

MESA 5

Científica

LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL RIESGO DE SEQUÍA EN ESPAÑA

M^a Fernanda Pita López

Dpto. de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional. Universidad de Sevilla

1. La noción de sequía y otros conceptos asociados

La **sequía** se puede definir como un déficit hídrico inusual, una anomalía pluviométrica negativa lo suficientemente intensa y prolongada como para generar impactos adversos en la sociedad que la padece. Puede suceder, pues, en cualquier tipo de clima, incluso en aquellos dotados de abundantes precipitaciones. Frente a este concepto, la **aridez** alude a condiciones permanentes y habituales de déficit hídrico; es, pues, un rasgo caracterizador de ciertos climas. También conviene precisar las diferencias existentes entre la sequía y la **escasez de agua**, pudiendo definirse esta última como la existencia de unos aportes inferiores a las demandas requeridas por la sociedad. Este desequilibrio entre aportes y demandas puede venir dado por la existencia de un periodo prolongado de sequía, que reduce coyunturalmente las aportaciones, pero puede deberse también –y así sucede con cierta frecuencia- a una gestión inadecuada de los recursos hídricos, consistente en el establecimiento de unas demandas de agua superiores a las que el clima está en condiciones de ofrecer incluso en sus periodos de total normalidad, de forma tal que se generan problemas de déficit hídrico sin la intervención de ninguna anomalía pluviométrica negativa importante.

Sintetizando podríamos definir la aridez como la situación permanente de déficit hídrico, la sequía como el déficit hídrico coyuntural, y la escasez como la situación de desabastecimiento de agua, en ausencia de situación de sequía y en un contexto no por fuerza árido.

Esto atribuiría a la sequía una condición de fenómeno natural, en tanto que asignaría la responsabilidad de la escasez de agua a la acción humana. Pero, en realidad, la distinción entre ambos fenómenos no es tan evidente, porque la sequía tampoco es un fenómeno estrictamente natural e independiente de la actividad humana; de hecho, la definición inicial de sequía aludía a un déficit hídrico “susceptible de generar impactos adversos en la sociedad”, lo que implica que sin estos impactos no se habla de la existencia de sequía, se habla, en todo caso, de lluvias inferiores a las habituales. Pero el verdadero umbral de sequía, es decir, el umbral que delimita la aparición de los impactos tras la anomalía pluviométrica negativa lo establece el hombre con su peculiar gestión del agua. Así, puede haber sociedades muy vulnerables

a la sequía, cuando experimentan impactos negativos con pequeños déficit pluviométricos, en tanto que otras son capaces de soportar grandes déficit sin resentirse para nada en sus sistemas productivos. Es más, hay sociedades que evolucionan positivamente en este sentido y cada vez se hacen más inmunes a los periodos de anomalías pluviométricas negativas, en tanto que otras evolucionan negativamente y se hacen cada vez más vulnerables a pequeños déficit de lluvia.

Lo que es cierto, sin embargo, es que hay una relación muy estrecha entre sequía y escasez de agua, entre el fenómeno natural y el antrópico y a veces se hace difícil deslindar uno de otro. La figura 1 pretende esquematizar estas relaciones. En ella se observa cómo la disponibilidad hídrica de un lugar depende esencialmente del balance de agua existente en él, el cual a su vez es el resultado de restarle a los aportes de agua (básicamente la precipitación) los consumos, los cuales se pueden descomponer en aquellos derivados de la evapotranspiración realizada por el medio natural y la agricultura, y los asociados al consumo humano (doméstico, industrial, servicios etc.). Los primeros dependen esencialmente del comportamiento de determinadas variables climáticas (radiación solar, humedad del aire, viento etc...) entre las cuales la temperatura es una de las más significativas; los segundos dependen no sólo de la temperatura sino también y sobre todo del nivel de población existente en el lugar y de sus pautas de consumo y gestión del agua.

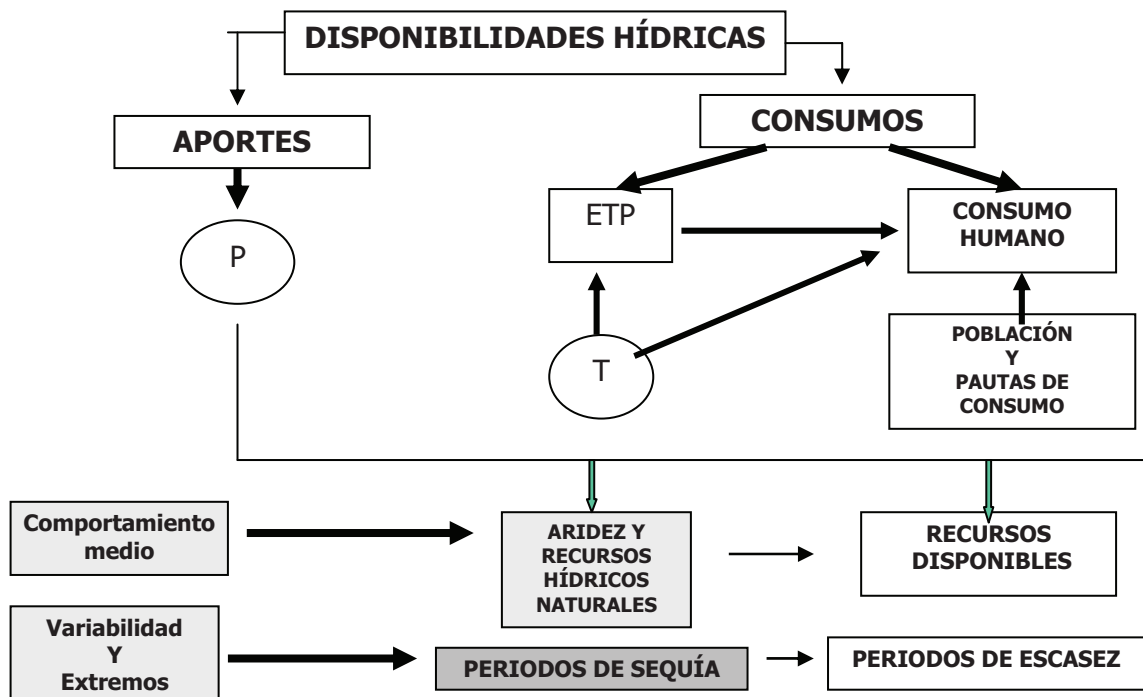


Figura 1. Relaciones entre la sequía y otros conceptos próximos
Fuente: elaboración propia.

En la parte izquierda de la figura aparece la dimensión natural de las disponibilidades hídricas, con la precipitación como esencial aporte de agua y la evapotranspiración como expresión de las pérdidas efectuadas en el medio natural. Ambas dibujan el grado mayor o menor de aridez de un lugar cuando se consideran en su comportamiento medio y definen también los periodos de sequía cuando se analizan su variabilidad y sus comportamientos extremos. En la parte derecha aparece la dimensión antrópica, en la que los consumos son los asociados al volumen de población y a las actividades humanas. En este caso los comportamientos medios o habituales dibujan el estado de los recursos hídricos disponibles, en tanto que los episodios excepcionales hacen lo propio con los periodos de escasez.

En sentido estricto las sequías sólo serían los periodos excepcionales de anomalía hídrica negativa de carácter natural, que aparecen en gris intenso en la parte inferior izquierda de la figura 1 y, en consecuencia, el texto en principio solo debería ceñirse a la repercusión del cambio climático sobre la frecuencia, la intensidad y la duración de esos episodios, pero, dadas las relaciones existentes entre éstos y los restantes componentes naturales del fenómeno, aludiremos a todos ellos, aunque siempre destacando que es sólo la dimensión natural de la sequía la que vamos a abordar y no su dimensión antrópica.

2. Los impactos del cambio climático sobre la aridez

Como es ya bien sabido, las previsiones del clima de futuro en el contexto del cambio climático no son en realidad tales previsiones, sino dibujos de posibles futuros climáticos que se ofrecen a los poderes públicos para que diseñen sus políticas de actuación consecuentes. Tales futuros climáticos se obtienen mediante modelización y a partir del diseño de posibles escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero, de los cuales se derivan los correspondientes escenarios de concentraciones, que a su vez dan lugar a determinados escenarios de balance de energía y éstos finalmente se traducen en escenarios climáticos. El conjunto de los escenarios ofrece un abanico de posibilidades de futuro lo suficientemente amplio como para que los poderes públicos puedan tomar en consideración todas las opciones susceptibles de producirse; por otro lado, los escenarios intermedios ofrecen una aproximación razonable del futuro climático que nos puede esperar en ausencia de situaciones extremas.

En este caso y para aproximar el futuro de las sequías en España vamos a utilizar esencialmente los resultados derivados de los escenarios A2 y B2, elaborados por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (Nakicenovic, N y Swart, R, 2000) y ambos con emisiones intermedias (ver figura 2). En el primer caso se dibuja un escenario de emisiones medias-altas, que conduce a un forzamiento radiativo para 2100 de unos 8 W/m^2 , lo que arrojaría un incremento térmico planetario de unos $3,5^\circ\text{C}$. En el segundo caso

las emisiones son medias-bajas, el forzamiento radiativo se situaría en $5,7 \text{ W/m}^2$, y ello originaría un incremento térmico próximo a $2,5^\circ\text{C}$.

Con base en estos escenarios, los cambios esperados para la temperatura y la precipitación en España a finales del siglo XXI aparecen reflejados en la figura 3, que nos muestra las salidas de nueve modelos de simulación del clima diferentes para el verano y el invierno. Si nos atenemos a las precipitaciones vemos que los hechos esenciales son: en invierno, una escasa dispersión en los resultados de los modelos, si bien se dibujan tanto ascensos como descensos en los valores, lo cual nos lleva a pensar en cambios muy reducidos en cualquiera de los dos escenarios. En el verano la dispersión de los resultados es mayor, pero apuntando ya casi siempre hacia una disminución de las precipitaciones, que por término medio se sitúa en un 40% en el escenario A2 y un 20-30% en el B2. Las temperaturas dibujan siempre un aumento, que en el invierno se sitúa en $2\text{-}4^\circ$ para el escenario A2 y unos 2° para el B2, y en el verano en $4\text{ a }6^\circ$ para el A2 y $3\text{ a }4^\circ$ para el B2.

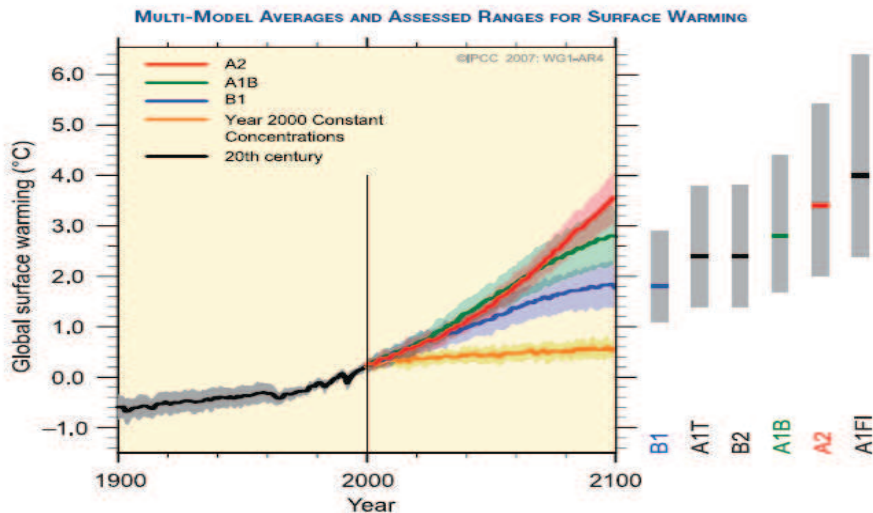


Figura 2. Escenarios de incremento térmico en la superficie terrestre para el año 2100 con arreglo a diferentes escenarios de emisiones.
Fuente: IPCC, 2007

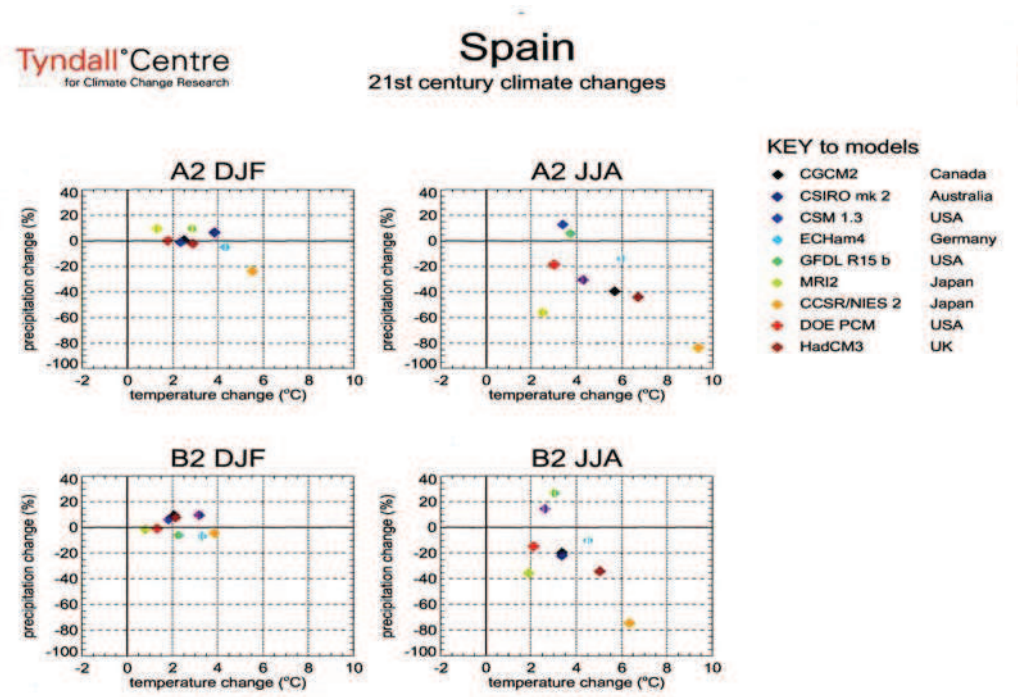


Figura 3. Temperaturas y precipitaciones estacionales esperables en España para los escenarios de emisiones A2 y B2.

Fuente: Mitchell, T.D., Hulme, M. y New, M, 2002

La introducción de matices regionales en las temperaturas conduce a los resultados que se plasman en la figura 4, en la que hemos destacado las salidas de los modelos intermedios. Es destacable el aumento generalizado de las temperaturas, aunque superior en las máximas que en las mínimas y con un fuerte gradiente costa-interior, que conduce a aumentos mucho más importantes en el interior del país que en las áreas costeras. Los incrementos más altos de las temperaturas máximas –siempre en las zonas interiores del país– superan los 6°C, en tanto que en las mínimas se sitúan en torno a los 4°C. En las temperaturas mínimas los mayores incrementos están en torno a 3-4°C en el interior y apenas alcanzan los 2°C en la costa. Ello conduciría a un aumento de los contrastes térmicos tanto diurnos como espaciales.

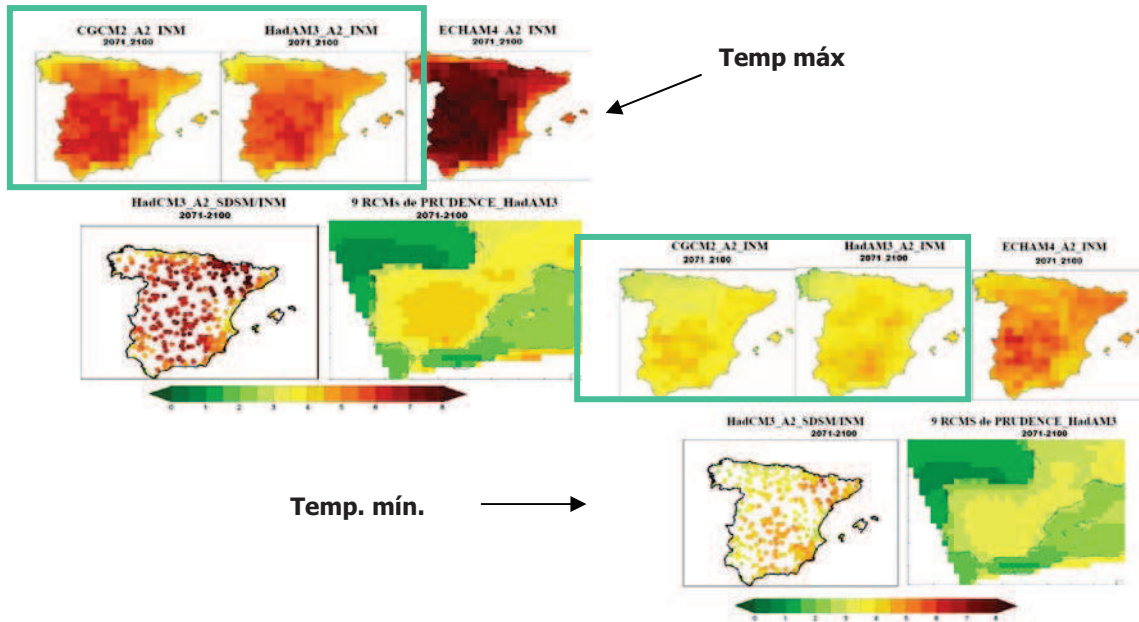


Figura 4. Temperaturas máximas y mínimas esperables en España para el treintenio 2070-2100 con arreglo al escenario A2 y usando diferentes modelos climáticos y técnicas de reducción de escala. Fuente: INM, 2007.

Los contrastes se exageran también en términos estacionales, como se desprende de la figura 5, en la que se recogen las temperaturas máximas esperables en España para finales del siglo XXI con arreglo al escenario A2, el modelo HadAM3 y las técnicas de reducción de escala aplicadas por el Instituto Nacional de Meteorología. También en este caso es el verano el que muestra los mayores cambios, con incrementos del orden de 7 u 8° en el interior del país, registrándose los incrementos más reducidos en los meses de enero y marzo, donde oscilan entre 2 y 4°.

Se podría afirmar, pues, que el futuro se presenta aún más contrastado y extremado que la realidad actual; las temperaturas veraniegas, ya de por sí elevadas, aumentarán más que las invernales, las diurnas lo harán más que las nocturnas y, todo ello en un contexto de mayor contraste espacial, donde la costa, reguladora natural de las temperaturas, verá incrementada esa regularidad, en tanto que en el interior se exagerarán los contrastes.

T max. (°C) (2071-2100) SRES A2, HadAM3, INM

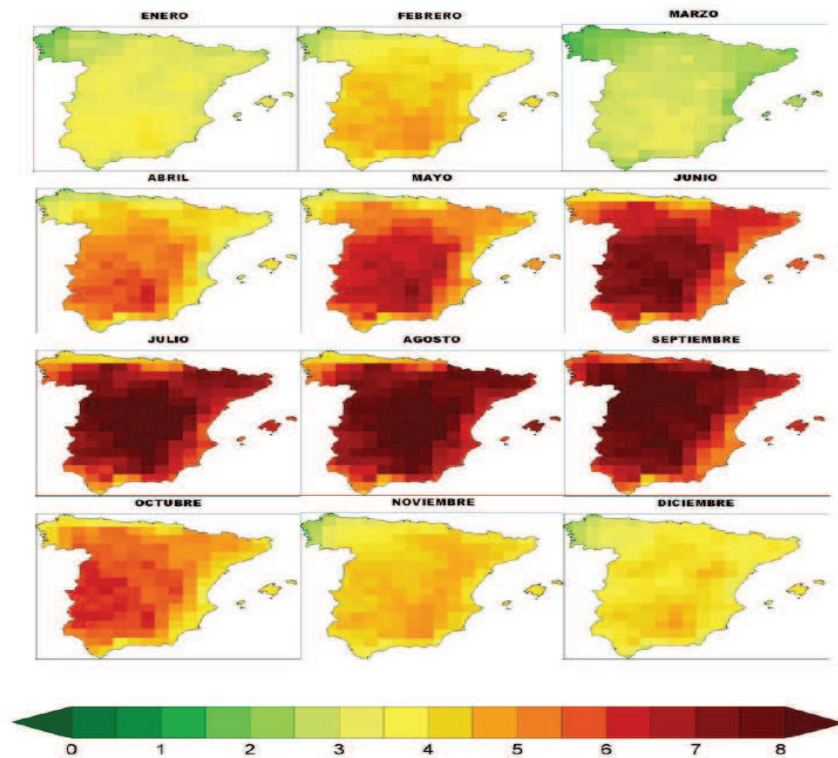


Figura 5. Temperaturas máximas esperables en España para finales del siglo XXI con arreglo al escenario A2, el modelo HadAM3 y las técnicas de reducción de escala aplicadas por el INM.
Fuente: INM, 2007.

En relación con las precipitaciones los escenarios de futuro no son tan concluyentes como en las temperaturas, pero en general siempre apuntan hacia un aumento pluviométrico en las latitudes medias, altas y ecuatoriales, y a una disminución en las subtropicales, lo cual concuerda con el desplazamiento previsto de las perturbaciones del frente polar hacia latitudes más altas y con las propias tendencias que ya se están registrando en la actualidad (IPCC, 2007).

España no se escapa de esta tónica general de las latitudes subtropicales y muestra también una disminución prácticamente generalizada en las precipitaciones para finales del siglo XXI (ver figura 6). Esta disminución es muy intensa en el sur del país -el ámbito de por sí menos lluvioso-, donde puede llegar a alcanzar valores de -50%, y se suaviza en el norte, donde no suele rebasar valores de -10 a -20%, pudiendo incluso dibujar aumentos en algunos modelos.

En cuanto a las variaciones estacionales esperables, cabe destacar algunos hechos especialmente relevantes (ver figura 7). En primer lugar, la importante disminución en primavera y verano (junto con el mes de octubre) y el ligero aumento en el invierno, lo que acentuaría aún más el desequilibrio

intraanual ya existente: por otro lado, la disminución máxima en el sur del país, donde además se registra en prácticamente todos los meses, incluso los invernales, lo que acentuaría los desequilibrios espaciales; por último, el posible flanco de esperanza que se abre con el aumento de las precipitaciones invernales, sobre todo en el norte.

Estos matices mensuales tendrán mucha importancia para la evaluación de los recursos hídricos a escala local y también para el surgimiento de posibles desequilibrios entre áreas, lo cual habrá de ser tenido muy en cuenta en la elaboración de la futura política hidráulica.

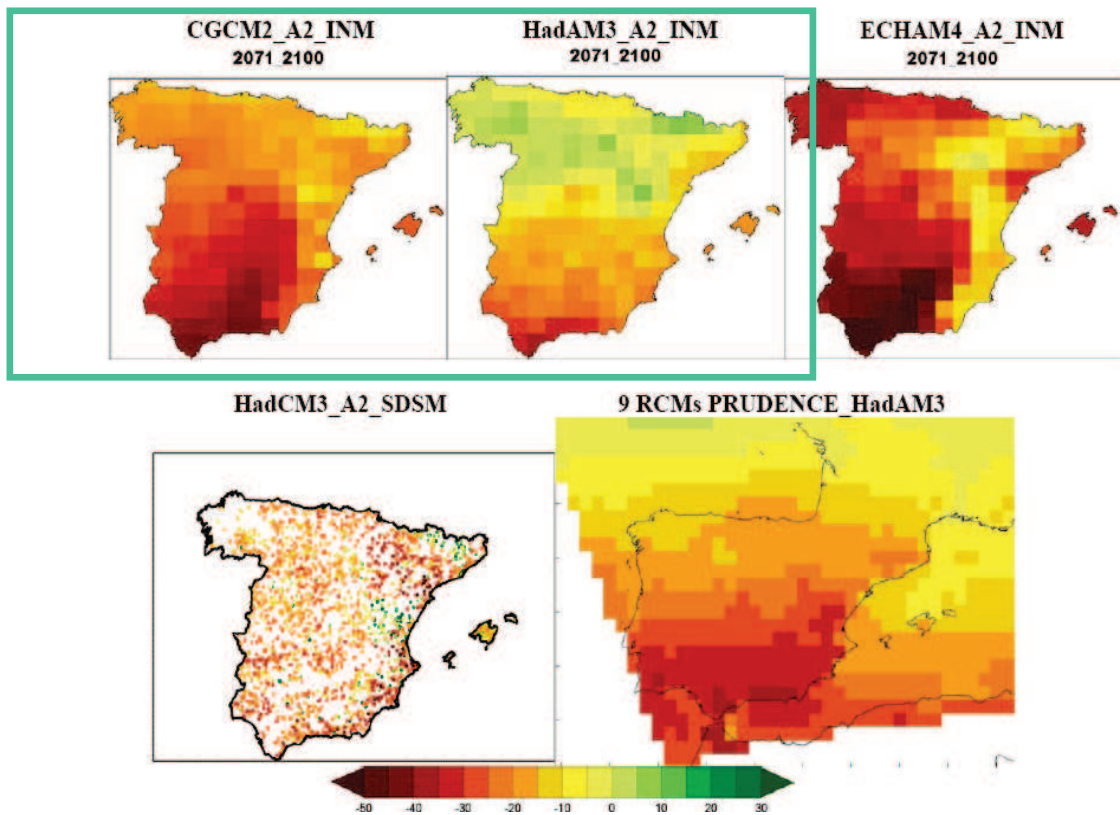


Figura 6. Escenarios de cambio pluviométrico anual para España a finales del siglo XXI para el escenario A2 y usando diferentes modelos climáticos y técnicas de reducción de escala.
Fuente: INM, 2007

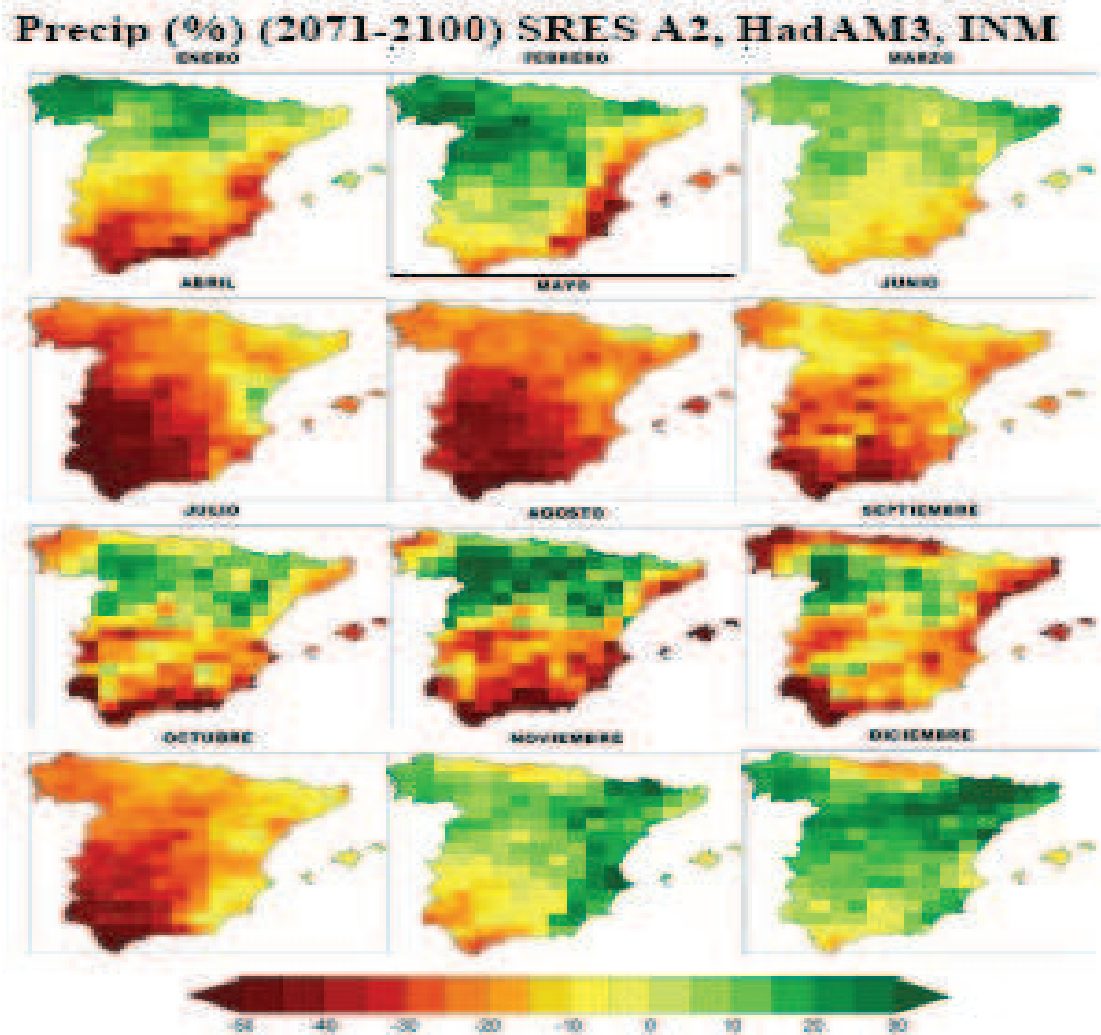


Figura 7. Cambios previstos en las precipitaciones mensuales en España a finales del siglo XXI con arreglo al escenario A2, el modelo HadAM3 y las técnicas de reducción de escala aplicadas por el INM
Fuente: INM, 2007

Estos aumentos de temperatura se traducen en aumentos importantes de la evapotranspiración potencial, es decir, de la demanda evaporativa del aire, los cuales no siempre pueden ser satisfechos por la evapotranspiración real. En verano el aumento de las temperaturas y la disminución de las precipitaciones conduce a reducciones importantes de ésta última, que en el sur pueden llegar a superar el 50% de los valores actuales. En invierno, por el contrario, predominan los aumentos, sobre todo en el norte, debido al incremento de las precipitaciones que allí se registra, unido a un ligero aumento de las

temperaturas. En primavera y otoño es donde se acrecienta más el contraste norte-sur, con aumentos en el norte e importantes reducciones en el sur.

Lógicamente todo ello se traducirá en aumento de la aridez, sobre todo en el sur de España y el Levante, las áreas ya más castigadas en la actualidad por ese azote.

3. Los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos naturales

Los recursos hídricos naturales (aportaciones y escorrentía) inmediatamente reflejarán estos cambios previstos en temperaturas y precipitaciones. Se sabe además que la sensibilidad de estos recursos ante los cambios será tanto mayor cuanto más elevada sea la temperatura y cuanto más baja sea la precipitación de partida (ver Moreno Rodríguez, J. M. et al, 2005). Todo ello resulta claramente desventajoso para España y especialmente para sus zonas más cálidas y áridas, como el sur y el levante del país y, de hecho, las previsiones de escorrentía que se hacen para fin de siglo conducen en general a reducciones muy importantes para estas áreas, que en algunos casos llegan a superar el 50% respecto a los valores actuales (ver figura 8).

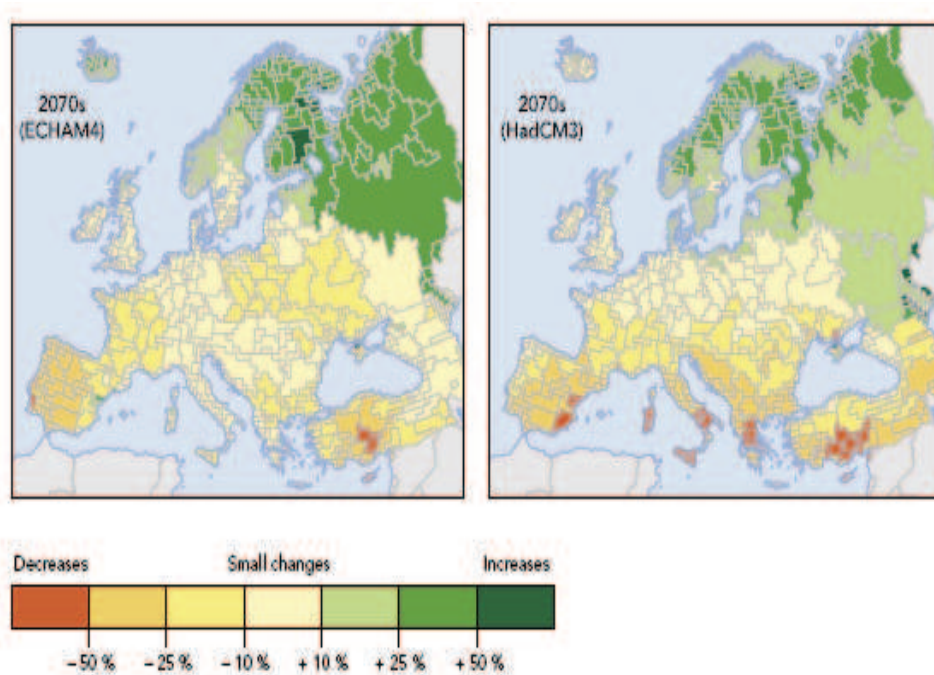


Figura 8. Variación esperable en la escorrentía en Europa para el año 2070 respecto a la existente en 2000 con arreglo a dos modelos climáticos diferentes
Fuente: European Environmental Agency, 2004

Con el detalle de las cuencas vertientes se presenta en la figura 9 A la variación de las aportaciones para el año 2030 en dos escenarios nada extremos, el primero con un aumento de temperatura de 1º y el segundo, con el mismo aumento térmico y una disminución de la precipitación de un 5%. A pesar de la cercanía en el tiempo y de la modestia de las variaciones climáticas, los descensos de las aportaciones ya son considerables; por término medio se sitúan en un 6%, siendo especialmente acusados en las cuencas del sur y sureste del país, además de los dos archipiélagos. En las estimaciones de Ayala Carcedo en el mismo sentido, que se proyectan hasta el 2060, los recursos hídricos se reducen en un 17% respecto al periodo 1940-85 y se llegan a alcanzar valores de descenso superiores al 30% en las cuencas del Guadalquivir y Sur (ver figura 9, B).

Si a ello le añadimos los aumentos esperables en la evaporación de agua de los embalses, o la pérdida de calidad de las aguas asociada a su disminución, la situación se agudizaría aún más. Es cierto, no obstante, que ambas estimaciones están realizadas con datos anuales y en ellas falta la dimensión mensual o estacional, que es muy importante para la evaluación de los recursos hídricos. También está ausente el comportamiento de la torrencialidad de la lluvia o el comportamiento de la innivación, que tienen igualmente mucha capacidad para modificar los recursos finales de agua, pero, en cualquier caso, la nitidez con la que las estimaciones apuntan hacia una disminución de las disponibilidades de agua nos obliga a tomarlas seriamente en consideración en tanto se elaboran escenarios más precisos y detallados.

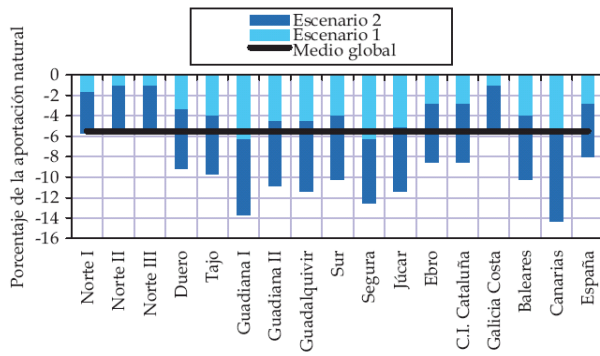
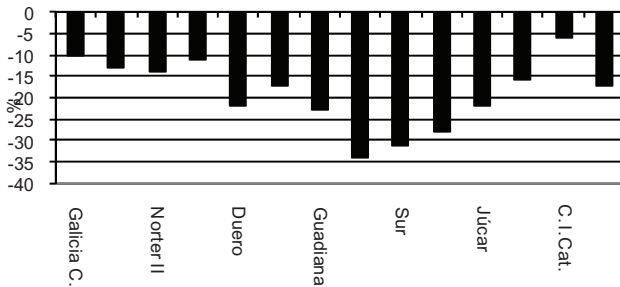


Figura 9. Disminución de los recursos hídricos medios por cuencas vertientes para los años 2030 (A) y 2060 (B). Fuente: A. MMA, 2000; B. Ayala Carcedo, 1996.



A. Años 2030. Escenario 1: Aumento de temperatura de 1º. Escenario 2: Aumento de temperatura de 1º y disminución de la temperatura de un 5%.

4. Los impactos del cambio climático sobre los periodos de sequía

Los periodos de sequía constituyen fenómenos extremos asociados a la variabilidad del clima y, en relación con este tipo de fenómenos, los sucesivos informes del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático han sido insistentes en sus afirmaciones. En primer lugar auguran un aumento de la variabilidad pluviométrica y de los fenómenos extremos en el sur de Europa. Además se estima que el porcentaje de cambio para los fenómenos extremos será mayor que para los valores medios. En consonancia con todo ello se prevé un aumento de la frecuencia de secuencias secas prolongadas en el entorno mediterráneo, que estaría asociado a la disminución de los eventos de lluvia más que a la reducción de los valores medios de precipitación.

Esta es la situación que se muestra en la figura 10, en la cual se recogen las previsiones de variación de frecuencia de las sequías actualmente centenarias (con periodo de retorno de una vez cada 100 años) en los años 2020 y 2070 para un escenario intermedio de emisiones y dos modelos climáticos: el ECHAM4 y el Hadley CM3. En el caso de España ambos coinciden básicamente en las previsiones, y apuntan a que la sequía que actualmente tiene un periodo de retorno de 100 años pasará a tener un periodo de retorno de unos 40 años para el año 2020 y unos 10 años para el 2070. Ello supone que lo que actualmente catalogamos como sequía extrema por su baja probabilidad de ocurrencia, en el año 2070 pasaría a convertirse en un fenómeno muy frecuente.

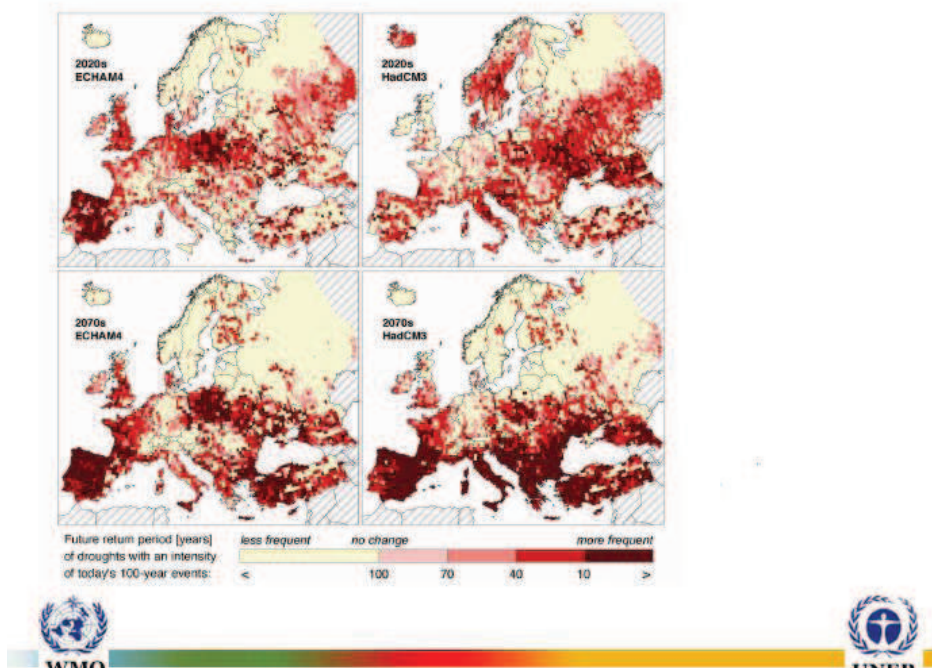


Figura 10. Cambios esperables en la frecuencia de las sequías centenarias del periodo 1961-90.
Fuente: UNEP

Estas amenazas se producen además en un contexto de gran vulnerabilidad frente a la sequía. En la tabla 1 se muestra la vulnerabilidad de las cuencas españolas a partir de uno de los indicadores más utilizados para este fin, como es la relación existente entre los consumos de agua y los aportes. En negrita aparecen marcadas las cuencas cuyo consumo supera el 20% de sus aportes, por suponer que a partir de este umbral el grado de *stress* del sistema es muy fuerte y queda muy poca capacidad de respuesta ante situaciones de anomalía pluviométrica negativa, de sequía prolongada. Merece destacarse que casi todas las cuencas españolas estarían en esta situación, aunque resultan especialmente reseñables los casos de las cuencas del Júcar y el Segura, en las cuales los niveles de presión sobre los recursos hídricos son clarísimamente inaceptables.

ÁMBITO	APORTES Hm ³	CONSUMO Hm ³	RELACIÓN %
Norte III	5.614	98	2
Galicia Costa	12.245	479	4
Norte II	14.405	145	1
Norte I	13.147	403	3
Ebro	18.647	5361	29
Tajo	11.371	2.328	20
Duero	14.175	2.929	21
C. I. Cataluña	2.728	493	18
Guadiana II	1.053	121	11
Guadalquivir	9.090	2.636	29
Baleares	696	171	25
Sur	2.359	912	39
Guadiana I	4.624	1.756	38
Júcar	3.335	1.958	59
Canarias	394	244	62
Segura	1.411	1.350	96

Tabla 1. La vulnerabilidad frente a la sequía en las cuencas españolas.
Fuente: MMA, 2000

Un panorama de tan alta vulnerabilidad como el aquí presentado, unido a unos escenarios futuros de mayor aridez y mayor frecuencia de sequías intensas nos fuerzan a emprender desde ahora mismo potentes medidas de adaptación que aminoren en lo posible los fuertes impactos que serían esperables en su ausencia.

BIBLIOGRAFÍA.

- Ayala Carcedo, F. (1996): "Reducción de los recursos hídricos en España por el posible cambio climático", *Tecnoambiente*, 64, 43-48.
- European Environmental Agency (2004): "*Impacts of Europe's Changing climate. An Indicator Basement Assessment*". Bruselas, EEA Report nº 2.
- INM, 2007: Escenarios de Cambio Climático para España, disponible en: http://www.inm.es/web/izq/noticias/meteoroti/pdf/Escenarios_20070402.pdf
- IPCC (1997): *The Regional Impacts of Climate Change: Assessment of Vulnerability*, R.T.Watson, M.C.Zinyowera, R.H.Moss (Eds), Cambridge University Press. Disponible en <http://www.ipcc.ch>
- IPCC (2007): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press. Disponible en <http://www.ipcc.ch>
- MMA (2000): *Libro Blanco del Agua en España*, Madrid
- Mitchell, T.D., Hulme, M. y New, M. (2002): "Climate data for political areas", *Area*, 34, 109-112
- Moreno Rodríguez, J.M. et al (2005): *Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático*. Proyecto ECCE. Informe final. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente. Disponible en http://www.mma.es/secciones/cambio_climatico/areas_tematicas/impactos_cc/pdf/evaluacion_preliminar_impactos_completo_2.pdf
- Nakicenovic, N y Swart, R. (2000): *Special Report on Emissions Scenarios*, IPCC 2000, Cambridge University Press.
- Parry, M et al. (2000): *Informe ACACIA. Valoración de los efectos potenciales del cambio climático en Europa*, Resumen y conclusiones del Proyecto europeo ACACIA