



S. Quiroga*, C. Suárez, Z. Fernández-Haddad

Departamento de Economía, Facultad de Ciencias Económicas, Empresariales y Turismo, Universidad de Alcalá
Plaza de la Victoria, 2, Alcalá de Henares, Madrid, 28802

*Correo electrónico: sonia.quiroga@uah.es

44

Metodologías para la evaluación económica de los impactos del cambio climático y la adaptación en el sector agrícola y forestal

Resultados clave

- Se presenta una visión panorámica de algunos enfoques metodológicos que se pueden utilizar para avanzar en la caracterización de las relaciones entre el clima, agua y producción agraria y forestal.
- Se indican ejemplos donde se muestran los modelos que se han aplicado para explorar algunos aspectos importantes para la adaptación en los sectores agrícola y forestal en el Mediterráneo.
- Se realizan recomendaciones para su aplicación en las estrategias públicas y privadas de adaptación al cambio climático apropiadas al caso analizado que ayuden a mitigar los impactos con un menor coste económico, social y medioambiental.

Contexto

En Europa y en el mundo, el sector agroforestal es el principal usuario de los recursos naturales y ambientales como la tierra y el agua, además de que aún define a la sociedad en muchas áreas del continente conservando la vitalidad rural, por lo tanto es uno de los sectores más vulnerables en la economía de la región (Ciscar et al. 2011, Schlickerieder et al. 2011). A nivel mundial y europeo, el agua en la agricultura representa el 70% del agua disponible y la agro-silvicultura abarca el 78% del territorio de la Comunidad Europea, en donde el área agrícola utilizada representa aproximadamente 178 millones de hectáreas.

El impacto del cambio climático afectará de manera especial a los sectores agrícola y forestal puesto que tanto el esperado incremento de las temperaturas como el aumento de las presiones sobre los recursos hídricos generarán presiones elevadas sobre la producción

agroforestal tanto como sobre el mantenimiento adecuado de los ecosistemas. También, es probable que la presión impuesta por el cambio climático, en la agricultura y el agua, aumente las disparidades regionales existentes en las áreas rurales de Europa y de otras partes del mundo (IPCC 2007, EEA 2008, Stern et al. 2006). Dentro de Europa, de acuerdo con diversos escenarios de clima y población, la región Mediterránea será una de las más afectadas por el cambio climático, donde el riesgo climático puede comprometer los recursos hídricos necesarios para mantener la producción de alimentos (Iglesias et al. 2012a).

Los impactos del cambio climático sobre el sector forestal se pueden resumir en seis tipos: (i) reducción de la disponibilidad hídrica; (ii) aumento de la virulencia de los incendios; (iii) aumento de la torrencialidad; (iv) daños asociados a la velocidad del viento; (v) expansión del área de actuación de plagas y enfermedades; y (vi) modificación de la fenología y fisiología con efecto sobre la productividad. (Moreno 2005, Gracia et al. 2005, PNACC 2011). En cuanto a los impactos sobre el sector agrario, se pueden resumir en: (i) cambios en la productividad de los cultivos, (ii) cambios en las zonas agroclimáticas, (iii) mayor estrés hídrico, (iv) cambios en la erosión y la salinidad del suelo, (v) mayor incidencia de pestes y plagas. (Iglesias et al. 2012, Mínguez et al. 2005, PNACC 2011).

Por todo esto, la preocupación por valorar tanto los impactos de este cambio como las posibles medidas de adaptación para hacerle frente se ha vuelto un aspecto crucial. Por supuesto otros muchos factores son importantes, pero cada vez más, y especialmente en un contexto de crisis económica mundial, el aspecto económico de los impactos y la valoración económica de la adaptación está cobrando mayor importancia. Las medidas a tomar tanto en el contexto de la mitigación –

con el fin de reducir la dimensión del cambio—como en el contexto de la adaptación—con el fin de adaptarse a los cambios y por tanto reducir sus impactos—son medidas costosas y se ha argumentado muchas veces su elevado coste económico como una barrera a la implementación. Por ello es muy importante de cara a una toma de decisión adecuada, que también sean evaluados los potenciales costes de los impactos así como los beneficios derivados de la implementación de diferentes medidas de adaptación posibles. Para ello sería importante evaluar tanto las medidas de política ambiental como aquellas más orientadas a impulsar la competitividad, teniendo en cuenta las relaciones de intercambio existentes entre ambas. Los análisis de la productividad y de la eficiencia en la producción son claves para entender el impacto económico en cuestiones tan relevantes como la deforestación, el agotamiento de los recursos naturales o la degradación ambiental además de las desigualdades regionales o el papel que juegan las políticas públicas (por ejemplo las políticas de adaptación) en el desarrollo regional. La evidencia sugiere que también la información sobre las condiciones climáticas y socio-económicas futuras es crucial en el desarrollo y mejora de políticas de adaptación y mitigación fundamentales a nivel europeo y local. Por lo tanto, es necesario realizar un análisis del impacto de las políticas tomando en cuenta variables socioeconómicas y biofísicas.

Los escenarios existentes sobre los impactos del cambio climático proyectan diferentes resultados, sin embargo son bastante consistentes en la distribución espacial de dichos efectos a nivel global y europeo (Iglesias et al. 2012b). El cambio climático tendrá un efecto beneficioso en la región Boreal (Finlandia y Suecia) pues tenderá a incrementar el rendimiento medio de los cultivos y a reducir la variabilidad en la productividad. Sin embargo, en las regiones Atlántica Central, Atlántica Sur, Mediterránea-Norte, Mediterránea-Sur los efectos serán menos beneficiosos y por lo tanto es necesario que las políticas de adaptación se centren en una mejor gestión basada en un incremento de la productividad media y una disminución de la variabilidad. Por último, las regiones Alpina y Continental muestran las mayores discrepancias respecto a las otras regiones, por ejemplo en la región Continental se proyecta un aumento en el rendimiento medio sin embargo es importante priorizar el riesgo a través de una reducción en la variabilidad de la productividad (González-Zeas et al. 2013).

Este capítulo presenta una visión panorámica de algunos enfoques metodológicos que se pueden utilizar para avanzar en la caracterización de las relaciones entre el clima, agua y producción tanto a corto como a largo plazo, tomando en cuenta variables de gestión y medidas de adaptación. Específicamente, nos vamos a centrar en algunos modelos que se han aplicado a contextos que tratan de explorar tres aspectos que nos parecen clave para la evaluación tanto de los impactos como de la adaptación en los sectores agrícola y forestal:

- (i) ¿Cuáles son los efectos del clima, las políticas de adaptación y la tecnología en la producción y en el valor añadido?
- (ii) ¿Cuáles son los efectos que se pueden esperar sobre la eficiencia económica de los usos productivos y cómo afectan a la distribución de las rentas del sector analizado? ¿Afecta esto a la capacidad de adaptación?

- (iii) ¿Cuál es el valor de la información sobre el clima en las decisiones de gestión y cómo puede contribuir a una mejor adaptación?

En la siguiente sección sobre adaptación nos centraremos en los enfoques que se han dado y que se podrían dar para explorar estas cuestiones desde el punto de vista económico. Como hemos señalado, de acuerdo con diversos escenarios de clima y población, la región Mediterránea será una de las más afectadas, teniendo como consecuencia un aumento en los conflictos por el agua entre los diversos sectores productivos, así como cambios en la competitividad y distribución social de los rendimientos agrícolas. Por ello centraremos parte de las aplicaciones de los modelos presentados en la región mediterránea que ya plantea importantes conflictos socioeconómicos, por las posibles presiones hídricas en el futuro (cambio climático, política de gestión hídrica, etc).

■ Adaptación

Efecto del clima, las políticas y la tecnología en la producción y en el valor añadido

En esta sección nos vamos a centrar en la presentación de modelos de función de producción estimada que proporcionan la producción potencial que se puede alcanzar en función de los factores utilizados en el proceso y de variables adicionales que afectan a la eficiencia. Por un lado permiten analizar los cambios en la eficiencia como respuesta al riesgo climático (impactos) y por otra parte evaluar los efectos de la introducción de políticas de adaptación mediante la simulación de distintos cambios en las variables susceptibles de gestión. Es evidente que una parte importante de los efectos del cambio climático sobre los sectores agrícola y forestal están caracterizados por cambios en la productividad y este tipo de modelos pueden utilizarse para estimar qué productos (cultivos, madera, otros productos forestales, etc.) tienen más riesgo climático y cómo se ven afectados ante cambios en los distintos factores de producción, como por ejemplo cambios en las políticas de reducción de superficie de regadío, que puede ser considerado una política de adaptación en contextos de conflicto por presiones sobre los recursos hídricos, especialmente en el Mediterráneo. Se estiman funciones de producción estadística, vinculando los factores biofísicos y socioeconómicos mediante la introducción de variables ambientales, hidrológicas, tecnológicas, geográficas y económicas para caracterizar el rendimiento de los principales productos agro-forestales.

Estas funciones no son únicas sino que varían dependiendo de los productos y las zonas. Un ejemplo de la especificación general del modelo podría encontrarse en el trabajo de Quiroga et al. (2011a) donde se analiza el rendimiento o valor añadido de algún producto agro-forestal en una localización geográfica concreta en el año t . Este tipo de enfoques se ha utilizado también en otras áreas como el análisis geofísico (Egozcue et al. 2006, Sánchez-Arcilla et al. 2008). Una serie de variables explicativas incluyendo factores de producción—como el trabajo o la maquinaria, el agua utilizada o la superficie de tierra de regadío—algunas variables de contorno—como la altitud o el área de localización dentro de la cuenca—y variables de riesgo climático—como precipitación, temperatura media, heladas o sequías—se incluyen para tratar de estimar

efectos de respuesta a los factores que caracterizan tanto el riesgo climático (entendido a través de variaciones en las variables mencionadas, por ejemplo, un incremento en los valores climáticos extremos como heladas o sequías) como posibles respuestas compensatorias desde el punto de vista de mejorar la productividad.

Los resultados de la estimación de este tipo de modelos proporcionan información sobre el mejor cultivo para minimizar el riesgo, así como de su impacto en el valor agregado agrícola. En la Figura 1 se puede ver un ejemplo de aplicación de este tipo de modelos de función de producción estimada para la evaluación de impactos simulando la producción de un cultivo leñoso como el viñedo para distintos escenarios de cambio climático para 2080 (Iglesias et al. 2010). Se pueden observar grandes diferencias regionales que pueden ayudar en gran medida a priorizar las necesidades de adaptación en términos geográficos y por tipo de cultivo. Se presenta el porcentaje de cambio en la productividad media como

respuesta a los cambios en la temperatura media en tres regiones agroclimáticas muy distintas donde se puede observar que los impactos pueden ser positivos o no tener efecto en los casos de Burgos y La Rioja mientras que en regiones más estresadas por el cambio climático como Córdoba el impacto puede tener consecuencias importantes, situándose en torno al 60% de disminución de rendimiento. Los distintos puntos en el gráfico representan 16 escenarios de cambio climático para 2080 cuyo detalle puede consultarse en Iglesias et al. (2010) y que proporcionan combinaciones de escenarios socio-económicos con sendas de CO2 con distintos modelos climáticos ampliamente utilizados en la literatura, con el fin de proporcionar una medida de incertidumbre sobre la proyección de clima futuro. No se considera tan relevante el detalle de cada uno de los escenarios como la idea de proporcionar una medida de variación de los impactos.

Adicionalmente, estos modelos se pueden utilizar para probar alguna simulación de política de

Figura 1.

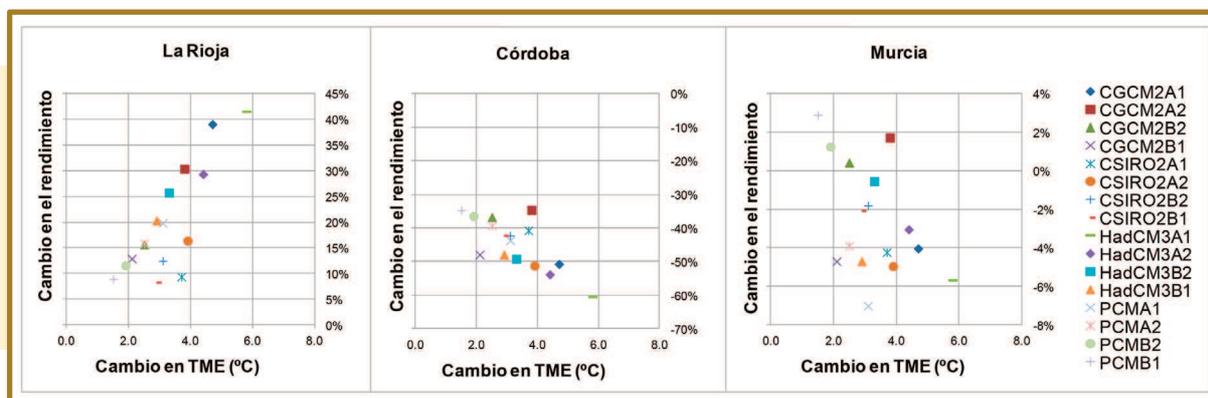


Figura 1. Diferencias regionales en % de cambio en la productividad media (PMe) como respuesta a los cambios en la Temperatura Media (TMe).

Fuente: Elaborado a partir de Iglesias et al. (2010).

adaptación, evaluando algunos escenarios basados en ajustes de algunos de los factores propuestos como por ejemplo, el área de regadío que puede ser una medida importante de política de adaptación para la conservación de ecosistemas en un contexto de creciente escasez del agua.

Sin embargo, de acuerdo a estos resultados, podría decirse que las políticas de reducción de área de regadío podrían ser una solución no dramática para la producción, lo cual deja fuera otros factores importantes como las consecuencias a largo plazo sobre la competitividad y la distribución social en la agricultura que afectan a la resiliencia y la capacidad de adaptación a largo plazo de las poblaciones humanas afectadas. Por ello, en la siguiente subsección nos ocuparemos de este tipo de modelos.

Efecto marginal de los impactos sobre la eficiencia económica y la equidad social

Con una visión de más largo plazo se pueden también plantear modelos para la evaluación del efecto de cambios en instrumentos de política como los mencionados anteriormente, sobre la eficiencia y la

distribución social de los rendimientos de los productos agro-forestales. Este análisis consta de dos partes, primero se estiman modelos que calculan la eficiencia en la producción utilizando datos históricos de rendimiento (Battese & Coelli 1988, 1992) y en segundo lugar se utiliza un indicador económico para medir las diferencias en la distribución de la renta y estimar así el impacto que tienen los cambios propuestos sobre la desigualdad del rendimiento en cada caso.

Este tipo de análisis tiene muchas aplicaciones en diversas áreas del conocimiento. En el sector de la industria forestal Herruzo et al. (2008) llevan a cabo un análisis de eficiencia productiva para posteriormente relacionarlo con la gestión ambiental que llevan a cabo las empresas de esta industria. Sus conclusiones proporcionan información sobre qué tipo de industrias del sector forestal llevan una mejor gestión ambiental, en concreto, señalan que en general las empresas de este sector que tienen implantados sistemas de gestión ambiental alcanzan unos mayores valores de eficiencia. Entre los sectores de esta industria, el del papel es el que muestra una mayor predisposición a la implantación de la gestión ambiental, siendo en general esta implantación más débil en las empresas pequeñas y medianas.

Fernández-Haddad et al. (2013) consideran los cultivos más importantes (trigo, arroz, viñedo, alfalfa, maíz, entre otros) de acuerdo a su importancia en el área total agrícola de la cuenca del Ebro y calculan los efectos marginales que podría tener una política de reducción de hectáreas agrícolas en regadío sobre la competitividad (eficiencia) y la distribución de la renta (equidad) en cambios porcentuales. El concepto de efecto marginal es clave en economía y se refiere a la variación que tiene lugar en la producción cuando varían en una unidad adicional (monetaria, física o porcentual) los factores involucrados en su producción. Esta información es importante en términos de adaptación porque permite evaluar el efecto de una política concreta de adaptación sobre la eficiencia económica pero también sobre la distribución de la renta, que puede ser un factor clave ligado a la resiliencia de los sistemas y a la capacidad de adaptación. Es importante considerar que en este capítulo se considera el sistema como un sistema socio-ecológico, donde la resiliencia es también social y por ello es importante considerar el aspecto de la equidad.

Teniendo en cuenta la naturaleza multiproducto del sector forestal, Galindo et al. (2014) contribuyen con un análisis de eficiencia en el que se pueden observar diferencias regionales en la eficiencia de los sistemas forestales que pueden ayudar a priorizar la vulnerabilidad y por tanto las necesidades de adaptación en términos geográficos (Figura 2). Por ejemplo, las regiones que ya alcanzan alto nivel de eficiencia tendrán menos margen para fomentar políticas económicas de mejora de gestión que permitan disminuir la vulnerabilidad del sistema frente a impactos del cambio climático.

Otro importante análisis llevado a cabo en este trabajo, es el vincular la eficiencia a los distintos tipos de propiedad (privada, públicas) de los bosques. Se obtiene como conclusión de este análisis la importancia del tipo de propiedad en los niveles de eficiencia y producción alcanzados. Por ejemplo, se encuentra que la eficiencia es más elevada cuando los tipos de propiedad son vecinales o de Comunidades Autónomas, lo cual puede ir vinculado al impacto positivo de las políticas de protección de la naturaleza a la vez que están menos afectadas por los incentivos de las políticas agrícolas y de desarrollo rural.

El valor de la información hidro-meteorológica en las medidas de mejora de la gestión para una mejor adaptación

En esta subsección nos centramos en un ejemplo metodológico que analiza el proceso de toma de decisiones de los gestores de los recursos hídricos para la adaptación al cambio climático, centrándose en el valor añadido proporcionado por las proyecciones del clima a través del concepto de aversión al riesgo. En Cerdá & Quiroga (2009) y en Quiroga et al. (2011b) se analizan problemas simplificados de toma de decisiones con el objetivo de la implementación de medidas de reducción de demanda de recursos hídricos para adaptar la demanda del sistema a la disponibilidad de agua bajo escenarios de cambio climático futuros.

Esta versión del proceso de toma de decisiones enfrentada por los administradores del agua proporciona una estimación del valor de la información de la incorporación de consideraciones de cambio climático y los fenómenos extremos en la toma de decisiones,

■ **Figura 2.**



▲ **Figura 2.** Diferencias regionales en los niveles de eficiencia para la priorización de la vulnerabilidad al cambio climático.

Fuente: Elaborado a partir de Galindo et al. (2014).

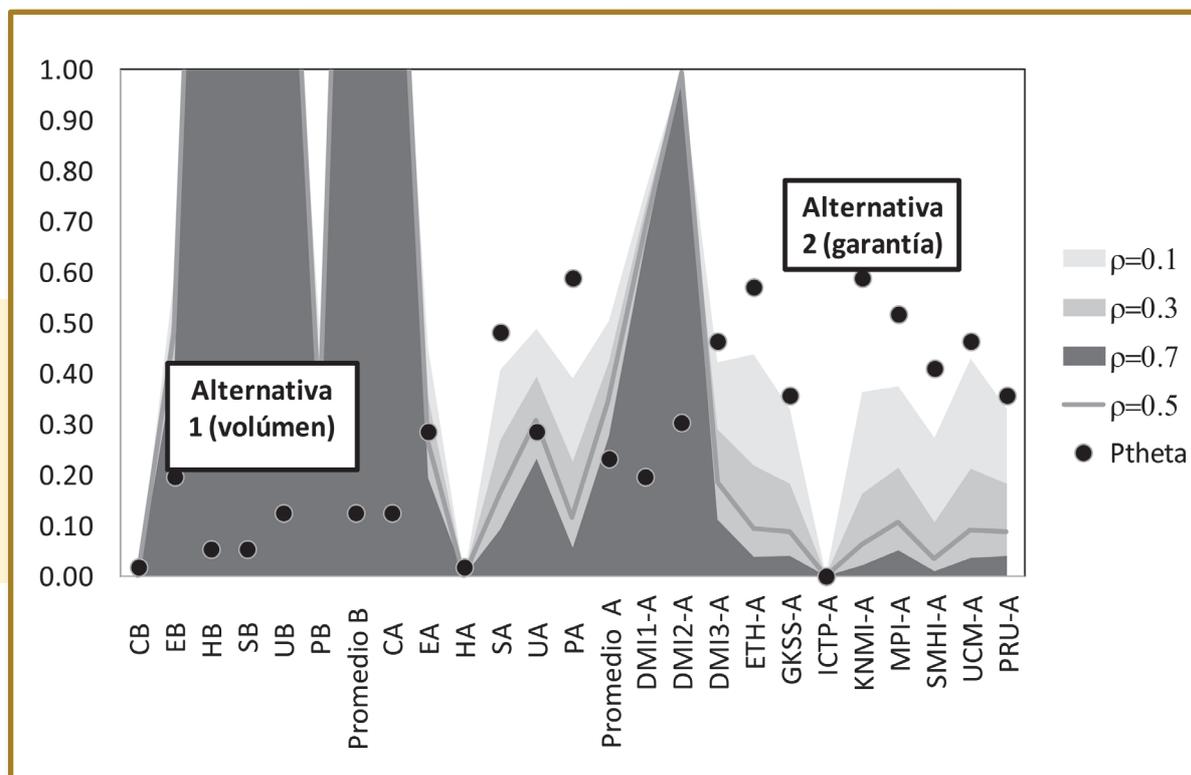
especialmente en el contexto de la gestión de cuencas fluviales y los planes y programas relacionados con la asignación del agua y la fiabilidad de suministro. Estos modelos presentan una evaluación del valor económico de la información de sequía para la gestión del agua bajo un contexto de cambio climático y en el ejemplo aplicado en Quiroga et al. (2011b) se concreta para la cuenca del Ebro. En la adaptación a una posible reducción del suministro de agua en los sistemas hídricos, se consideran dos posibles alternativas: la primera considera mantener la asignación del agua para la agricultura, reduciendo la garantía de suministro y la segunda se plantea como una reducción en el suministro de agua para los distintos sectores, manteniendo la garantía de dicho suministro. Los resultados de la política óptima de este ejemplo se detallan en la Figura 3. Los detalles de la interpretación pueden consultarse en Quiroga et al. (2011b). En resumen, las barras representan umbrales en la toma de decisión, de tal forma que si la probabilidad de sequía (representada por los puntos negros) queda por encima de esos umbrales, la decisión óptima es la reducción de la garantía de suministro hídrico, mientras que en los casos en que la probabilidad es menor que dichos umbrales, la mejor decisión sería reducir las dotaciones de volumen de agua a los usuarios. Los umbrales están definidos en función de la actitud frente al riesgo del decisor (cuanto mayor es ρ más dispuesto está el individuo a asumir riesgos).

Un buen resumen de la literatura relacionada con las tomas de decisiones relacionadas con problemas forestales se puede encontrar en Diaz-Balteiro & Romero (2008).

■ Recomendaciones para su aplicación

En función de la metodología descrita en los apartados anteriores se pueden desarrollar aplicaciones concretas para identificar las estrategias públicas y privadas de adaptación al cambio climático más apropiadas en cada caso y evaluar la capacidad de adaptación de una región en estudio, para mitigar los impactos con un menor coste económico, social y medioambiental. Para ello se han planteado algunos ejemplos concretos de medidas de adaptación que pueden evaluarse con este tipo de modelos. El tipo de medidas no se limita a soluciones técnicas de ejecución de infraestructura o a actuaciones de gestión y si procura identificar soluciones en un marco socioeconómico más amplio, incluyendo el contexto social. El tipo de metodología que se puede aplicar en cada caso a impactos, adaptación, etc. en los distintos sectores depende básicamente del tipo de datos disponibles para el análisis. No es sencillo establecer unos requerimientos estandarizados de información necesaria por tipo de problema, si bien es cierto que las funciones de producción o modelos de eficiencia pueden llevarse a cabo tanto con información estadística agregada (por ejemplo series temporales provinciales de producción) como con información a nivel de explotación o agentes, para estimar modelos de decisión suele necesitarse información individualizada de las decisiones a tomar.

■ **Figura 3.**



▲ **Figura 3.** Política óptima de dos medidas de adaptación al cambio climático en la gestión de los recursos hídricos (elección entre la garantía de suministro y la reducción del volumen).

Fuente: Elaborado a partir de Quiroga et al. (2011b).

■ Referencias bibliográficas

- Battese GE, Coelli TJ (1988) Prediction of Firm-level Technical Efficiencies with a Generalized Frontier Production Function and Panel Data. *Journal of Econometrics* 38:387-399
- Battese GE, Coelli TJ (1992) Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India. *Journal of Productivity Analysis* 3:153-169
- Cerdá E, Quiroga S (2009) Economic value of weather forecasting: the role of risk aversion. *TOP: An Official Journal of the Spanish Society of Statistics and Operations Research* 19:130-149
- Ciscar JC, Iglesias A, Feyen L, Szabó L, Van Regemortera D, Amelung B, Nicholls R, Watkiss P, Christensen OB, Dankers R, Garrote L, Goodess CM, Hunt A, Moreno A, Richards J, Soria A (2011) Physical and economic consequences of climate change in Europe environmental sciences. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108:2678-2683
- Diaz-Balteiro L, Romero C, (2008) Making Forestry Decisions with Multiple Criteria: A Review and an Assessment. *Forest Ecology and Management* 255:3222-3241
- EEA (2008) *Impacts of climate change in Europe: an indicator based report*. EEA Report: No. 4/2008. JRC Reference Report: No. JRC47756
- Fernandez-Haddad Z, Quiroga S, Suárez C (2013) The role of water and agricultural policy over competitiveness and social disparities in the Mediterranean's production. *Nordic Environmental Social Science Proceedings* (en prensa)
- Galindo E, Quiroga S, Suárez C (2014) Analysing multi-product economic efficiency relative to forest ownership types. *International Union of Forest Research Organizations* (en prensa)
- González-Zeas D, Quiroga S, Iglesias A, Garrote L (2013) Looking beyond the average agricultural impacts in defining adaptation needs in Europe. *Regional Environmental Change* DOI: 10.1007/s10113-012-0388-0
- Gracia C, Gil L, Montero G (2005) Impactos sobre el sector forestal. En: Moreno JM, editor. *Evaluación preliminar de los impactos en España por el efecto del cambio climático*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid
- Herruzo Martínez A, Prieto Rodríguez A, Romero López C, González Pachón J, Calvo Medina X, Martínez Núñez M, Voces González R (2008) *Caracterización de la industria forestal en España: aspectos económicos y ambientales*. Fundación BBVA, Madrid
- Iglesias A, Garrote L, Quiroga S, Moneo M (2012b) A regional comparison of the effects on climate change on agricultural crops in Europe. *Climatic Change* 112:29-46
- Iglesias A, Quiroga S, Moneo M, Garrote L (2012a) From climate change impacts to the development of adaptation strategies: Challenges for agriculture in Europe. *Climatic Change* 112:143-168
- Iglesias A, Quiroga S, Schlickerrieder J (2010) Climate change and agricultural adaptation: assessing management uncertainty for four crop types in Spain. *Climatic Research* 44:83-94
- IPCC (2007) *Climate Change 2007: Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge
- Mínguez I, Ruiz A, Estrada A (2005) Impactos sobre el sector agrario. En: Moreno JM, editor. *Evaluación preliminar de los impactos en España por el efecto del cambio climático*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid
- Moreno JM (2005) *Evaluación preliminar de los impactos en España por el efecto del cambio climático*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid
- PNACC (2011). *Plan Nacional de adaptación al cambio climático*. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid
- Quiroga S, Fernández-Haddad Z, Iglesias A (2011a) Crop yields response to water pressures in the Ebro basin in Spain: risk and water policy implications. *Hydrology and Earth System Sciences* 15:505-518
- Quiroga S, Garrote L, Iglesias A, Fernández-Haddad Z, Schlickerrieder J, De Lama B, Mosso C, Sanchez-Arcilla A (2011b) The economic value of drought information for water management under climate change: a case study in the Ebro Basin. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 11:1-15
- Sánchez-Arcilla A, Gómez-Aguar J, Egozcue JJ, Ortego MI, Galiatsatou P, Prinos P (2008) Extremes from scarce data: The role of Bayesian and scaling techniques in reducing uncertainty. *Journal of Hydraulics Research* 46:224-234
- Stern N, Peters S, Bakhshi V, Bowen A, Cameron C, Catovsky S, Crane D, Cruickshank S, Dietz S, Edmonson N, Garbett S.L, 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