

# La agricultura española y el cambio climático

Ana Iglesias (1), Sonia Quiroga (2), Vicente Sotes (3)

(1) Departamento de Economía y Cc. Sociales agrarias, Universidad Politécnica de Madrid.

(2) Departamento de Estadística, Estructura Económica y Organización Ec. Internacional, Universidad de Alcalá.

(3) Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia, Universidad Politécnica de Madrid.

## Resumen

Debido a las interacciones del sector agrícola con el medio natural, el cambio climático supondrá grandes cambios para la agricultura. Si bien muchos de estos cambios se darán por un aumento en los riesgos a los que expone la agricultura, también cabe destacar las oportunidades que se crearán debido a los impactos heterogéneos que acarreará el cambio climático. Frente a estos riesgos y oportunidades, la agricultura deberá colaborar en la mitigación de gases de efecto invernadero así como desarrollar estrategias de adaptación para asegurar la productividad en el futuro. Este artículo presenta un resumen de los impactos climáticos y de los riesgos y oportunidades que supondrá el cambio climático para la agricultura en España. Luego se discutirán las oportunidades de adaptación y de mitigación que existen para la agricultura.

## 1 Introducción

El gran volumen de publicaciones sobre el cambio climático en los últimos dos años es el resultado de una preocupación pública y política, especialmente en relación con el futuro de la energía y del uso de los recursos naturales. Los efectos incuestionables de la variación climática sobre los ecosistemas (Rosenzweig *et al.* 2008) y el número alarmante de fenómenos climáticos extremos (IPCC 2007) subrayan la necesidad de diseñar intervenciones adecuadas para afrontar los retos del cambio climático.

Existen dos tipos de intervenciones políticas frente al cambio climático: el control de las emisiones de gases de efecto invernadero (mitigación) y los ajustes a las consecuencias del cambio (adaptación). El Protocolo de Kyoto de la Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas impone reducciones de las emisiones de gases de efecto invernadero y hasta muy recientemente las

negociaciones del UNFCCC se han basado fundamentalmente en la mitigación. Sin embargo, existe un reconocimiento creciente sobre la necesidad de incluir políticas de adaptación para alcanzar una sostenibilidad futura. Para alcanzar los niveles de sostenibilidad deseados es imprescindible comprender y cuantificar los impactos y las respuestas al cambio climático. En el informe Stern (Stern 2006) se argumenta que a finales del siglo XXI, el coste económico total que supone el cambio climático puede representar la pérdida de un 5% del producto interior bruto (PIB) potencial global. Si bien estos resultados han sido cuestionados (Fankhauser & Tol 2005; Quiroga & Iglesias 2007), el informe Stern contribuyó a lanzar a un diálogo público sobre los costes y los beneficios asociados a las estrategias de adaptación y mitigación.

Este artículo se centra en este debate desde el punto de vista de la agricultura europea, con un énfasis especial sobre la agricultura en España. La investigación busca comprender cuáles serán los impactos del cambio climático para luego facilitar el desarrollo de políticas de adaptación y mitigación adecuadas. La Figura 1 muestra el enfoque del análisis. En la Sección 2 se evalúan los impactos potenciales sobre la productividad de los cultivos y los recursos hídricos necesarios para el riego. La Sección 3 evalúa las necesidades de adaptación que se derivan de dichos impactos. Por último, la Sección 4 analiza la necesidad de que las prácticas de adaptación estén coordinadas con las de reducción de emisiones (mitigación).



**Figura 1 Enfoque del análisis**

## 2 Impactos del cambio climático sobre la agricultura

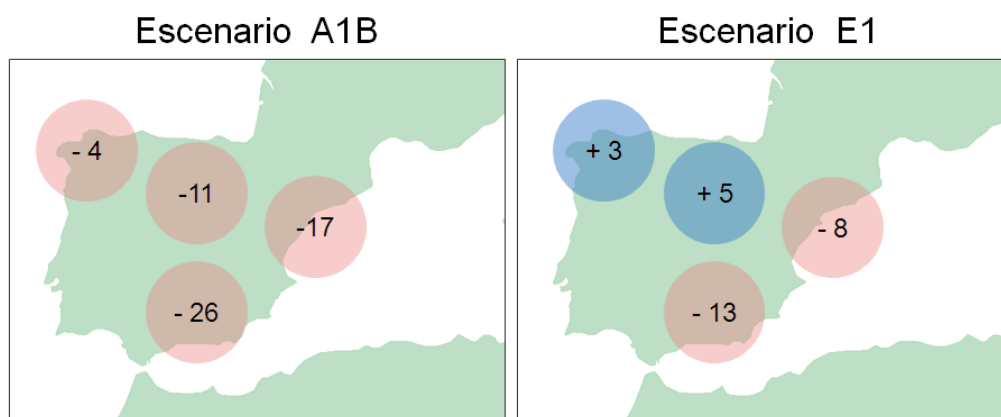
### 2.1 Cambios en la productividad de los cultivos

Para finales del siglo XXI, la gran mayoría de los modelos del sistema climático apuntan hacia un calentamiento global del orden de 2°C a 5°C y hacia aumentos en la precipitación global que oscilan entre el 5 y el 25% (IPCC 2007). Además se proyectan cambios en la distribución, intensidad y frecuencias de fenómenos extremos tales como olas de calor o sequías. Sin embargo, cabe recordar que existen grandes diferencias regionales. En Europa, dentro del proyecto CLIMATECOST (<http://www.climatecost.cc>) se han modelizado los cambios en la productividad de los cultivos para las distintas regiones agro-climáticas europeas. Para ello se han considerado un conjunto de escenarios proyectados para distintas sendas de emisiones representativas y distintos modelos climáticos para la década de 2080. La Tabla 1 describe el rango de escenarios que se han utilizado en el análisis.

**Tabla 1 Rango de escenarios climáticos considerados en el estudio**

Sendas de emisiones representativas (RPC)	Contexto	Emisiones (2050)	Modelos climáticos
A1B	Énfasis equilibrado en todas las fuentes de energía	574 ppm CO <sub>2</sub>	DMIEH5-4, HADGEM-1
E1	Estabilización de las emisiones	458 ppm CO <sub>2</sub>	DMICM3-1, DMICM3-2, HADGEM2-1

La Figura 2 muestra los cambios medios en la productividad de los cultivos estimados para las distintas zonas agroclimáticas en España (Atlántica, Mediterránea-continental, Mediterránea-norte y Mediterránea-sur). Para la obtención de estos resultados, se han tenido en cuenta los efectos positivos directos del CO<sub>2</sub> en los cultivos; las condiciones de secano y regadío en cada región; los cambios en la distribución de los cultivos bajo cada escenario debidos a la modificación de los cultivos que son idóneos en condiciones más cálidas; y posibles mecanismos de adaptación exógenos.



**Figura 2 Cambios en la productividad de cultivos, comparada con la productividad actual, para el periodo 2080 en los escenarios A1B y E1.**

Como se puede observar, el efecto del cambio climático en los cultivos de una región puede resultar positivo o negativo dependiendo de las características del clima, los cultivos actuales y los cambios potenciales. En general se observa contraste entre los impactos negativos en las regiones Mediterráneas y los efectos no tan severos (llegando a poder presentarse ventajas) en el resto de España, sobre todo en la región Atlántica. Por lo tanto, en consonancia con otros estudios (Iglesias et al., 2007, 2010; Quiroga et al., 2011) cabe destacar la predominancia de los impactos negativos para gran parte de la Península Ibérica en todos los escenarios. Las principales conclusiones que emergen son: (i) los incrementos en la temperatura alargarían la estación de crecimiento de los cultivos en regiones donde el potencial del cultivo está hoy en día limitado por el frío. En estas regiones el cambio climático podría verse como ventajoso para los cultivos. (ii) En las principales regiones de producción agraria actual, las altas temperaturas inducirán una maduración más temprana de los cultivos. (iii) En la región Mediterránea todos los estudios destacan los efectos negativos para la mayoría de los cultivos, especialmente en las regiones que sufren de mayor escasez de agua. La Tabla 3 resume las posibles implicaciones de los escenarios de clima futuro para algunos grupos de cultivos.

**Tabla 3 Posibles implicaciones del cambio climático en algunos grupos de cultivos**

Cultivo o tipo de cultivo	Implicaciones de los escenarios de cambio climático
Cereales de primavera y forrajes	Beneficios potenciales al incrementarse el periodo libre de heladas periodo libre de heladas. Daños por estrés térmico y sequía en primavera.
Cereales de invierno	Daños en la vernalización por incremento de temperaturas en invierno. Daños por estrés térmico y sequía en primavera.
Hortícolas	Incremento de las necesidades de riego. Aumento de plagas y enfermedades durante todo el ciclo.

Hortícolas protegidos	Disminución del apoyo de calefacción y posibilidad de ampliar calendarios y gama de productos.
Viñedo	Variación de la calidad de la uva y del vino. Necesidad de introducir nuevas variedades. Desplazamiento de las zonas de cultivo. Necesidad de intensificar la superficie regada y el volumen de agua por superficie.

Los cereales (trigo y cebada) representan la producción tradicional en secano, ocupando más de la mitad de la superficie de cultivos en secano en España (MARM, 2009). Es una de las producciones más directamente afectadas por las variaciones climatológicas. Otro cultivo mediterráneo determinante en España es la vid: el viñedo español es el que más superficie ocupa en el mundo y se ha establecido tradicionalmente en condiciones de restricciones hídricas e integrales térmicas adecuadas para la maduración de variedades típicas en cada zona. El cambio climático puede afectar a la productividad y, desde luego, a la pérdida de la tipicidad de los productos (Denominaciones de Origen) y al cambio en el estilo del vino.

El cambio climático puede suponer oportunidades y riesgos para distintas zonas de producción, dependiendo de las características del clima y de los cultivos actuales y de los cambios potenciales. La mayoría de los estudios están de acuerdo en la distribución espacial de los efectos (Rosenzweig et al. 2004; Parry et al 2004; Long et al. 2006; Iglesias et al. 2007a). En la región Mediterránea los efectos pueden ser particularmente negativos si disminuye la disponibilidad de agua para la agricultura. Para esta región es de especial importancia tener en cuenta que la alteración en los regímenes hídricos supone una necesidad de redefinir el uso de agua por la agricultura (Vorosmarty et al. 2010; Iglesias et al. 2011; Alcamo et al. 2007).

## 2.2 Implicaciones para la gestión del agua

La sequía y la escasez de agua representan un riesgo potencial importante para la mayoría de las zonas agro-climáticas en España, aunque dicho riesgo a lo largo de las distintas regiones no es ni mucho menos homogéneo, siendo la región Mediterránea la más vulnerable. La Tabla 4 resume los riesgos del cambio climático sobre los recursos hídricos en las distintas regiones agroclimáticas en España. En lo referente al futuro, las proyecciones de cambio climático indican un aumento en la probabilidad de sequías especialmente en toda la franja Mediterránea (Iglesias *et al.* 2008; Bates *et al.* 2008). La combinación de los cambios a largo plazo (mayores temperaturas medias)

unidos a un mayor número de eventos extremos (sequías) podría tener un impacto decisivo en la disponibilidad de recursos hídricos a la vez que la demanda de riego se incrementa notablemente (Iglesias *et al.* 2009).

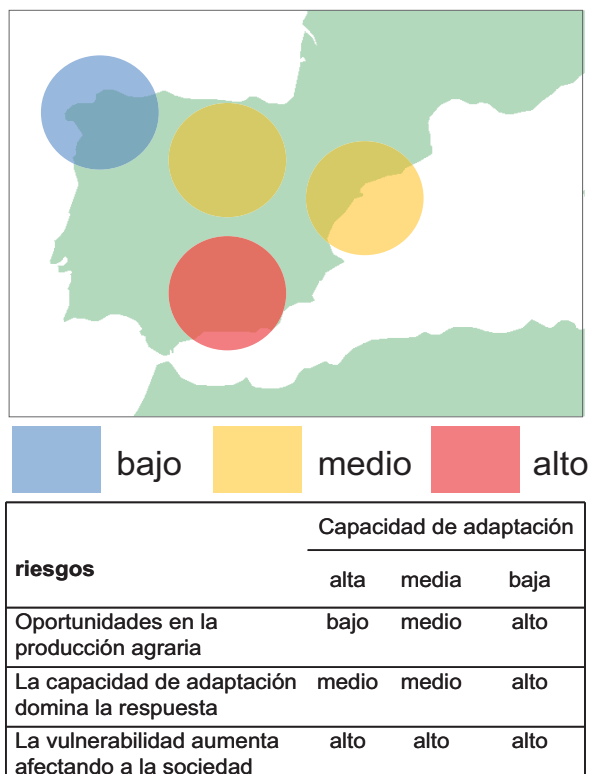
**Tabla 4 Implicaciones sobre los recursos hídricos en distintas zonas agro-climáticas de España (Fuente: Iglesias *et al.*, 2011)**

Descripción	Atlántica	Mediterránea-continental	Mediterránea (norte y sur)
Aumento del riesgo de inundaciones	B	B	B
Aumento del riesgo de la sequía y la escasez de agua	A	A	A
El aumento de las necesidades de riego	M	A	A
Deterioro de la calidad del agua	B	B	B
La erosión de los suelos, la salinización, la desertificación	M	A	A
Pérdida de glaciares y permafrost (suelos con hielo, que actúan como reserva de agua)	B	B	B
Elevación del nivel del mar	A	B	A

A=Alto M=Medio B=Bajo

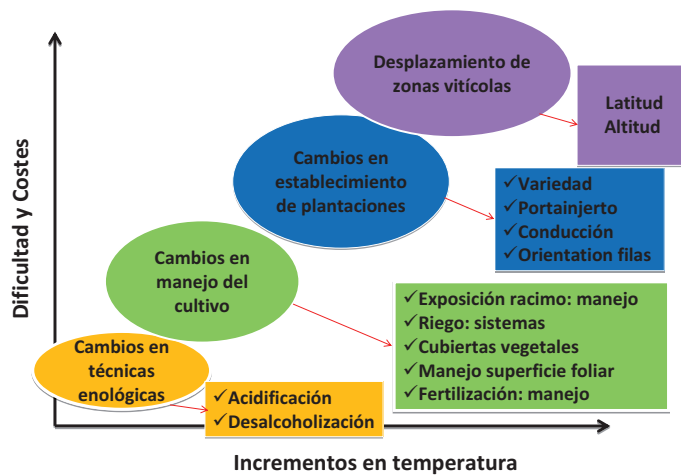
### 3 Adaptación

La sección anterior ha establecido cuales serán los impactos del cambio climático, así como los riesgos y oportunidades que crearán estos impactos. En esta sección se analizan las necesidades de adaptación de la agricultura que se derivan de estos impactos. La capacidad de adaptación de la agricultura depende de las limitaciones de infraestructura, disponibilidad de recursos y regulaciones agrarias que puedan existir. La Comisión Europea publicó a mediados del 2007 el Libro Verde de la Adaptación al Cambio Climático en Europa: Opciones de actuación para la UE (COM (2007) 354 2007), donde expone las líneas de acción relativas a la adaptación para los próximos años. Teniendo en cuenta los avances tecnológicos y el nivel de desarrollo en Europa, la mayor parte de los agricultores europeos se podrán adaptar al cambio climático, sin embargo no todas las regiones tienen el mismo potencial de adaptación. Las regulaciones agrarias son un componente importante en la adaptación ya que pueden ayudar a compensar los efectos adversos o potenciar los beneficiosos. Sin embargo también pueden limitar las opciones de respuesta de dichos sistemas al restringir la libertad de su diseño. El diseño de estrategias efectivas de adaptación al cambio climático en la agricultura tiene como objetivo ayudar a los agricultores y ganaderos a reducir sus efectos. La Figura 3 resume la interacción entre los riesgos y la capacidad de adaptación para distintas zonas agro-climáticas en España.



**Figura 3 Riesgos y capacidad de adaptación al cambio climático en las distintas regiones agroclimáticas en España**

En todos los casos los escenarios de cambio climático implican la necesidad de aumentar considerablemente los aportes de agua para el regadío. Esta estrategia presenta problemas puesto que la disponibilidad de agua a bajo coste es cuestionable debido a la hidrogeología y a la competencia entre usuarios. La posibilidad de aumentos en la superficie regada, en el caso de haber agua disponible, también está determinada por consideraciones económicas y sociales. En el caso de la vid se han propuesto diversas medidas de adaptación que tienen efectos más o menos marcados en la solución de los inconvenientes y que, a su vez, tienen niveles distintos de posibilidades de aplicación o de costes. (Figura 4)



**Figura 4 Medidas de adaptación propuestas para el viñedo (Fuente: Aruani, 2010; Cahill, 2008. Adaptación V. Sotés)**

Es importante resaltar la vulnerabilidad y las limitaciones técnicas y sociales para la adaptación de la región Mediterránea a la sequía y escasez de agua. Las medidas que ayuden a reducir la vulnerabilidad a los riesgos climáticos y aprovechar las oportunidades deben incluir a los distintos niveles del sistema productivo: agricultores, mercados, y sector público. Es especialmente importante evaluar de qué manera participan combinadamente los sectores público y privado en la externalización de los riesgos, especialmente ante situaciones de catástrofe. Las regulaciones agrarias en principio pueden ayudar a potenciar las oportunidades y mitigar los riesgos. Sin embargo también pueden limitar las opciones de respuesta de dichos sistemas ya que restringen la libertad en su diseño.

## 4 Mitigación

### 4.1 Las emisiones de gases de efecto invernadero de la agricultura

La agricultura cubre casi el 60% de la superficie de la tierra y las tierras de cultivo más de la cuarta parte. Según un informe de FAO de 2006, la agricultura es responsable de un 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo. La ganadería es la mayor responsable de esta desorbitada cifra (más de la mitad del valor en todas las regiones), pero la cifra también incluye las emisiones virtuales derivadas de la no absorción del CO<sub>2</sub> en los terrenos deforestados y las emisiones del transporte y manufacturación de los productos agroalimentarios (que probablemente debiera ser computado a otros sectores). Según la Agencia Europea de Medio Ambiente la



agricultura contribuye alrededor de un 9% a las emisiones totales de gases de efecto invernadero de la Unión Europea (EEA 2010).

Sin embargo, la agricultura también puede jugar un gran papel en la mitigación. Smith *et al.* (2007) han evaluado el potencial de mitigación de una serie de prácticas agrarias. Sus resultados son la base de la evaluación de la contribución de la agricultura al cambio climático realizado por el IPCC en 2007, así como de los informes de FAO (2006). Los beneficios medioambientales derivados de la implantación de este tipo de medidas incluyen efectos positivos sobre la biodiversidad, reducción de la erosión del suelo, incremento de la precipitación efectiva y disminución de la pérdida de minerales, entre otros.

Un claro ejemplo del valor de la agricultura es el de los cultivos leñosos. Si bien los bosques son importantes fuentes de emisiones también juegan un papel importantísimo en términos de la absorción del carbono a nivel global. De hecho las reservas globales acumulan un total de 1650 Gt (gigatoneladas) y los sumideros capturan 2,6 Gt de carbono al año. Las emisiones por deforestación a nivel global ascienden a una suma equivalente al 20% de las emisiones de GHGs. España cuenta con 14,4 millones de hectáreas de bosques, la cuarta concentración más grande de Europa. Montero *et al.* (2005) han determinado que los bosques españoles fijan 75 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año, una cantidad equivalente al 19% de las emisiones anuales del país en 2006.

Otra lección valiosa es la del sector vitivinícola donde se han lanzado iniciativas, privadas y públicas, para establecer protocolos de medición de las emisiones de GEI. Tres son los principales protocolos que han empezado a utilizarse en el sector vitivinícola. Dos cuyo origen se encuentra en instituciones públicas, “Bilan Carbone” en Francia y “PAS 2050” en el Reino Unido y uno, el IWCCP, nacido por iniciativa del sector privado. Este último es el único que ha sido desarrollado pensando específicamente a la producción del vino. Si bien hay diferencias filosóficas y de implementación los protocolos permiten a las empresas analizar su sistema de producción a la vez que facilitan la creación de un sistema de cálculo de la huella del carbono de los productos. Estos enfoques para el sector agrícola tienen la ventaja de ser flexibles y adaptables a las distintas condiciones requeridas por los productores, además de facilitar la cooperación privada y pública en la búsqueda de soluciones de mitigación.

## 5 Conclusiones

A pesar del progreso internacional para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (políticas de mitigación), el sistema climático continuará su ajuste a las emisiones actuales durante las próximas décadas, con efectos inevitables en los sistemas naturales o intervenidos por el hombre. El reto es prepararse para las condiciones cambiantes, responder a ellas o recuperarse de los impactos (políticas de adaptación). En este artículo se ha presentado un resumen de los impactos más significativos que acarreará el cambio climático para la agricultura así como una discusión de las posibilidades de adaptación y mitigación que se pueden aplicar al sector agrícola.

Los desarrollos políticos recientes tales como la propuesta legislativa bajo el “Chequeo Medico” de la PAC (COM (2008) 306/4), los esfuerzos de la Comisión Europea para proteger a sus ciudadanos del cambio climático, y la revisión de los presupuestos de la Unión Europea, aportan una oportunidad para re-orientar la política agrícola y fortalecer las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático. Antes de 2020 la Comisión propone una reducción de un 10% de las emisiones sobre los niveles de 2005 para los sectores no incluidos en los ETS (Emission Trading Schemes), tal como la agricultura. Será la responsabilidad de los Estados Miembros individuales determinar los objetivos específicos para cada sector y seleccionar la combinación de medidas y políticas que sean más favorables en la relación coste-efectivas. En el presente, la agricultura no tiene compromisos adquiridos para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, aunque esto puede cambiar en un futuro muy próximo. Sin embargo, está claro que el sector agrario de la Unión Europea necesita ser consciente de las necesidades de su contribución para la mitigación de gases de efecto invernadero.

Con el fin de que las medidas sean efectivas, se necesita saber si las políticas de mitigación son adecuadas para la adaptación de la agricultura al cambio climático. Es necesario desarrollar marcos conceptuales para la evaluación conjunta de estos dos aspectos del cambio climático para reforzar los Planes de Actuación que se están empezando a desarrollar en la Unión Europea.

## 6 Referencias

Alcamo, J., Floerke M., Maerker M., (2007). Future long-term changes in global

- water resources driven by socio-economic and climatic changes. *Hydrological Sciences* 52(2): 247-275.
- Ciscar, J.C., Iglesias, A., Feyen, L., Szabo, L., van Regemorter, D., Amelung, B., Nicholls, R., Watkiss, P., Christensen, O.B., Dankers, R., Garrote, L., Goodess, C.M., Hunt, A., Moreno, A., Richards, J., Soria, A. 2011. Physical and economic consequences of climate change in Europe. *Proceedings of the National Academy of Science* (in press)
- COM (2007): 354 (2007) Green Paper on Adaptation to Climate Change
- COM (2008): 306/4. Propuesta de reglamento del consejo en el marco del chequeo médico de la PAC
- EEA 2010. Europe's Environment – The fourth assessment. Available at: [http://www.eea.europa.eu/publications/state\\_of\\_environment\\_report\\_2007\\_1](http://www.eea.europa.eu/publications/state_of_environment_report_2007_1)
- Fankhauser S, Tol RSJ (2005): On Climate Change and Economic Growth. *Resource and Energy Economics*, 27, 1-17
- Iglesias A, Cancelliere A, Cubillo F, Garrote L, Wilhite DA (2009) Coping with drought risk in agriculture and water supply systems: Drought management and policy development in the Mediterranean. Springer, The Netherlands.
- Iglesias A., Quiroga S., 2007. Measuring the risk of climate variability to cereal production at five sites in Spain. *Climate Research*, 34, 47-57.
- Iglesias, A., Garrote, L. Diz, A., Schlickenrieder, J., Martín-Carrasco, F. 2011 Rethinking water policy priorities in the Mediterranean region in view of climate change. *Environmental Science & Policy* (in press).
- Iglesias, S., Quiroga, S. and Schlickenrieder, J. (2010). Climate change and agricultural adaptation: assessing management uncertainty for four crop types in Spain. *Climate Research*, 44: 83–94.
- IPCC (2007) *Climate Change 2007: Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Long S, Ainsworth EA, Leakey ADB, Nösberger J, Ort DR (2006): Food for Thought: Lower-Than-Expected Crop Yield Stimulation with Rising CO<sub>2</sub> concentrations. *Science* 312: 1918-1921
- MARM (2009): Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Políticas de cambio climático. Unidad de Análisis y Prospectiva, Serie Medio Ambiente, Enero 2009.
- Montero G., Ruiz-Peinado R., Muñoz M., 2005. "Producción de biomasa y fijación de CO<sub>2</sub> por los bosques españoles", Monografías INIA: Serie Forestal nº13, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid, 270 p.
- Parry, M.L., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Livermore, M., Fischer, G. (2004). Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change* 14, 53 – 67.
- Quiroga S, Iglesias A (2009) A comparison of the climate risks of cereal, citrus,

- grapevine and olive production in Spain. *Agricultural Systems* 101:91-100
- Quiroga S, Iglesias A. (2007) Projections of economic impacts of climate change in agriculture in Europe. *Economia Agraria y Recursos Naturales* 7(14): 65-82. (in English).
- Quiroga, S., Fernández-Haddad, Z., Iglesias, A. (2011) Crop yields response to water pressures in the Ebro basin in Spain: risk and water policy implications. *Hydrology Earth Systems Science*, 15: 505–518.
- Rosenzweig C, Strzepek K, Major D, Iglesias A, Yates D, Holt A, Hillel D (2004) Water availability for agriculture under climate change: Five international studies *Global Environmental Change*, 14, 345–360
- Rosenzweig, C., D. Karoly, M. Vicarelli, P. Neofotis, Q. Wu, G. Casassa, A. Menzel, T.L. Root, N. Estrella, B. Seguin, P. Tryjanowski, C. Liu, S. Rawlins, and A. Imeson, (2008) Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. *Nature*, 453, 353-357, doi:10.1038/nature06937.
- Smith P, Z. Somogyi, E. Trines, M. Ward, Y. Yamagata (2007) Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of Royal Society*, 363(1492), 789-813
- Stern N, Peters S, Bakhshi V, Bowen A, Cameron C, Catovsky S, Crane D, Cruickshank S, Dietz S, Edmonson N, Garbett SL, Hamid L, Hoffman G, Ingram D, Jones B, Patmore N, Radcliffe H, Sathiyarajah R, Stock M, Taylor C, Vernon T, Wanjie H, Zenghelis D (2006) *Stern Review: The Economics of Climate Change*, HM Treasury, London
- Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S.E., Sullivan, C.A., Reidy Liermann, C., Davies, P.M. (2010) Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467, 555 – 561.