Global de la serie de temperatura media anual de Madrid. *Actas de la II Asamblea Hispano-Lusa de Geodesia y Geofísica*.
- Arrojo, P. y del Moral, L. edit. (2003). *La Directiva Marco del Agua: realidades y futuros. III Congreso Ibérico de Planificación y Gestión del agua*. Fundación Nueva Cultura del Agua, Zaragoza, 585 pp.
- Ayala-Carcedo, F.J. (2003). Impactos del Cambio Climático sobre los recursos hídricos en España y viabilidad física y ecológica del Plan Hidrológico Nacional 2001. En Arrojo y Del Moral eds. *La Directiva Marco del Agua: Realidades y Futuros*. Fundación Nueva Cultura del Agua, Zaragoza, 253-271.
- Ayala-Carcedo, F.J. (2002). Notas sobre impactos físicos previsibles del Cambio Climático sobre los lagos y humedales españoles. En del Moral ed. *III Congreso Ibérico de Planificación y Gestión de Aguas*, Sevilla, Fundación Nueva Cultura del Agua, 360-364.
- Ayala-Carcedo, F.J. y Piserra, M. (2000). Impacto potencial del Cambio Climático sobre la economía y los seguros en Europa. *Gerencia de Riesgos y Seguros*, MAPFRE, Año XVII, 69, 15-20
- Balairón, L. edit. (2000): El Cambio Climático, *El Campo de las Artes y las Ciencias*, 137, Servicio de Estudios del BBVA.
- Easterling, D.R.; Meehl, G.A.; Parmesan, C.; Changon, S.A.; Karl, T.R. & Meams, L.O. (2000). Climate Extremes: Observations, Modelling and Impacts. *Science*, 289, 2068-2074.
- Iglesias, A. (1995), La influencia del cambio climático sobre los cultivos, *El Boletín*, Mº de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 21, 16-24.
- Instituto Nacional de Meteorología (2002). *Valores normales y estadísticos de observatorios meteorológicos principales (1971-2000)*. Vols. 1-5.
- IPCC (2001) *Third Assessment Report on Climate Change*. United Nations (hay versión en la red)
- Karas, J. (1997). *El Cambio Climático en la Región Mediterránea*. Greenpeace.
- Parry, M.; Parry, C. y Livermore, M. (edit.) (2000), *Valoración de los efectos potenciales del cambio climático en Europa (Informe ACACIA de la Comisión Europea, Resumen y conclusiones)*, Universidad de Castilla-La Mancha-Iberdrola, Toledo, 29 pp.
- Peñuelas, J. (2004). El avance de la primavera y las asincronías entre especies llegan también a España. *Investigación y Ciencia*, Prensa Científica, Barcelona, 330, 74-75.
- Shafer, C.E. & Mjedle, J.W. (1994). Weather, Agricultural Production and Prices. En Griffiths ed. *Handbook of Agricultural Meteorology*, Oxford University Press, NY, 299-308.
- Watson, R.T. ed. (2001). *Climate Change 2001: Synthesis Report*. Cambridge University Press, 700 pp.