



IMPACTOS, VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SECTOR AGRARIO

Aproximación al conocimiento y prácticas de gestión
en España

PNACC
Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE



Oficina Española de Cambio Climático



Aviso Legal: los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización

Autor: Felipe Medina Martín

Coordinación: D.G. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

Fecha: Enero 2016



MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

Edita:

© Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
Secretaría General Técnica
Centro de Publicaciones

Distribución y venta:
Paseo de la Infanta Isabel, 1
28014 Madrid
Teléfono: 91 347 55 41
Fax: 91 347 57 22

NIPO: 280-16-287-7

Tienda virtual: www.magrama.es
centropublicaciones@magrama.es

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:
<http://publicacionesoficiales.boe.es/>

Este informe debe citarse de la siguiente manera:

Medina Martín, F. 2015: Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario: Aproximación al conocimiento y prácticas de gestión en España. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.

Las opiniones que se expresan en este informe son responsabilidad de los autores y no necesariamente del MAGRAMA o su personal.

ÍNDICE

Introducción	3
1-. El cambio climático y el sector agrario	4
2-. Estado del conocimiento en España sobre impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario	7
2.1 Contexto normativo	7
2.2 Principales organismos, centros de investigación y ejemplos de estudios de referencia.....	10
2.3 Señales, evidencias e impactos del cambio climático en el sector agrario	15
3-. Análisis de potenciales medidas de adaptación al cambio climático en el sector agrario	24
3.1 Ejemplos de medidas de adaptación en el sector agrario.....	25
3.2 El seguro agrario como medida de adaptación al cambio climático	29
4-. Conclusiones y lagunas de conocimiento detectadas.....	31
Bibliografía para el presente Informe	35
Bibliografía ampliada sobre esta materia.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cambios observados en el sistema climático.....	4
Figura 2. Cambios en la productividad de cultivos, comparada con la productividad actual.....	6
Figura 3. Estructura del nuevo pago verde establecido por la PAC para 2014-2020	8
Figura 4. Ejes y pilares del ciclo de la adaptación al cambio climático.....	9

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Detalle de los principales centros y organismos de referencia en materia de adaptación al cambio climático en el sector agrario en España.....	10
Tabla 2. Ejemplos de proyectos de investigación europeos que incluyen aspectos sobre adaptación de la producción agraria al cambio climático.....	14
Tabla 3. Posibles efectos positivos y negativos del clima en la producción de cultivos en Europa.....	17
Tabla 4. Posibles implicaciones del cambio climático en la península ibérica en algunos grupos de cultivos.....	18
Tabla 5. Impactos del cambio climático en relación con la producción agrícola en España	18
Tabla 6. Valoración de impactos y vulnerabilidad de producciones agrícolas	19
Tabla 7. Impactos del cambio climático en relación con la producción ganadera en España.....	21
Tabla 8. Valoración de impactos y vulnerabilidad de producciones ganaderas.....	23
Tabla 9. Resumen de estrategias y medidas de adaptación en producciones agrícolas: plazo de aplicabilidad y herramientas.....	26
Tabla 10. Resumen de estrategias y medidas de adaptación en producciones ganaderas: plazo de aplicabilidad y herramientas.....	27

Introducción

El cambio climático representa uno de los mayores retos ambientales que se plantean, tanto por sus dimensiones espaciales, como temporales según se ha podido constatar en el Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático publicado en 2013 y 2014 (en adelante IPCC por sus siglas en inglés). En ese contexto global, España es un país especialmente vulnerable a los efectos del cambio climático, tanto por su situación geográfica como por sus características socioeconómicas.

El compromiso de España en el gran reto que supone el cambio climático es firme. De hecho, nuestra especial vulnerabilidad a los impactos del cambio climático ha hecho necesario que hayamos sido pioneros en la puesta en marcha de un Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático para poder adecuar nuestro país a los impactos del cambio climático. Además, en los últimos años, España ha dado un nuevo enfoque a su política de cambio climático promoviendo las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero en España para cumplir con sus objetivos a 2020 y promover una transición hacia una economía baja en carbono y resiliente.

La aprobación en el año 2006 del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (en adelante PNACC) desarrollado por la Oficina Española de Cambio Climático (en adelante OECC), del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, establece el marco de referencia y coordinación nacional para las iniciativas y actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.

El Tercer Programa de Trabajo del PNACC, elaborado para el periodo 2014-2020, incluye entre sus ámbitos de trabajo y líneas de actividad prioritarias el sector agrario, así como la necesidad de integrar la adaptación al cambio climático en la planificación de los sectores naturales y económicos. En dicho Programa se especifica el potencial de adaptación del sector agrario y las líneas de trabajo para dicho sector.

El PNACC, y sus sucesivos programas de trabajo, tienen en consideración la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (en adelante CMNUCC) donde la adaptación ha ido cobrando cada vez mayor importancia, incluyendo la necesidad de que todos los países cuenten con un Plan Nacional de Adaptación y está además, estrechamente alineado con el contexto europeo el (Libro Blanco de Adaptación del 2009 y la posterior Estrategia Europea de Adaptación del 2013, vigente hasta 2020).

El objetivo principal de este informe es presentar una síntesis del estado actual del conocimiento sobre los impactos y vulnerabilidades del cambio climático en el ámbito agrícola y ganadero español, así como sobre potenciales prácticas y medidas de adaptación al cambio climático, facilitando así la transferencia y la identificación de áreas de trabajo donde es necesario profundizar más. De esta manera, se podrá afrontar mejor el reto de la adaptación y el desarrollo de medidas concretas enfocadas a reducir la vulnerabilidad del sector agrario a los efectos del cambio climático.

1.- El cambio climático y el sector agrario

Según el 5º Informe de Evaluación del IPCC, el calentamiento en el sistema climático es inequívoco y, desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado. Las emisiones continuas de gases de efecto invernadero causarán un mayor calentamiento y nuevos cambios en todos los componentes del sistema climático. Para contener el cambio climático o al menos minimizar sus efectos, será necesario reducir de forma sustancial y sostenida las emisiones de gases de efecto invernadero.

Figura 1. Cambios observados en el sistema climático.

La atmósfera:	<ul style="list-style-type: none">• Cada uno de los tres últimos decenios ha sido sucesivamente más cálido en la superficie de la Tierra que cualquier decenio anterior desde 1850. En el hemisferio norte, es probable que el período 1983-2012 haya sido el período de 30 años más cálido de los últimos 1 400 años (nivel de confianza medio).
Los océanos:	<ul style="list-style-type: none">• El calentamiento del océano domina sobre el incremento de la energía almacenada en el sistema climático y representa más del 90% de la energía acumulada entre 1971 y 2010 (nivel de confianza alto). Es prácticamente seguro que la capa superior del océano (0-700 metros) se haya calentado entre 1971 y 2010, y es probable que se haya calentado entre la década de 1870 y 1971.
La criosfera:	<ul style="list-style-type: none">• En los dos últimos decenios, los mantos de hielo de Groenlandia y la Antártida han ido perdiendo masa, los glaciares han continuado menguando en casi todo el mundo y el hielo del Ártico y el manto de nieve en primavera en el hemisferio norte han seguido reduciéndose en extensión (nivel de confianza alto).
El nivel del mar:	<ul style="list-style-type: none">• Desde mediados del siglo XIX, el ritmo de la elevación del nivel del mar ha sido superior a la media de los dos milenios anteriores (nivel de confianza alto). Durante el período 1901-2010, el nivel medio global del mar se elevó 0,19 metros [0,17 a 0,21 metros].
El ciclo del carbono y otros ciclos biogeoquímicos:	<ul style="list-style-type: none">• En los últimos 800.000 años, las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nítrico han aumentado a niveles sin precedentes. Las concentraciones de dióxido de carbono han aumentado en un 40% desde la era preindustrial debido, en primer lugar, a las emisiones derivadas de los combustibles fósiles y, en segundo lugar, a las emisiones netas derivadas del cambio de uso del suelo. Los océanos han absorbido alrededor del 30% del dióxido de carbono antropogénico emitido, provocando su acidificación.

Fuente: IPCC 2013

A día de hoy, se considera que es imposible evitar el cambio climático en su totalidad y que la capacidad de adaptación tiene que aumentar, incluso en los países más desarrollados. La adaptación se centra en los efectos del cambio climático y en la adopción de políticas y medidas efectivas que doten a la sociedad de las condiciones y requisitos necesarios para hacer frente a los efectos del cambio climático, admitiendo los evidentes cambios. Las opciones de adaptación varían desde opciones tecnológicas hasta cambios en el comportamiento a nivel individual. Otras estrategias de adaptación son los sistemas de alerta temprana en relación con fenómenos extremos, el perfeccionamiento de la gestión de los riesgos, los seguros y la conservación de la diversidad biológica.

Los seres humanos han estado adaptándose al cambio en las condiciones climáticas durante milenios. Sin embargo, el cambio climático que el mundo está experimentando en la actualidad tiene lugar con mucha más rapidez que en ningún otro momento en los últimos 10.000 años.

Es importante tener en cuenta que las alteraciones climáticas no son uniformes en todas las regiones y que, por tanto, el cambio climático tiene distintas implicaciones regionales. En el caso concreto de

Europa, según ponen de manifiesto los recientes informes del IPCC (2013), a pesar de que las temperaturas medias globales en superficie han aumentado de forma algo más lenta en los últimos 15 años, el calentamiento sigue aumentando. Las observaciones de las concentraciones de CO₂, de las temperaturas promedio y del aumento del nivel del mar están dentro de los rangos que predecía el IPCC en sus anteriores informes. El IPCC ha evaluado cuatro nuevos escenarios posibles para el futuro, uno que mantiene el calentamiento por debajo de los 2°C (con un calentamiento medio de alrededor de 1,5°C para el 2100), uno que es el "business as usual" (si seguimos la tendencia actual y del que podría resultar un aumento de la temperatura alrededor de los 5 ° C para el 2100) y dos escenarios intermedios.

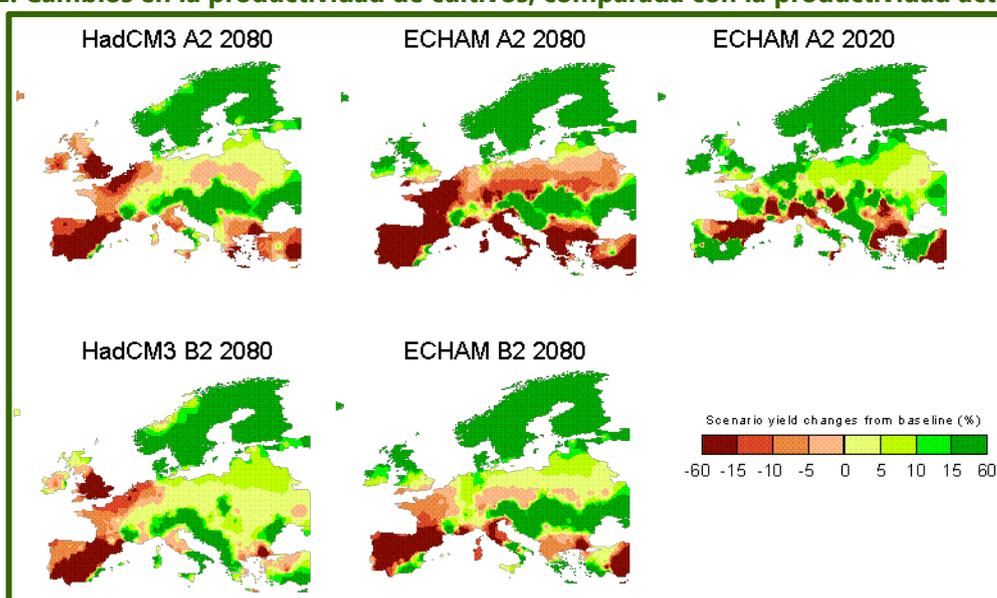
Según indica este último informe del IPCC en su Grupo de Trabajo II sobre "Impactos, adaptación y vulnerabilidad", las proyecciones apuntan a que el cambio climático hará que aumenten los riesgos ligados al clima ya existentes y se generen nuevos riesgos para los sistemas naturales y humanos. Algunos de esos riesgos se limitarán a un sector o región particular mientras que otros tendrán efectos en cascada. En menor medida, el cambio climático proyectado también indica algunos beneficios potenciales.

En el ámbito de la seguridad alimentaria y sistemas de producción de alimentos, y en concreto en relación con los principales cultivos (trigo, arroz y maíz) en las regiones tropicales y templadas, las proyecciones señalan que el cambio climático sin adaptación tendrá un impacto negativo en la producción con aumentos de la temperatura local de 2 °C o más por encima de los niveles de finales del siglo XX, aunque puede haber localidades individuales que resulten beneficiadas de este aumento. Los impactos proyectados varían para los distintos cultivos y regiones y los diferentes escenarios de adaptación; alrededor de un 10% de las proyecciones para el período 2030-2049 muestran ganancias de rendimientos superiores al 10%, y alrededor de un 10% de las proyecciones muestran pérdidas superiores al 25%, en comparación con finales del siglo XX. Después de 2050 el riesgo de impactos en el rendimiento más graves aumenta y depende del nivel de calentamiento. Las proyecciones indican que el cambio climático hará que aumente progresivamente la variabilidad interanual de los rendimientos de los cultivos en muchas regiones. Esos impactos proyectados ocurrirán en un contexto de rápido crecimiento de la demanda de cultivos. En el ámbito de las zonas rurales, se prevé que los impactos más importantes en el futuro ocurran a corto plazo y posteriormente en relación con la disponibilidad y el suministro de agua, la seguridad alimentaria y los ingresos agrícolas, especialmente en relación con cambios de las zonas de producción de cultivos alimentarios y no alimentarios en todo el mundo. Se prevé que esos impactos afecten desproporcionadamente al bienestar de los pobres en las zonas rurales, como las familias encabezadas por mujeres y las que tienen un acceso limitado a la tierra, los modernos insumos agrícolas, las infraestructuras y la educación. Podrán producirse más adaptaciones en relación con la agricultura, el agua, los bosques y la biodiversidad mediante políticas que tengan en cuenta los contextos rurales de adopción de decisiones. Mediante la reforma del comercio e inversiones se podrá mejorar el acceso a los mercados para las pequeñas explotaciones agrícolas (GTII 5AR IPCC, 2014).

A nivel europeo, según los resultados del proyecto PESETA II (2014) del Centro de Investigación Conjunta (*Joint Research Institute*, en adelante JRC), se espera que el cambio climático aumente las cosechas medias de la UE para el año 2020, aunque la variación entre las regiones, tipos de cultivos y escenarios climáticos es considerable. Sin embargo, es importante señalar que este análisis no tiene en cuenta los impactos del cambio climático sobre los rendimientos de fuera de la UE, que tienen cierta influencia en la producción agrícola en la UE.

La Figura 2 muestra los cambios en la productividad de los cultivos en Europa que se han modelizado en el proyecto PESETA del JRC para los escenarios HadCM3/HIRHAM A2 y B2 para la década de 2080 y para el escenario ECHAM A2 para la década de 2030. Para la obtención de estos resultados, se han tenido en cuenta los efectos positivos directos del CO₂ 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. Sin embargo, es muy importante señalar que no se han considerado restricciones en la disponibilidad de agua para riego debidas a cambios en las políticas existentes, y tampoco se han incluido en ningún caso restricciones en la aplicación de fertilizantes nitrogenados. Por lo tanto, los resultados deben considerarse optimistas desde el punto de vista de la producción y pesimistas desde un punto de vista medioambiental (Iglesias et al. 2012).

Figura 2. Cambios en la productividad de cultivos, comparada con la productividad actual



Fuente: proyecto PESETA (Iglesias et al., 2012)

El cambio climático es sin duda uno de los principales problemas ambientales al que la sociedad tiene que hacer frente. Son numerosas las iniciativas que se están poniendo en marcha a nivel internacional, nacional y local con el fin de abordar este problema. Por un lado, desde el punto de vista de la mitigación, se están emprendiendo un gran número de políticas y acciones para reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y, por otro lado, se están ejecutando acciones para adaptarse a las nuevas condiciones del clima actuales y futuras, que son las que centran el presente documento para el caso concreto del sector agrario español.

2-. Estado del conocimiento en España sobre impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario

2.1 Contexto normativo

El cambio climático constituye un fenómeno global, tanto por sus causas como por sus efectos y requiere de una respuesta multilateral basada en la colaboración de todos los países. La respuesta multilateral en el contexto de Naciones Unidas es la Convención Marco sobre Cambio Climático (CMNUCC). España, junto con el resto de Estados Miembros de la Unión Europea (en adelante UE), participa activamente en este proceso de negociación internacional.

La adaptación al cambio climático es una prioridad en las principales agendas políticas internacionales y, en estos momentos, existe una corriente internacional muy fuerte de desarrollo de numerosas iniciativas relativas a la adaptación. En el contexto de la CMNUCC, el Marco de Adaptación de Cancún, aprobado en 2010, define los objetivos y acciones para promover una adaptación efectiva e incluye entre otras, un Comité de Adaptación, un programa para ayudar a que los países menos desarrollados y en desarrollo elaboren sus Planes Nacionales de Adaptación y un Programa de Trabajo sobre Pérdidas y Daños asociados a los impactos del cambio climático en los países en desarrollo particularmente vulnerables. Otros programas de adaptación de la CMNUCC anteriores a este Marco, como el Programa de Trabajo de Nairobi sobre impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático, proporcionan abundante información de carácter científico, técnico y socioeconómico a los países a través de talleres y documentos técnicos. Así mismo, la CMNUCC y su Protocolo de Kioto han diseñado y establecido diversos fondos específicos para la lucha contra el cambio climático en países en desarrollo que incluyen actuaciones y proyectos de adaptación.

A nivel de la UE, durante 2013, la Comisión Europea lanzó una Comunicación bajo el título "Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Unión Europea". La finalidad general de esta estrategia es contribuir a una Europa más resiliente al clima y sus efectos. Ello supone mejorar la preparación y la capacidad de respuesta a los efectos del cambio climático a nivel local, regional, nacional y del conjunto de la UE, creando un planteamiento coherente y mejorando la coordinación.

Asimismo, dentro de la Política Agraria Común (PAC) se han venido realizando una serie de reformas desde su creación donde el medio ambiente y, por ende, el cambio climático, han ido cobrando mayor relevancia. De hecho, la última reforma de la PAC (2014-2020), adoptada a finales de 2013, incluye entre sus prioridades garantizar la gestión sostenible de los recursos naturales en un contexto de cambio climático y, en concreto, la reforma del primer pilar (ayudas directas para agricultores y ganaderos) recogida en el Reglamento (UE) nº 1307/2013, por el que se establecen normas aplicables a los pagos directos a los agricultores en virtud de los regímenes de ayuda incluidos en el marco de la PAC, establece un nuevo modelo de ayudas directas en el que se incluye un pago para prácticas agrícolas beneficiosas para el clima y el medio ambiente denominado "greening". Éste incluye una serie de prácticas encaminadas a hacer más sostenible la producción agraria: desarrollo de áreas de interés ecológico, rotación de cultivos y mantenimiento de pastos permanentes. El importe del "pago verde" es un porcentaje del valor total de los derechos de pago básico que activa cada año el agricultor (ligeramente superior al 50%). El pago básico está sujeto a las condiciones requeridas en el cumplimiento del pago verde.

Por otro lado, el Marco Estratégico Común de los Fondos Estructurales y de Inversión Europeos, Reglamento (UE) nº 1303/2013, por el que se establecen las disposiciones comunes y generales relativas a distintos fondos europeos (Fondo Europeo de Desarrollo Regional, Fondo Social Europeo, Fondo de Cohesión, Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural y Fondo Europeo Marítimo y de la Pesca), da una importancia especial al cambio climático en sus vertientes de mitigación y de adaptación, a través de sus Objetivos Temáticos 4 y 5.

El Reglamento (UE) nº 1305/2013 relativo a la ayuda al desarrollo rural a través del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER), establece como quinta Prioridad de Desarrollo Rural de la UE “Promover la eficiencia de los recursos y fomentar el paso a una economía baja en carbono capaz de adaptarse al cambio climático en los sectores agrario, pesquero, alimentario y forestal” y da la posibilidad a los Estados Miembros de incluir en sus Programas de Desarrollo Rural numerosas medidas que contribuyen a la mitigación del cambio climático y adaptación al mismo.

Figura 3. Estructura del nuevo pago verde establecido por la PAC para 2014-2020



Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2014

España cuenta además con su Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), cuyo Tercer Programa de trabajo para el periodo 2014-2020 se centra en promover acciones no sólo a escala nacional, sino también en el desarrollo de acciones conjuntas con otras administraciones, buscando sinergias, resultados replicables y complementariedad con otras iniciativas y marcos que se desarrollan en otros niveles administrativos, europeos, autonómicos y locales.

Las prioridades establecidas hasta ahora en los anteriores Programas de Trabajo del PNACC, centradas en la generación de escenarios de cambio climático regionalizados, en la evaluación de costes y beneficios de los impactos y la adaptación, y en los sectores, sistemas y ámbitos de los recursos hídricos, biodiversidad, zonas costeras, bosques, salud, turismo y agricultura, se siguen manteniendo como tales prioridades en el Tercer Programa, reconociendo su carácter de recursos estratégicos, ámbitos sensibles y vulnerables, importancia territorial y peso socio-económico.

El Tercer Programa de Trabajo del PNACC mantiene la estructura de sus cuatro ejes y dos pilares dando soporte al llamado "ciclo de la adaptación", proceso continuo, múltiple e interactivo donde sus distintos elementos -ejes y pilares- trabajan y producen resultados que se combinan para modelar el proceso de la adaptación en su conjunto. Se puede entender que el "ciclo de la adaptación" comienza con la generación y análisis de datos, información y conocimiento -eje 1- en materia de escenarios climáticos regionalizados, evaluación sectorial de impactos y vulnerabilidad, identificación de opciones de adaptación, evaluación de costes y beneficios y otras áreas. Este conocimiento, que puede llegar a producir herramientas y sistemas expertos de información, se transfiere mediante procesos de participación y movilización de actores -eje 3- a los responsables de la planificación y gestión de cada sector.

Figura 4. Ejes y pilares del ciclo de la adaptación al cambio climático



Fuente: Tercer Programa de Trabajo del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. MAGRAMA

El "ciclo de la adaptación" continúa cuando las necesidades de adaptación al cambio climático son explícitamente integradas en las normas e instrumentos que regulan cada sector correspondiente o en otros instrumentos de planificación transversal entre sectores -eje 2-. La integración en la normativa y la transferencia de información y conocimiento también contempla la elaboración de directrices técnicas, orientaciones, manuales de buenas prácticas, etc. para los diferentes sectores, como herramienta de apoyo para una aplicación efectiva de la adaptación al cambio climático. El -eje 4- sistema de indicadores de impactos, vulnerabilidad y adaptación- aporta el elemento necesario para el seguimiento, además de proporcionar una valiosa información a efectos de divulgación y sensibilización.

Cada eje puede catalizar el desarrollo de acciones en los otros ejes, de forma tal que el motor que mueve el "ciclo de la adaptación" es múltiple, distribuido y sometido a distintos factores de impulso. Una buena gobernanza en el desarrollo del PNACC se revela como imprescindible para armonizar el "ciclo de la adaptación" y los múltiples actores involucrados. Los Informes de seguimiento periódicos del PNACC, proporcionan el elemento de revisión y evaluación de resultados del "ciclo de adaptación". Los dos pilares de (i) coordinación entre administraciones y (ii) potenciación de la I+D+i reconocen, por un lado, la complejidad de la arquitectura institucional en España y el reparto de competencias en los sectores más vulnerables al cambio climático y, por otro lado, el papel principal, no solo de la investigación, sino también de la innovación, el desarrollo e implantación de tecnologías de adaptación.

En relación con el **sector agrario**, el Tercer Programa de Trabajo del PNACC señala que el conocimiento sobre sus impactos y vulnerabilidad al cambio climático en España es abundante pero disperso. Todavía hay mucho recorrido para una integración efectiva de la adaptación en la planificación y gestión del sector. Esta misma circunstancia ofrece una gran oportunidad para que el Tercer Programa de Trabajo del PNACC alcance resultados significativos en este campo.

2.2 Principales organismos, centros de investigación y ejemplos de estudios de referencia

Para afrontar un fenómeno tan diverso y complejo como el del cambio climático, es indispensable un esfuerzo continuado y un enfoque global orientado a identificar estrategias, políticas e instrumentos que permitan desarrollar medidas efectivas de actuación contra el cambio climático. La colaboración de los diversos actores, administraciones, empresas, centros de investigación, organizaciones sociales y ciudadanos es indispensable para avanzar en la búsqueda de soluciones, tanto desde el punto de vista de la mitigación como desde el ámbito de la adaptación al cambio climático. En la siguiente tabla se resumen los principales centros y organismos en España con líneas de trabajo en materia de adaptación al cambio climático y sector agrario.

Tabla 1. Detalle de los principales centros y organismos de referencia en materia de adaptación al cambio climático en el sector agrario en España

Estatal/CCAA	Centro u organismo	Web
De ámbito estatal	Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente	www.magrama.es
	Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria	www.inia.es
	Consejo Superior de Investigaciones Científicas - CSIC	http://www.csic.es/web/guest/home
Andalucía	Universidad de Córdoba – UCO	http://www.uco.es/
	Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA)	http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/web
	Observatorio de cambio global de Sierra Nevada/Universidad de Granada	http://www.ceama.es/node/207
	Observatorio de cambio global de Doñana/Estación Biológica de Doñana. CSIC	http://www.ebd.csic.es/observatorio-cambio-global
	Observatorio de cambio global de zonas áridas/Centro Andaluz para la Evaluación y Seguimiento del Cambio Global. Universidad Almería	http://www.caescg.org/
Aragón	Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA)	http://www.cita-aragon.es/
	Universidad de Zaragoza	http://www.unizar.es/

Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario:
Aproximación al conocimiento y prácticas de gestión en España

Estatal/CCAA	Centro u organismo	Web
	Instituto Pirenaico de Ecología (IPE)	http://www.ipe.csic.es/
	Instituto Agronómico del Mediterráneo de Zaragoza (IAMZ)	http://www.iamz.ciheam.org/es/
	Estación Experimental de Aula Dei (EEAD)	http://www.eead.csic.es/
Principado de Asturias	Universidad de Oviedo	http://www.uniovi.es/
	Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA)	http://www.serida.org/
	Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información	http://www.gobiernodecanarias.org/aciisi/
Canarias	Instituto Tecnológico y de Energías Renovables	http://www.iter.es/
Cantabria	Centro de Investigación y Formación Agrarias de Cantabria (CIFA)	www.cifacantabria.org
	Universidad de Cantabria	http://web.unican.es/
Castilla y León	Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACYL)	http://www.itacyl.es/opencms_wf/opencms/index.html
	Instituto de recursos naturales y agrobiología de Salamanca (IRNASA)	http://www.irnasa.csic.es/
Castilla la Mancha	Instituto de Ciencias Ambientales de Castilla-La Mancha - ICAM	http://www.icam.uclm.es/
Cataluña	Instituto Catalán de Ciencias del Clima, IC3	http://www.ic3.cat/
	Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales, CREAM	http://www.cream.cat/es
	Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentaria, IRTA	http://www.irta.cat/
	Instituto Catalán de Investigación del Agua, ICRA	http://www.icra.cat/
	Centro de Investigación en Epidemiología Ambiental, CREAL.	http://www.creal.cat/es_index.html
	Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental, ICTA	http://icta.uab.cat/
Comunidad Valenciana	Universidad Politécnica de Valencia – UPV (Cátedra Tierra Ciudadana)	http://www.upv.es/titulaciones/IAGR/

Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario:
Aproximación al conocimiento y prácticas de gestión en España

Estatal/CCAA	Centro u organismo	Web
	Instituto Valenciano de Investigaciones agrarias - IVIA	www.ivia.es
	Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva	http://www.uv.es/uvweb/institut-universitari-cavanilles-biodiversitat-biologia/ca/institut-cavanilles-biodiversitat-biologia-evolutiva-1285893448913.html
	Centro Iberoamericano de la Biodiversidad, CIBIO	http://carn.ua.es/
	Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo, CEAM	http://www.ceam.es/GVAceam/home.htm
	Centro de Investigaciones sobre Desertificación, CIDE	http://www.uv.es/cide/
Extremadura	Universidad de Extremadura (UNEX)	http://www.unex.es/
Comunidad de Madrid	Universidad Politécnica de Madrid (UPM) - Centro de estudios e Investigación sobre gestión de riesgos agrarios y medioambientales (CEIGRAM)	http://www.ceigram.upm.es/ceigram
	Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA)	www.madrid.org/imidra/
Navarra	Universidad de Navarra	http://www.unav.edu/
	Universidad Pública de Navarra	http://www.unavarra.es/
País Vasco	Basque Center for Climate Change – BC3 Neiker	http://www.bc3research.org/index.php?lang=es_ES
	Neiker	http://www.neiker.net/
	Azti - Tecnalia Research and Innovation	http://www.azti.es/es/
	Universidad del País Vasco	http://www.ehu.eus/es/
La Rioja	Instituto de las ciencias del vino	http://www.icvv.es/
	Universidad de la Rioja	http://www.unirioja.es/ecophys/

Fuente: Elaboración propia

Dada la elevada diversidad de temáticas agrarias relacionadas con el cambio climático, en España hay muchos investigadores que llevan abordando esta problemática desde hace bastantes años. Así, se ha ido tomando conciencia de la dimensión estratégica tanto de la adaptación como de la mitigación de los gases de efecto invernadero de los sistemas agroforestales. En este sentido, conviene destacar la existencia de diversas iniciativas a nivel nacional para el trabajo científico en red y el intercambio de información en materia de cambio climático y agricultura en España, la plataforma AdapteCCa y la Red REMEDIA.

AdapteCCa¹ es la Plataforma de intercambio y consulta de información en materia de adaptación al cambio climático y está impulsada por la Oficina Española de Cambio Climático. Se trata de una herramienta al servicio de todos aquellos expertos, organizaciones, instituciones y agentes interesados en acceder e intercambiar información, conocimientos y experiencias sobre impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático, además de ser un instrumento para potenciar la comunicación entre todos ellos. En la actualidad, esta plataforma aglutina numerosa información, incluyendo publicaciones, noticias, seminarios, etc. sobre los distintos sectores y áreas afectados por el cambio climático. Entre otros, se incluye información sectorial y regional sobre evaluación de impactos y vulnerabilidad, costes y beneficios de la adaptación, clima y escenarios de cambio climático.

Por su parte la **Red REMEDIA**² (Red científica de mitigación de gases de efecto invernadero en el sector agroforestal), tiene como objetivo general fomentar sinergias y complementariedades entre grupos científicos trabajando en esta área desde una perspectiva multidisciplinar. La red pretende constituir un marco para la difusión y transferencia de información científica y estratégica sobre estos temas en España para las administraciones públicas, el sector privado y la sociedad y a nivel internacional. En ella se incluyen los principales actores en el ámbito de la adaptación y de la mitigación en el sector agroforestal

En el ámbito internacional, conviene también destacar dos iniciativas adicionales de interés para la comunidad científica nacional en las que viene participando el MAGRAMA. Por un lado, la Alianza Global para la Investigación sobre Gases de Efecto Invernadero en la Agricultura (*Global Research Alliance for Agricultural Greenhouse Gases*³, GRA por sus siglas en inglés) que se concibe como una iniciativa internacional de apoyo a la investigación en la agricultura y la ganadería en relación con el cambio climático, centrándose en aquellos esfuerzos que ayuden a crear sinergias entre los distintos grupos de investigación. Así mismo, busca identificar carencias, prioridades y aspectos horizontales de la investigación. Y, por otro lado, la Alianza Global para una Agricultura Climáticamente Inteligente (*Global Alliance for a Climate Smart Agriculture*⁴, GACSA por sus siglas en inglés) que tiene como objetivo desarrollar y extender el enfoque de la agricultura climáticamente inteligente, lograr la seguridad alimentaria en el contexto del cambio climático, para lo cual es esencial lograr un enfoque integrado dentro del propio sector agroforestal y con otros sectores como el de la energía o el agua, y crear un mecanismo de coordinación y gobernanza que incluya a todos los actores implicados.

¹ <http://www.adaptecca.es/>

² <http://www.redremedia.org/>

³ <http://www.globalresearchalliance.org/>

⁴ <http://www.fao.org/climate-smart-agriculture/en/>

Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario:
Aproximación al conocimiento y prácticas de gestión en España

La siguiente tabla recoge los principales proyectos de investigación europeos relacionados con la adaptación del sector agrario al cambio climático. En una gran mayoría de estos proyectos hay participación de equipos de investigación españoles y en varios casos son responsables o lideran el consorcio establecido para su ejecución.

Tabla 2. Ejemplos de proyectos de investigación europeos que incluyen aspectos sobre adaptación de la producción agraria al cambio climático

Proyecto	Centro	Web	Temas
PESETA	JRC	http://www.peseta.jrc.ec.europa.eu	Proyección económica de impactos
CLIMSOIL	ALTERRA	http://ec.europa.eu/environment/soil/review_en.htm	Suelo y cambio climático
RAMSOIL	ALTERRA	http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/projects/Ramsoil/data.html	Suelo y cambio climático
ANIMALCHANGE	ALTERRA, AARHUS, SAC	http://www.animalchange.eu/	Producción animal
SEAMLESS	ALTERRA	http://www.seamlessassociation.org/	Gestión del suelo
LEDDRA	ECOLOGIC	http://www.ecologic.eu/3354	Erosión y degradación del suelo
EUSOIL	ECOLOGIC	http://www.ecologic.eu/1929	Protección del suelo
TEEB	ECOLOGIC	http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/economics/	Biodiversidad y políticas
AG2020	AARHUS, FIRENZE, U-	http://www.ag2020.eu/	Mercados agrarios y cambio climático
ENDURE	AARHUS, UCHP	http://www.endure-network.eu/	Protección de cultivos
ENSEMBLES	AARHUS, U.FIRENZE,	http://www.ensembles-eu.org/	Predicciones e impactos
LEGUME FUTURES	AARHUS, SAC	http://www.legumefutures.de/	Sistemas de cultivo
CCTAME	U. ABERDEEN	http://www.cctame.eu/	Adaptación y mitigación agricultura cambio climático
CARBO- EXTREME	U. ABERDEEN	http://www.carbo-extreme.eu/index.php/Project/Project	Carbono y variabilidad climática extrema
CHG-EUROPE	U. ABERDEEN	http://www.change-project.eu/	Gestión y uso del suelo

Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario:
Aproximación al conocimiento y prácticas de gestión en España

Proyecto	Centro	Web	Temas
ICONE	U. FIRENZE	http://www.fupress.com/catalogo/impact--of-climate-change-on-agricultural-and-natural-ecosystems/1800	Impactos
ADAM	U. FIRENZE	http://www.tyndall.ac.uk/adamp/roject/about	Estrategias de adaptación
CIRCE	U. FIRENZE	http://www.circeproject.eu/	Impactos y adaptación
MEDIATION	U. FIRENZE	http://mediation-project.eu/	Impactos y adaptación
SOLINSA	UOG	http://www.solinsa.org/	Agricultura sostenible
NECTAR	BAASTEL	https://nectar.org.au/biodiversity-and-climate-change-virtual-laboratory	Biodiversidad
LIFE EBRO-ADMICLIM	IRTA	http://www.lifeebroadmiclim.eu/en/	Mitigación y Adaptación en el Delta del Ebro
MEDACC	OFICINA CATALANA DEL CANVI CLIMATIC	http://medacc-life.eu/es	Innovación para Adaptación en el Mediterráneo
ADAPTACLIMA	VARIOS SOCIOS ⁵	http://www.adaptaclima.eu	Aplicación práctica del conocimiento científico en adaptación en el sudoeste europeo

Fuente: Elaboración propia

2.3 Señales, evidencias e impactos del cambio climático en el sector agrario

Según recogen las últimas evaluaciones, se espera que en el sur de Europa aumenten las temperaturas y disminuya la disponibilidad de agua. Todo ello afectará negativamente a la productividad pues causará estrés térmico y aumentará además el riesgo para el sector agrario por incremento en la frecuencia de incendios.

En el ámbito agrícola, el incremento de la concentración de CO₂ en la atmósfera y de la temperatura, así como los cambios en las precipitaciones estacionales, tendrán efectos contrapuestos y no uniformes en las regiones españolas. El efecto positivo del incremento de CO₂ sobre las tasas fotosintéticas puede verse contrarrestado por altas temperaturas o menores precipitaciones. Por otro lado, las temperaturas más suaves en invierno permitirán mayores tasas de crecimiento de los cultivos, si la disponibilidad de agua es adecuada, y una mayor productividad en determinadas zonas (Mínguez et al. 2005; Iglesias, 2010). Si el cereal es de invierno y necesita temperaturas bajas para completar su ciclo, descenderán los rendimientos. Será necesario entonces, cambiar a otras variedades, e incluso especies, más adaptadas a las altas temperaturas (tal como se registra en la Tabla 4).

⁵ <http://www.adaptaclima.eu/socios/>

Las temperaturas más altas provocarán aumentos de la demanda evapotranspirativa de los cultivos, fundamentalmente en verano, incrementándose las necesidades de riego en algunos casos. En el sur y sureste de España la demanda de agua se incrementará siendo el estrés térmico más frecuente. El incremento de la frecuencia de años extremos puede complicar el manejo de cultivos y requiere un mayor análisis del impacto sobre la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. La distribución y alcance de plagas y enfermedades de los cultivos de importancia económica pueden ser muy variados. Su control natural por las heladas y bajas temperaturas del invierno, en zonas como las mesetas, puede disminuir, necesitando una adaptación de los cultivos. También la modificación de las temperaturas puede producir el desplazamiento de otras enfermedades a latitudes más altas.

El impacto del cambio climático sobre la ganadería es complejo por la diversidad de sistemas ganaderos. La variación en temperatura y precipitaciones que implica el cambio climático puede afectar a los aspectos relacionados con la reproducción, el metabolismo y la sanidad de los procesos productivos. Las enfermedades parasitarias pueden tener drásticas variaciones en su distribución, abundancia poblacional e intensidad, de pronóstico diferente según la región de España que sea considerada. La regulación epidemiológica y la gravedad y extensión del proceso transmitido dependen ambos exclusivamente de las relaciones huésped-vector-ambiente, por lo que cabe esperar evidentes efectos sobre sus delicados ajustes biológicos. Los inviernos más suaves y húmedos provocan un marcado incremento de la supervivencia de los parásitos. Estos inviernos más suaves también provocan un adelanto en el momento del año en que comienzan su actividad. Los veranos secos y cálidos podrían incrementar la mortalidad de los artrópodos por la pérdida de agua (Mínguez et al. 2005).

A continuación se enumeran un resumen de los principales impactos que el cambio climático tendrá sobre el sector agrario español:

Climatológicos

- Incremento significativo de los eventos meteorológicos extremos como heladas, sequías y precipitaciones intensas.
- Reducción de las precipitaciones medias.
- Modificación de la duración de las estaciones.

Biológicos

- Atraso/adelanto en la floración de diferentes especies agrícolas.
- Pérdida de biodiversidad.
- Reducción de rendimientos en determinadas producciones.
- Alteración de la calidad de los productos cosechados.
- Alteraciones fisiológicas en los cultivos.
- Falta de "horas de frío" para la inducción de la floración en determinadas variedades de frutales.
- Reducción de la polinización y de la población de abejas en colmenas en apicultura.
- Reducción de la producción de pastos verdes en el sector vacuno, ovino y caprino.
- Aparición de especies invasoras (flora y fauna).

Económicos

- Pérdidas por reducción de la producción.
- Pérdidas por baja calidad de los productos cosechados.
- Pérdida de rentabilidad en las explotaciones agrarias.
- Aumento desmesurado del precio de paja seca y del forraje.

Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario:
Aproximación al conocimiento y prácticas de gestión en España

Dos variables son particularmente críticas en agricultura: los patrones futuros de precipitaciones y su distribución a lo largo del año y la incidencia de fenómenos meteorológicos extremos. Las principales consecuencias de los posibles cambios en las fuentes de disponibilidad de agua para la producción agraria incluyen:

- (i) incremento de la demanda de agua en todas las regiones debido al aumento de la evapotranspiración de los cultivos en respuesta a los incrementos de temperatura;
- (ii) incremento de la escasez de agua, particularmente en los meses de primavera y verano;
- (iii) reducción de la calidad del agua debido a temperaturas del agua más altas y menores niveles de escorrentía en algunas regiones, particularmente en verano, provocando mayores niveles de estrés en zonas de regadío;
- (iv) incremento del riesgo de inundación debido a la esperada concentración de las lluvias (los mayores episodios de inundación experimentados en los últimos años evidencian la vulnerabilidad de Europa a las inundaciones); y
- (v) incrementos previstos del nivel del mar, que pueden también afectar a la producción agraria de las zonas costeras bajas, a menos que se desarrollen medidas para reducir la vulnerabilidad del suelo o de salinización de los acuíferos así como otras medidas adicionales de gestión de los mismos.

La siguiente tabla muestra los posibles efectos positivos y negativos de las variables meteorológicas en la producción de cultivos.

Tabla 3. Posibles efectos positivos y negativos del clima en la producción de cultivos en Europa.

Factor de cambio	Posibles beneficios	Posibles efectos negativos
Aumento de temperaturas	Periodos de crecimiento más largos Periodos de crecimiento más rápidos	Aumento del estrés térmico por las temperaturas ambientales Aumento de malas hierbas, plagas y enfermedades
Variación de la precipitación	Aumento de la productividad de los cultivos Disminución de la demanda de agua Aumento de las garantías de abastecimiento de agua	Aumento de inundaciones y salinización Aumento de la frecuencia de sequías Aumento de malas hierbas, plagas y enfermedades Aumento de la erosión
Aumento de gases de efecto invernadero	Variación de la función fotosintética por la mayor concentración de CO ₂ atmosférico	Efectos negativos de otros gases (i.e. SO ₂)

Fuente: proyecto PESETA

2.3.1 Efectos potenciales del cambio climático sobre las producciones agrícolas

Los estudios de Mínguez, et al (2005) demuestran que en ausencia de estrategias de adaptación por parte del agricultor, los resultados obtenidos de los ensayos con cultivos sometidos a los efectos del cambio climático, pueden sintetizarse como sigue: los cultivos muestran un acortamiento significativo en el ciclo vegetativo acelerándose su desarrollo fenológico. En algunas zonas, los rendimientos y producción de biomasa en regadío se mantienen en torno a la producción potencial, aumentando en algunos casos en el cereal de invierno. El aumento de temperatura en zonas actualmente con inviernos fríos y la mayor radiación solar en la mayoría de los casos, unido a unas altas precipitaciones, contribuye a que no se produzca una caída en los rendimientos.

Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario:
Aproximación al conocimiento y prácticas de gestión en España

Algunos cultivos de tierras bajas que en la actualidad se cultivan en el sur de Europa comenzarán a ser viables en zonas del norte o de altitudes más elevadas. Los cultivos energéticos (como el maíz o la colza), cultivos para biocombustibles (tales como *Miscanthus* y el sotobosque de corta rotación), los cultivos ricos en almidón y la cebada presentan una expansión hacia el norte en áreas potenciales de cultivo, pero se reducen en el sur (Ewert et al. 2005). La profesora Iglesias y su equipo (2012) recogen las posibles implicaciones de las variaciones de clima futuro en algunos grupos de cultivos de la península ibérica, resumidos en la siguiente tabla:

Tabla 4. Posibles implicaciones del cambio climático en la península ibérica 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 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 y del grado alcohólico para vinificación Necesidad de introducir nuevas variedades Necesidad de intensificar la superficie regada y el volumen de agua por superficie

Fuente: proyecto PESETA (Iglesias et al. 2012)

La Tabla 5 resume los principales impactos del cambio climático sobre cultivos agrícolas en España. Según la bibliografía consultada, estos impactos seguirán una tendencia creciente en el futuro, afectando de forma cada vez más notable al rendimiento de las diferentes producciones agrícolas.

Tabla 5. Impactos del cambio climático en relación con la producción agrícola en España

Impactos del cambio climático en la producción agrícola en España
<ul style="list-style-type: none"> • Daños y/o pérdidas de cosechas por el incremento en la demanda de agua y la disminución de la disponibilidad del recurso en determinados sectores. • Importantes perturbaciones de la producción, especialmente durante las fases críticas del desarrollo vegetativo por fenómenos meteorológicos extremos como olas de calor y períodos de sequía. • Disminución del rendimiento de los cultivos de secano por aumento de la demanda evapotranspirativa y estrés hídrico debido al aumento de la temperatura. • Pérdidas y/o daños de cultivos y cosechas por un aumento de las lluvias torrenciales más frecuentes y violentas. • Mayor variabilidad de la producción de la agricultura y menor estabilidad del sector debido a la oscilación en las condiciones del clima. • Cambios en el comportamiento de plagas y enfermedades. • Erosión de la tierra y degradación del suelo por mayor torrencialidad de las precipitaciones y por

Impactos del cambio climático en la producción agrícola en España

aumento de los episodios de precipitaciones intensas.

- **Aumento de la vulnerabilidad de los suelos** agrarios y los sistemas de la agricultura de regadío a la salinización.
- **Aumento de los costes de producción** relacionados con la mayor demanda hídrica en sistemas de regadío (energía, mano de obra, etc.).
- **Reducción del área cultivable** por la subida del nivel medio del mar en determinadas zonas.
- **Desplazamiento** hacia el norte de las **zonas adecuadas para determinados cultivos** (maíz, trigo, cebada y los hortícolas).
- **Mayor competitividad de algunas zonas** de agricultura en detrimento de otras debido a la existencia de zonas nuevas potencialmente aptas para unos cultivos, y decadencia de otras áreas por nuevos procesos climáticos.
- Niveles aceptables de **contratación de los seguros agrarios**.
- **Aumento de la superficie apta cultivable** por desaparición de heladas o aumento del periodo libre de heladas.
- **Aumento de las tasas fotosintéticas de algunos cultivos** por el incremento de la concentración de CO₂.
- **Akortamiento de los ciclos vegetativos** de los cultivos y cambios en las fechas de las distintas fases de dichos ciclos (germinación, maduración, floración, etc.).

Fuente: elaboración propia a partir de Junta de Andalucía (2012b)

Por otro lado, en la Tabla 6 se han sintetizado los impactos detectados, incluyendo información sobre su causalidad, localización (espacio geográfico en el que tendrán especial incidencia), signo y tipo de efecto sobre las producciones agrícolas (directo o indirecto). Para su elaboración, se ha utilizado como base la elaborada por la Junta de Andalucía en sus estudios sobre adaptación de las producciones agrícolas y ganaderas a los efectos del cambio climático (Junta de Andalucía, 2012 a y b).

Tabla 6. Valoración de impactos y vulnerabilidad de producciones agrícolas

Impacto	Causa	Zonificación	Signo	Efecto
Daños y pérdidas en cosechas	Incremento de la demanda y disminución del recurso agua	Andalucía, meseta central, región mediterránea y Canarias	-	Directo
Disminución de la productividad en seco	Aumento de la temperatura, de la demanda evapotranspirativa, del estrés térmico y las sequías	Todo el territorio	-	Directo
Daños a cultivos y pérdidas de cosechas	Aumento de lluvias torrenciales en número, frecuencia e intensidad	Andalucía occidental, cornisa cantábrica, región mediterránea, Canarias y determinadas zonas del interior	-	Directo
Cultivos de seco	Variabilidad de las	Andalucía y meseta central	-	Directo

Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario:
Aproximación al conocimiento y prácticas de gestión en España

Impacto	Causa	Zonificación	Signo	Efecto
afectados	precipitaciones y aumento de episodios climáticos extremos	principalmente		
Dificultad en la planificación de los cultivos	Mayor frecuencia e intensidad de años extremos	Todo el territorio	-	Indirecto
Cambio en los patrones de las plagas y las enfermedades	Cambio en el régimen de temperaturas y precipitación	Todo el territorio	-/+	Indirecto
Erosión de la tierra y degradación del suelo	Mayor torrencialidad de las precipitaciones y aumento de episodios de lluvias intensas	Andalucía, región mediterránea, Canarias y meseta central	-	Directo
Vulnerabilidad del regadío por salinización	Intrusiones agua marina en acuíferos por aumento del nivel del mar	Zonas costeras de Andalucía, Levante, Cataluña y Canarias	-	Indirecto
Cambio en la localización de las zonas aptas de cultivos	Aumento de las temperaturas	Andalucía y meseta central	+/-	Directo
Aumento y disminución de la competitividad entre zonas en las que se practica la agricultura	Desplazamiento de las zonas potenciales para determinados cultivos	Andalucía y meseta central	+/-	Indirecto
Afección al sector del seguro agrario	Aumento del número e intensidad de los eventos climáticos extremos	Todo el territorio	+/-	Directo
Reducción del área cultivable	Inundación de tierras por aumento del nivel del mar	Áreas costeras, marismas y deltas	-	Indirecto
Aumento de la superficie apta cultivable	Reducción del número y la frecuencia de episodios de heladas	Todo el territorio	+/-	Indirecto
Daños a cultivos y pérdida de cosechas	Aumento de la frecuencia, persistencia e intensidad de las olas de calor	Zona interior de Andalucía, Extremadura y meseta central principalmente	-	Directo
Variabilidad e inestabilidad en la producción derivada de la agricultura	Oscilación de las condiciones del clima y mayor variabilidad de temperaturas y precipitaciones	Todo el territorio	-	Directo
Incremento de la productividad	Aumento de las tasas fotosintéticas debido al incremento de CO ₂	Todo el territorio	+	Directo
Acortamiento de ciclos de cultivo y cambio en las fechas de las fases	Aumento de las temperaturas	Todo el territorio	+	Indirecto

Fuente: elaboración propia a partir de Junta de Andalucía (2012a)

2.3.2 Efectos potenciales del cambio climático sobre las producciones ganaderas

En lo que concierne a las producciones ganaderas, las previsiones indican que el aumento de las temperaturas incrementará la frecuencia de fenómenos de estrés térmico así como el riesgo de enfermedades en producciones ganaderas. Los fenómenos extremos de estrés térmico aumentarán el riesgo de mortalidad de animales, sobre todo en explotaciones de producción de carne de cerdo y de pollos *broiler*. Las condiciones de mayor calidez podrán contribuir a una mayor dispersión de los insectos transmisores de enfermedades (incluyendo nuevos vectores actualmente limitados por temperaturas más frías) e incrementarán la supervivencia de determinados virus. La productividad de los cultivos para alimentación animal a lo largo de la costa atlántica pueden verse reducida por la ocurrencia de sequías hasta el punto de que pueda no ser suficiente para alimentar la demanda de la actual cabaña ganadera (Iglesias et al. 2012).

Mínguez et al. (2005) e Iglesias et al. (2012) y Del Prado (2013a) consideran que la implicación del cambio climático sobre la ganadería representa, sin duda, una tarea compleja teniendo en cuenta la diversidad de sistemas ganaderos existentes, en los cuales el impacto de las variaciones climáticas puede tener distintos resultados. A pesar de la diversidad de sistemas de explotación ganadera se pretende aunar el efecto del cambio climático en parámetros comunes a todos ellos, tratando de establecer algunas peculiaridades de los sistemas intensivos (explotación donde las condiciones ambientales pueden ser mucho más controladas) y los extensivos (explotación dependiente de los recursos vegetales disponibles y donde la influencia de la climatología es mucho más directa sobre la disponibilidad de alimento para el ganado).

Según el estudio de la Junta de Andalucía sobre la adaptación de la producción ganadera al cambio climático (Junta de Andalucía, 2012b), la exposición a elevadas temperaturas supone una importante fuente de vulnerabilidad para las distintas cabañas ganaderas. El estrés por exceso de temperatura ambiental tiene importantes efectos sobre el bienestar y producción del ganado, de manera que se pueden inferir actuaciones recomendadas en previsión de una situación de estrés calórico y orientar el manejo de los animales hacia un escenario con situaciones de estrés térmico más frecuente.

La Tabla 7 resume los impactos sobre las producciones ganaderas en España recogidos en los diferentes estudios considerados. Según la bibliografía consultada, estos impactos seguirán una tendencia creciente en el futuro, afectando de forma cada vez más notable al rendimiento de las diferentes producciones ganaderas, así como a los costes de producción y adaptación de los diferentes modelos y sistemas a las nuevas condiciones.

Tabla 7. Impactos del cambio climático en relación con la producción ganadera en España

Impactos del cambio climático detectados en la producción ganadera en España

- **Afección del ganado por estrés térmico** debido al incremento de las temperaturas máximas y al aumento del periodo en el que las máximas superan los umbrales de confort térmico de las distintas cabañas ganaderas.
- **Mortalidad animal** por incremento de situaciones de estrés térmico
- **Merma de la producción ganadera** por malestar animal y desajuste de las dietas que reducen la ingesta del ganado.
- **Reducción de la mortalidad neonatal** de corderos, cabritos y terneros debido al incremento de la temperatura, que reduce las épocas de frío en la que la mortalidad neonatal es más importante.

Impactos del cambio climático detectados en la producción ganadera en España

- **Reducción de la disponibilidad de pastos** por endurecimiento del régimen de sequías.
- **Reducción de la disponibilidad de pastos** debido al aumento de la frecuencia e intensidad de las lluvias torrenciales que incrementan el poder erosivo pluvial.
- **Reducción de la capacidad de carga de los pastizales** como consecuencia de la menor productividad de pastos.
- **Afección al sector del seguro ganadero** debido al aumento del número de cabezas ganaderas afectadas por estrés calórico.
- **Aumento de los costes de producción** con objeto de mantener en condiciones adecuadas de hidratación, ventilación y temperatura al ganado en explotaciones intensivas.
- **Reducción de la diversidad de especies ganaderas con dificultades para adaptarse de manera natural** al cambio climático. A la larga esto puede desembocar en su extinción.
- **Cambio en los patrones de las plagas y las enfermedades** debido a los cambios en el régimen de temperaturas y precipitación.

Fuente: elaboración propia a partir de Junta de Andalucía (2012b)

Por su parte, el proyecto PRUDENCE (<http://prudence.dmi.dk/>) simula 16 variables climáticas entre ellas algunas con las que se marcan los rangos de distribución de algunos vectores de importantes enfermedades infecciosas transmitidas por virus. Respecto a una de las variables climáticas mejor estudiadas como la temperatura, hoy se sabe que el efecto de la subida de temperatura puede influir sobre la capacidad infectiva del vector a través del aumento del metabolismo en el insecto, la aceleración de su ciclo vital, el aumento de la tasa de replicación viral, etc.

Otras variables implícitas en el cambio climático como la humedad relativa, la insolación (radiación solar), la evapotranspiración, la temperatura mínima, la pluviosidad, el viento, etc., son variables relacionadas con la aparición de enfermedades en latitudes hasta ahora desconocidas. Dicho proyecto ha seleccionado como ejemplo de enfermedades influenciadas por el cambio climático tres de ellas por su actualidad:

- **Lengua azul:** El virus causante de la Lengua Azul utiliza como medio de transmisión a mosquitos Culicoides. El rango de distribución del mosquito se encontraba entre los 40° de latitud norte y los 35° sur, pero con el aumento de temperaturas en los últimos años el mosquito ha ampliado su rango de distribución, por lo que podemos encontrar la enfermedad entre los 60° norte y los 60° sur, abarcando gran parte de Europa. Los mosquitos llegan a España en las nubes de polvo procedentes de África, y las condiciones idóneas para su reproducción son humedad y temperatura altas.
- **Fiebre hemorrágica Crimea-Congo, CCHFV:** este virus, que se transmite a través de garrapatas, se ha encontrado en países de la antigua URSS, China, India, África Subsahariana, Afganistán, Pakistán, Hungría, Turquía, Francia y Portugal. Las zonas de más riesgo son aquellas con alta población de ovejas, pues los grandes herbívoros son los hospedadores preferidos de las garrapatas. Un incremento de la temperatura de 2°C y una disminución de las lluvias del 40%, convertiría a España en lugar idóneo para *Hyalomma marginatum*, la garrapata que lo transmite.
- **Gripe aviar:** las tormentas y las épocas de sequías ya no siguen los ritmos que históricamente tenían establecidos y esta alteración influye en los movimientos migratorios de las aves y, por

Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario:
Aproximación al conocimiento y prácticas de gestión en España

tanto, en la expansión de la gripe aviar. En la Unión Europea se ha dado el 85% de los casos de gripe aviar, pero con el avance del cambio climático se espera una disminución de casos porque los humedales se reducirán por lo que habrá menos concentración de aves y menos posibilidad de infección.

En la Tabla 8 se han sintetizado los impactos detectados, incluyendo información sobre su causalidad, localización (espacio geográfico en el que tendrán especial incidencia), signo y tipo de efecto sobre las producciones ganaderas (directo o indirecto). Para su elaboración, se ha utilizado como base la elaborada por la Junta de Andalucía en sus estudios sobre adaptación de las producciones agrícolas y ganaderas a los efectos del cambio climático (Junta de Andalucía, 2012a y b).

Tabla 8. Valoración de impactos y vulnerabilidad de producciones ganaderas

Impacto	Causa	Zonificación	Signo	Efecto
Afección al ganado por estrés térmico y reducción de la disponibilidad de recursos hídricos	Incremento de las temperaturas máximas. Aumento del periodo en el que las máximas superan los umbrales de confort térmico	Andalucía occidental y meseta central principalmente	-	Directo
Merma de la producción ganadera	Malestar animal, desajuste de las dietas que reducen la ingesta del ganado	Todo el territorio	-	Directo
Reducción de la mortalidad neonatal de corderos, cabritos y terneros	Incremento de la temperatura y reducción de las épocas de frío en la que la mortalidad neonatal es más importante	Andalucía y meseta central principalmente	+	Directo
Reducción de la disponibilidad de pastos	Endurecimiento del régimen de sequías	Andalucía Occidental, cornisa cantábrica principalmente	-	Indirecto
Reducción de la disponibilidad de pastos	Aumento de la frecuencia e intensidad de las lluvias torrenciales: mayor poder erosivo pluvial	Andalucía Occidental, Canarias y cornisa cantábrica principalmente	-	Indirecto
Reducción del número de animales que tienen capacidad de sostener los pastizales	Reducción de la disponibilidad de pastos	En todas las zonas donde la disponibilidad de forraje y pastos se vea reducida por cualquier motivo	-	Indirecto
Afección al sector del seguro ganadero	Aumento del número de cabezas ganaderas afectadas por estrés térmico	Todo el territorio, sobre todo en zonas de interior	-/+	Directo
Aumento de los costes de producción	Mantenimiento en condiciones adecuadas de hidratación, ventilación y temperatura al ganado en explotaciones intensivas	Explotaciones intensivas de Andalucía oriental, meseta central y región mediterránea	-	Indirecto

Impacto	Causa	Zonificación	Signo	Efecto
Reducción de la diversidad de especies ganaderas	Dificultad de adaptación de determinadas razas a la manera natural	Todo el territorio, sobre todo en zonas de régimen extensivo	-	Indirecto
Cambio en los patrones de plagas y enfermedades	Cambio en el régimen de temperaturas y precipitación	Todo el territorio	- / +	Indirecto

Fuente: elaboración propia a partir de Junta de Andalucía (2012b)

3-. Análisis de potenciales medidas de adaptación al cambio climático en el sector agrario

A través de la historia, la agricultura ha demostrado su capacidad de adaptación a cambios en tecnología, disponibilidad de recursos y cambios en la demanda de productos agrarios. Sin embargo, la capacidad de respuesta depende de limitaciones en infraestructuras, disponibilidad de recursos y regulaciones agrarias.

Las actuaciones destinadas a atenuar el cambio climático deberán completarse con medidas de adaptación que permitan hacer frente a sus diversos efectos. Dichas medidas deberán centrarse tanto en los cambios actuales como en los futuros, que han de preverse y estudiarse desde ahora. Para ello, además de diseñar herramientas y poner en marcha medidas de adaptación, se deben evaluar y cuantificar de forma exhaustiva los costes de la adaptación. Además, estos costes han de ser tenidos en cuenta en el diseño de las diferentes políticas de apoyo a la producción agraria.

La mayor parte de los agricultores se puede adaptar potencialmente al cambio climático, teniendo en cuenta los avances científicos y tecnológicos y el nivel de desarrollo. Sin embargo, no todas las regiones ni sistemas de cultivo tienen el mismo potencial de adaptación. Las normas que regulan la actividad agraria pueden ayudar a compensar los efectos adversos o potenciar los beneficiosos. Un gran reto para los agricultores es definir su estrategia productiva y de inversión frente a un futuro incierto. En las condiciones actuales donde el clima es cambiante, el pasado no sirve de experiencia para el futuro. La agricultura va a enfrentarse, en los próximos años, a muchos desafíos (competencia internacional, descenso de la población en el medio rural, etc.) y el cambio climático va a sumarse a esas presiones. Los cambios previstos van a afectar al rendimiento de los cultivos y a la ubicación de la producción, con graves riesgos de abandono de tierras, así como a la renta agraria en algunas partes de Europa y España.

Las estrategias de adaptación a corto plazo pueden basarse en sencillas prácticas agrícolas relacionadas con cambios en las fechas de siembra o en las variedades. Sin embargo, a largo plazo, es necesario adaptar los sistemas agrícolas a las nuevas condiciones del clima. En determinados aspectos es difícil y complicado establecer medidas de adaptación, debido a la incertidumbre de los impactos, e incluso a la propia evolución del clima, que imposibilitan la adecuación de unos u otros tipos de medidas o estrategias.

Si se mantienen las mismas prácticas agrícolas, los ciclos de los cultivos se acortarán, y las fechas de floración y madurez cambiarán. La productividad y el uso del agua se incrementarán o disminuirán en función de los factores que interaccionan. Esto implica la necesidad de abordar estudios y análisis

individuales sobre los cultivos hortícolas, plantaciones frutales, olivares y viñedos para identificar las estrategias de adaptación de menor coste, así como para establecer el manejo y secuencias de los cultivos. Se hace patente la interdependencia con otros sectores, como el hidrológico, el de seguros agrarios, energético (generación de energía eléctrica versus uso para riego), mantenimiento o incremento de espacios para ecosistemas "naturales", etc.

La planificación de la adaptación no puede basarse exclusivamente en los conocimientos sobre los patrones climáticos mundiales; sino que requiere de información detallada sobre las repercusiones regionales y una valoración significativa de las opciones de adaptación y de su viabilidad a escala local y en las explotaciones. Ante este panorama, es imprescindible la definición de toda una serie de medidas de adaptación frente al cambio climático, específicas para cada sector de actividad o recurso ambiental. Por otra parte, las medidas deben contemplar las peculiaridades sociales y ambientales de cada zona. Además, en el diseño de estas medidas, conviene siempre tener en cuenta los costes que conlleva la implementación de cada una de ellas.

Según afirma Ignaciuk (2014), la adaptación al cambio climático crea, en general, bienes privados y el beneficio de las acciones que se desarrollan se disfrutan a nivel local. Los actores implicados entre los que se encuentran agricultores, entidades privadas y administraciones locales, son los principales afectados y responsables del proceso, pero los costes se presumen considerablemente altos. La pregunta es ¿quién debe pagarlos? Los costes económicos de la adaptación al cambio climático representan un área en el que la investigación ha profundizado poco, sobre todo en relación al conocimiento ya existente sobre costes de mitigación. Esta misma autora recoge diferentes estimaciones sobre los costes globales de la adaptación al cambio climático del sector agrario. Mientras que las estimaciones a 2030 alcanzan los 3.000-4.000 millones de dólares de 2005, a 2050 hablan de 17.000 millones y a 2080 de 34.000 millones de dólares para los países desarrollados y de 78.000 millones para países en desarrollo. El gasto deberá proceder fundamentalmente de la I+D pública y privada y de la creación de infraestructuras para una adecuada gestión del agua y del transporte en el medio rural.

Las medidas de adaptación pueden ser técnicas, tecnológicas, económicas, políticas, de ocupación de suelo, de información y de regulación, pasando por reajustes de la gestión o las estructuras de las explotaciones. Sin embargo, incluso la aplicación óptima de todas estas medidas no garantiza una adaptación al cambio climático, debido a los límites sociales para la aceptación de algunas medidas técnicas.

En los siguientes apartados se recoge una serie de estrategias y medidas básicas de adaptación que habrían de completarse con la realización de estudios de análisis de impactos y medidas de adaptación específicas para determinadas regiones. Así, las medidas de adaptación presentadas a continuación en el ámbito de la producción agrícola y ganadera son de carácter general y pretenden servir de referencia al conjunto de agentes que han de ponerlos en marcha sin menoscabo de las precisiones locales que se puedan realizar.

3.1 Ejemplos de medidas de adaptación en el sector agrario

A continuación, se presentan las Tablas 9 y 10 con las principales medidas y estrategias de adaptación identificadas para el sector agrícola y ganadero junto con una evaluación del plazo de aplicabilidad así como del potencial de cada una de ellas.

Tabla 9. Resumen de estrategias y medidas de adaptación en producciones agrícolas: plazo de aplicabilidad y herramientas

Estrategia	Medida	Plazo de aplicabilidad	Herramientas	Potencial
Diseño y planificación de regadíos	Diseño y planificación de regadíos en base a criterios de eficiencia hídrica y energética	Medio y largo	Plan Nacional de Regadíos	Muy alto
Estrategias de adaptación para cultivos	Seguimiento de los cultivos, los usos del suelo y las secuencias de manejo	Medio y largo	Observatorio de la sostenibilidad de la agricultura y la ganadería	Alto
	Realización de estudios para cada sistema de cultivo con objeto de evaluarlos	Corto y medio	Coordinación y potenciación de la actividad investigadora	Medio
	Introducción de variedades y especies de ciclo más largo, más resistentes a la sequía y más tolerantes a las altas temperaturas y utilización de variedades locales	Largo	Políticas agrarias y medioambientales, PDRs, EIP, mesas de coordinación	Muy alto
	Introducción de cambios en las rotaciones de los cultivos	Medio	Políticas agrarias y medioambientales, PDRs, EIP, mesas de coordinación	Alto
	Rediseño de los sistemas de control de plagas y enfermedades	Medio	I+D, EIP, coordinación PIFs, coordinación de los agentes implicados	Medio
Sistema de indicadores de adaptación	Mecanismo que evalúe, compruebe y evidencie medidas, actuaciones y cuestiones respecto a las cuales existe una mayor incertidumbre	Corto	Observatorio de la sostenibilidad de la agricultura y la ganadería	Alto
Programas de formación y capacitación de agricultores	Servicios de asesoramiento eficaces y desarrollo de materiales y contenidos sobre técnicas de adaptación al cambio climático	Medio y corto	OPAs, Cooperativas, Plan plurirregional del MAGRAMA y FORCEM	Medio
Incentivos a las prácticas agrarias sostenibles	Desarrollo de un sistema de incentivos a las prácticas agrarias más sostenibles y a las que contemplen la adopción de medidas básicas de adaptación desde el aspecto agronómico	Corto y medio	PAC, PDRs, políticas medioambientales de gestión de residuos, subproductos,	Medio

Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario:
Aproximación al conocimiento y prácticas de gestión en España

Estrategia	Medida	Plazo de aplicabilidad	Herramientas etc.	Potencial
Potenciación de los cultivos energéticos	Potenciación de los cultivos energéticos en el marco de coordinación entre las políticas de mitigación de GEI y las de adaptación	Medio y largo	Política energética, PAC, políticas medioambientales	Alto
Control de la erosión del suelo en áreas más vulnerables	Establecimiento de medidas de control de la erosión en áreas más vulnerables de nuestro entorno: regiones semi-áridas	Largo	PAC, PDRs, políticas medioambientales	Muy alto
Mejora de las herramientas de gestión de riesgos y crisis	Potenciación y desarrollo del sistema de seguros agrarios español mejorando los seguros actuales en cuanto a coberturas y riesgos cubiertos	Corto, medio y largo	Sistema de seguros agrarios, I+D, interlocución con agentes implicados	Alto
Comunicación institucional	Creación de mecanismos de comunicación institucional entre administración y agricultores para la adaptación al cambio climático	Corto	Consejo Nacional del Clima, mesas ministeriales, coordinación inter e intra ministerial	Alto
I+D+i para adaptación de la agricultura al cambio climático	Potenciación del I+D+i en agricultura y cambio climático aprovechando el potencial de los diferentes agentes y reduciendo la brecha entre la comunidad científica y los agricultores	Medio y largo	EIP, fondos europeos, mesas de coordinación, OPAs y cooperativas, planes de I+D+i, MAGRAMA, INIA, CDTi, etc.	Muy alto

Fuente: elaboración propia

Tabla 10. Resumen de estrategias y medidas de adaptación en producciones ganaderas: plazo de aplicabilidad y herramientas

Estrategia	Medida	Plazo de aplicabilidad	Herramientas	Potencial
Manejo del ganado	Acceso a fuentes de agua	Corto	Inversión en la explotación y financiación	Muy alto
	Reducción de la densidad de animales en la explotación	Medio y largo	Inversión en la explotación, I+D y financiación	Muy alto
	Evitar el movimiento de animales	Medio	Cambio en el modelo de producción, I+D y financiación	Alto
	Cambios en la dieta y en los horarios de alimentación	Medio y largo	Cambio en el modelo de producción, I+D y financiación	Muy alto

Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario:
Aproximación al conocimiento y prácticas de gestión en España

Estrategia	Medida	Plazo de aplicabilidad	Herramientas	Potencial
	Utilización de razas autóctonas	Medio	Inversión en la explotación, I+D y financiación	Alto
Control del confort térmico	Ventilación	Corto	Inversión en la explotación y financiación	Muy alto
	Diseño de la instalación: reducción de la carga de calor del edificio	Largo	Inversión en la explotación y financiación	Alto
	Mecanismos de enfriamiento	Corto	Inversión en la explotación y financiación	Alto
Sistema de de indicadores de adaptación	Mecanismo que evalúe, compruebe y evidencie medidas, actuaciones y cuestiones respecto a las cuales existe una mayor incertidumbre	Corto	Observatorio de la sostenibilidad de la agricultura y la ganadería	Alto
Comunicación institucional	Creación de mecanismos de comunicación institucional entre administración y agricultores para la adaptación al cambio climático	Corto	Consejo Nacional del Clima, mesas ministeriales, coordinación inter e intra ministerial	Alto
Programas de formación y capacitación de ganaderos	Servicios de asesoramiento eficaces y desarrollo de materiales y contenidos sobre técnicas de adaptación al cambio climático	Medio y corto	OPAs, Cooperativas, Plan plurirregional del MAGRAMA y FORCEM	Medio
Incentivos a las prácticas agrarias sostenibles	Desarrollo de un sistema de incentivos a las prácticas agrarias más sostenibles y a las que contemplen la adopción de medidas básicas de adaptación desde el aspecto agronómico	Corto y medio	PAC, PDRs, políticas medioambientales de gestión de residuos, subproductos, etc.	Medio
Protocolo de emergencias ganaderas	Elaboración de un protocolo de emergencias ganaderas en relación al estrés térmico que facilite la gestión del ganado durante episodios especialmente severos	Corto	Coordinación MAGRAMA, AECOSAN, CCAAs	Alto
Mejora genética del ganado	Diseño y ejecución de un programa de mejora genética para las distintas cabañas ganaderas, dirigido a la obtención de razas mejor adaptadas a las altas temperaturas derivadas del cambio climático	Largo	MAGRAMA, PDRs, I+D	Alto
Manejo de los pastos	Establecimiento de un marco técnico para desarrollar planes de manejo de los pastos y dehesas en un marco de clima cambiante	Medio	MAGRAMA, CCAAs, PDRs, I+D	Muy alto
Mejora de los	Establecimiento de medidas de bioseguridad en las explotaciones, en	Medio y largo	Políticas agrarias y medioambientales	Medio

Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario:
Aproximación al conocimiento y prácticas de gestión en España

Estrategia	Medida	Plazo de aplicabilidad	Herramientas	Potencial
niveles de sanidad animal en el contexto del cambio climático	el transporte y en la industria		MAGRAMA, AECOSAN, CCAAs	
	Desarrollo de un mecanismo de monitoreo de las enfermedades existentes	Corto	Observatorio de la sostenibilidad de la agricultura y la ganadería	Medio
Mejora de las herramientas de gestión de riesgos y crisis	Potenciación del sistema de seguros agrarios español mejorando los seguros actuales en cuanto a coberturas y riesgos cubiertos	Corto, medio y largo	Sistema de seguros agrarios, I+D, interlocución con agentes implicados	Alto
I+D+i para adaptación de las producciones ganaderas al cambio climático	Potenciación del I+D+i en ganadería y cambio climático aprovechando el potencial de los diferentes agentes y reduciendo la brecha entre la comunidad científica y los ganaderos	Medio y largo	EIP, fondos europeos, mesas de coordinación, OPAs y cooperativas, planes de I+D+i, MAGRAMA, INIA, CDTi, etc.	Muy alto

Fuente: elaboración propia

3.2 El seguro agrario como medida de adaptación al cambio climático

Una vez analizadas las medidas de adaptación propias del manejo en la explotación agraria, resulta pertinente valorar medidas de adaptación de tipo económico que persiguen otorgar cierta garantía de percepción de ingresos para agricultores y ganaderos cuyas empresas se encuentran al aire libre y, por tanto, expuestas a los efectos de la variabilidad climática. España cuenta con el sistema de seguros agrarios más desarrollado del mundo. El modelo español de seguros agrarios se asienta en unos principios básicos bien definidos cuya aplicación durante los 30 años de vigencia del modelo ha permitido la consolidación del mismo:

- La vocación de universalidad en cuanto a producciones y riesgos asegurables, es decir, que el seguro agrario llegue a contemplar la totalidad de producciones y riesgos de nuestra agricultura.
- La adhesión voluntaria al seguro por parte de agricultores y/o ganaderos. La contratación del seguro no es obligatoria.
- Los riesgos asegurables no pueden ser objeto de ayudas directas, por tanto, no podrán publicarse decretos extraordinarios de ayudas siendo asegurable para ese riesgo la producción afectada.
- El modelo se basa en la solidaridad del conjunto del sistema, es decir, distribución de la probabilidad de siniestro entre todos los asegurados/as así como el coste de aseguramiento.
- El seguro se basa en la aplicación de las técnicas aseguradoras tradicionales.
- La solvencia económica del modelo debe estar garantizada.
- Los seguros agrarios se conciben como instrumento de apoyo a la política agraria.
- Los agricultores y ganaderos deben tener un protagonismo en el desarrollo del modelo, de hecho, a través de sus organizaciones profesionales, tienen garantizada la interlocución con la administración.
- El modelo aprovecha la especialización de cada una de las partes implicadas en el mismo.
- El modelo debe estar sometido a un proceso de perfeccionamiento permanente.

Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario: Aproximación al conocimiento y prácticas de gestión en España

Se trata por tanto de un sistema de seguros agrarios con una larga trayectoria y de apoyo público a la contratación. El Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, a través de la Entidad Estatal de Seguros Agrarios (ENESA), concede subvenciones, al pago de las primas, a los asegurados que suscriban pólizas de los seguros incluidos en el plan de seguros agrarios.

Desde el año 2008, se ha constatado que el 45% de las indemnizaciones procedentes del seguro agrario corresponden a los daños por pedrisco, el 22% a los daños por heladas y el 17% a los daños por sequía. Esto denota la importancia de los fenómenos climáticos extremos, que generan la mayor parte de las pérdidas en el sector agrario. El seguro agrario cubre también otros riesgos como son la lluvia e inundación torrencial, incendio, viento huracanado, fauna silvestre, golpe de calor, muerte masiva de los animales, etc.

El desarrollo de instrumentos para la gestión de riesgos y crisis constituye actualmente una de las cuestiones a debate en el proceso de diseño de las políticas agrarias. El desarrollo alcanzado por el sistema español de seguros agrarios sitúa a nuestro país en una posición muy destacada en el ámbito internacional en materia de gestión de riesgos. Los resultados que se obtienen en la aplicación del seguro agrario pueden contribuir al análisis del impacto del cambio climático sobre el sector agrario, en lo que hace referencia a la incidencia de fenómenos climáticos extremos (Medina et al., 2012). Además, los datos económicos de funcionamiento del sistema nos permiten hacer una estimación muy aproximada del coste que para un país de las condiciones climáticas y tradición agraria como España, puede conllevar una gestión adecuada de los riesgos climáticos con el seguro agrario como herramienta de adaptación al cambio climático.

Aunque el sistema español de seguros agrarios tiene ya una larga trayectoria de más de 30 años, es difícil relacionar los datos generados sobre siniestros en las producciones agrícolas y ganaderas con los impactos del cambio climático, para cuyo estudio se utilizan espacios temporales mucho más amplios. Lo que sí ha podido constatar el seguro agrario en España es la alta frecuencia de siniestros relacionados con el clima que acontecen en nuestro país año tras año. Los daños por pedrisco y heladas son habitualmente los de mayor importancia para la agricultura española, En ellos se centra fundamentalmente el diseño de los seguros agrarios desde sus inicios allá por 1980, aunque posteriormente se han ido ampliando coberturas y riesgos que los hacen hoy mucho más completos e interesantes para agricultores y ganaderos.

4-. Conclusiones y lagunas de conocimiento detectadas

El cambio climático es una realidad a la que la sociedad tiene que hacer frente. No cabe duda de que afectará de forma importante a los diferentes ecosistemas y sectores socioeconómicos, incluyendo a la producción agrícola y ganadera y a otros muchos sectores de especial relevancia para dichas producciones, como es el caso de los recursos hídricos. La adaptación al cambio climático viene cobrando cada día más importancia a nivel de la negociación internacional de Naciones Unidas y también en el contexto europeo. Los gobiernos son los encargados de desarrollar políticas de adaptación, priorizando las actuaciones más eficientes en cada caso. Estas políticas y actuaciones a priorizar deben ser definidas y consensuadas con expertos y agentes implicados. A nivel mundial y también en el caso de España los efectos del cambio climático variarán en función de las características de las diferentes zonas de producción, cultivos, producciones ganaderas y sistemas de cultivo o manejo del ganado.

La "Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Unión Europea" destaca como principal reto el de mejorar la preparación y la capacidad de respuesta a los efectos del cambio climático a nivel local, regional, nacional y del conjunto de la Unión Europea promoviendo acciones concretas de adaptación al cambio climático en los Estados Miembros, facilitando la toma de decisiones a todos los agentes implicados a través del incremento de programas de investigación y la recopilación e intercambio de información en materia de adaptación al cambio climático, y promoviendo la adaptación en sectores vulnerables al cambio climático a través del apoyo a la construcción de infraestructuras resistentes y la promoción de productos financieros y seguros contra desastres naturales y humanos.

En el caso concreto del sector agrario, la PAC (2014-2020), y las reformas que se puedan llevar a cabo en el futuro, se presenta como una oportunidad para la integración y consideración de medidas de adaptación al cambio climático. En el marco de la última reforma de la PAC, se ha establecido, dentro de las ayudas directas, el pago "verde" (*greening*), como complemento al pago básico, incluyendo una serie de prácticas a respetar, encaminadas a hacer más sostenible la producción agraria. En este sentido, los Programas de Desarrollo Rural de las Comunidades Autónomas pueden ser una vía muy eficaz para integrar el cambio climático en el sector agrario.

Asimismo, el Tercer Programa de Trabajo del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, vigente en el periodo 2014-2020, incluye entre sus ámbitos de trabajo y líneas de actividad prioritarias la evaluación de los impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático sobre el sector agrario en España, así como la necesidad de integrar la adaptación al cambio climático en la planificación de los sectores naturales y económicos. En él se especifica el potencial de adaptación del sector agrario y las líneas de trabajo para dicho sector.

No obstante, si bien la normativa europea y nacional establecen el marco de trabajo que debería llevarse a cabo para considerar la adaptación al cambio climático en el sector agrario, durante el desarrollo del presente informe se ha podido observar la necesidad de mejorar la coordinación entre instituciones y de trabajar en la identificación de políticas y medidas concretas que se estén llevando a cabo en materia de adaptación al cambio climático en este sector.

Entre las principales lagunas de conocimiento detectadas cabe resaltar el bajo número de estudios realizados hasta la fecha que incluyan datos integrados, mientras que la existencia de estudios de impactos puntuales del cambio climático sobre determinadas producciones es mucho más cuantiosa.

Además, la mayoría de los estudios existentes están basados únicamente en criterios de producción, sin integrar otros aspectos de gran relevancia para la adaptación como son el paisaje, la biodiversidad, la conservación de razas autóctonas y variedades locales, los modelos de gestión, las propias infraestructuras del sector, la evaluación de las medidas adoptadas o el cálculo integrado de los costes económico de cada una de las actuaciones enfocadas a la adaptación.

Así mismo, en la realización de este informe se ha detectado una disparidad considerable en materia de actores e información sobre adaptación en el sector agrario entre las diferentes Comunidades Autónomas, existiendo por tanto un desequilibrio territorial a nivel autonómico en cuanto a estudios se refiere. Mientras que algunas tienen elaborados una serie de trabajos sobre el grado de afección y la vulnerabilidad de sus producciones en escenarios futuros de cambio climático, otras, por el contrario, no han realizado este ejercicio. Sería interesante promover la generación de conocimiento científico específico en aquellas zonas de producción que no se haya hecho aún, para aprovechar esa información en el desarrollo de sus diferentes estrategias de adaptación al cambio climático para el sector.

En cuanto al trabajo de investigación desarrollado hasta la fecha en este campo queda muy difuminado dentro de los proyectos de investigación desarrollados a nivel europeo, los cuales han abordado de forma mucho más intensa los aspectos relacionados con la mitigación en agricultura que aquellos relativos a la adaptación. Por otro lado, se advierte una baja participación en dichos proyectos por parte de los agentes más interesados en esta materia, es decir, los agricultores y ganaderos. Al fin y al cabo, son ellos los que finalmente tendrán que implementar las medidas de lucha frente al cambio climático y una mayor transferencia del conocimiento científico les ayudaría de forma notable en la toma de decisiones.

En este sentido, se identifica también una importante falta de coordinación entre la comunidad científica y los profesionales del sector, en parte debida a que el sistema de evaluación de los primeros no prioriza ni la transferencia del conocimiento, ni la investigación aplicada a la resolución de problemas concretos de la actividad agraria. A este respecto, cabe destacar que el MAGRAMA presentó en 2015 el "Programa nacional de innovación e investigación agroalimentaria y forestal". Se trata de un instrumento al servicio del sector que se ha plasmado en la creación del portal web IDi-A⁶ y cuyos objetivos son: identificar y priorizar las necesidades y oportunidades del sector agroalimentario y forestal; incluir estas líneas de acción en la programación y financiación de la I+D+i nacional y comunitaria; facilitar y promover la difusión, la participación, la comunicación y la transferencia de resultados entre los diferentes agentes del sector para dar respuesta a las necesidades reales de agricultores, ganaderos, productores forestales, industrias y resto de actores, para aumentar su competitividad y ser más respetuosos con el medio ambiente.

Sí se ha constatado que en la actualidad existen muchas estrategias y medidas de adaptación que ya se están aplicando y que deben ser debidamente sistematizadas y contabilizadas. La lucha contra plagas y enfermedades mediante especies más adaptadas es un buen ejemplo. Por otro lado, es importante procurar que muchas de las medidas y prácticas de las políticas de apoyo existentes al sector agrario no deriven en prácticas que constituyan una mala adaptación.

El agricultor y el ganadero es, sin duda, un poderoso aliado al que utilizar en las políticas públicas como introductor de buenas prácticas en el territorio que gestionan, que en nuestro país alcanza el 50% del total. Para ello, el sector agrario no debe perder la oportunidad de participar activamente en la reducción de riesgos ambientales que supone la lucha contra el cambio climático. Además de ser

⁶ <http://www.idi-a.es/>

un deber compartido con el resto de la sociedad y sectores económicos, la lucha contra el cambio climático comporta un incremento de la eficiencia en la utilización de los recursos que reporta indudables ventajas en términos económicos y de competitividad.

Por tanto, las medidas a adoptar para mejorar la capacidad de adaptación del sector a los efectos del cambio climático en el futuro que deben desarrollar los gobiernos para nuestros agricultores y ganaderos, deben encajar dentro de una estrategia debidamente consensuada entre administraciones y agentes implicados, así como estar perfectamente coordinadas entre las diferentes Comunidades Autónomas.

El reto es que la gran capacidad de generación de conocimiento de nuestra comunidad científica sea capaz de alinearse con las necesidades reales de los profesionales de la agricultura y la ganadería, tratando de concentrar los esfuerzos en garantizar una efectiva adaptación de las explotaciones agrarias al cambio climático al coste más reducido posible.

Por otro lado, a nivel de cuantificación de costes y beneficios, la mayor parte de los estudios realizados hasta la fecha recogen estimaciones de costes de adaptación a nivel global. Aunque han resultado de utilidad a la hora de proporcionar información, especialmente ante la falta de análisis desagregados detallados, se trata de estudios incompletos y preliminares.

Dada la complejidad de la agricultura y la multitud de agentes implicados, la estimación de los costes y beneficios de la adaptación supone un gran reto. No existe una curva de costes y beneficios de la adaptación y se hace necesario determinarla. Los costes y beneficios de las medidas de adaptación en la agricultura se distribuyen de forma desigual dependiendo del cultivo, región e impactos del cambio climático. Esto mismo sería también aplicable en el caso de la ganadería.

En este sentido, sería preciso elaborar análisis más completos, que consideren los resultados de los estudios actuales a nivel nacional y regional, así como trabajar más sobre el marco metodológico de los estudios económicos de la adaptación, especialmente dado que la atención se va desplazando desde una mayor conciencia hacia una política de adaptación práctica. Un elemento clave es la incorporación de los elementos positivos para la adaptación en las evaluaciones de vulnerabilidad y adaptación, desarrollando así un enfoque más completo que contribuya de forma eficaz en el diseño de las políticas de adaptación.

Asimismo, es importante conocer los costes de la adaptación y que éstos se tengan en cuenta en el diseño de las diferentes medidas y estrategias y en la toma de decisiones de inversión en modelos de gestión, infraestructuras, etc. Teniendo en cuenta la gran variedad climática, de producciones y sistemas de cultivo existentes en nuestro país, los estudios de costes de adaptación pueden arrojar grandes diferencias de unas zonas de producción a otras. Se hace necesario disponer de costes de adaptación fiables para poder establecer umbrales de daños que permitan a los agricultores y ganaderos tomar las decisiones adecuadas. Los expertos coinciden en que hace falta más investigación y transferencia de conocimiento a los agricultores en este ámbito de evaluación de costes.

Entre los diferentes obstáculos para el desarrollo de una política de adaptación al cambio climático realmente eficiente, destacan la coordinación institucional y la falta de información sobre la eficacia de las diferentes medidas tomadas en el pasado.

Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario:
Aproximación al conocimiento y prácticas de gestión en España

En conclusión, teniendo en cuenta la especial situación de vulnerabilidad en la que se encuentra el sector agrario español, se hace imprescindible un sistema coordinado de adaptación al cambio climático en el que además se analicen las posibles sinergias con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. El sector agrario, fundamental para España tiene un gran reto: adaptarse al cambio climático.

Bibliografía para el presente Informe

- COM (2009). COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, Brussels, 1.4.2009. COM(2009) 147 final. WHITE PAPER. Adapting to climate change: Towards a European framework for action.
- Del Prado A, Mas K, Pardo G., Gallejones. P. (2013)a. Modelling the interactions between C and N farm balances and GHG emissions from confinement dairy farms in northern Spain. *Science of The Total Environment*. 465, 156-165.
- European Commission (2013). Green Paper: "A 2030 framework for climate and energy policies.
- Ewert F, Rounsevell MDA, Reginster I, Metzger MJ, Leemans R (2005) Future scenarios of European agricultural land use I. Estimating changes in crop productivity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 107:101-116.
- Iglesias A., Quiroga S., Schlickerrieder J. (2010) Climate change and agricultural adaptation: assessing management uncertainty for four crop types in Spain. *Climate Research*, 44: 83-94.
- Iglesias A, Garrote L; Quiroga S, Moneo M (2012) From climate change impacts to the development of adaptation strategies: Challenges for agriculture in Europe to Climatic Change vol 112:143–168
- Ignaciuk, A. (2014). Costs of adaptation: who pays and who gains? Seminario de la OECC sobre adaptación de la agricultura al cambio climático, 2014.
- IPCC (2013). *Climate Change: The Physical Science Basis*. 5th Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC (2014). *Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. 5th Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- JRC (2014). *Climate Impacts in Europe: The JRC PESETA II Project*. Report EUR 26586EN
- Junta de Andalucía (2012)a. Estudio básico sobre adaptación al cambio climático: sector agrícola.
- Junta de Andalucía (2012)b. Estudio básico sobre adaptación al cambio climático: sector ganadero.
- MAGRAMA, (2014)a. El primer pilar de la PAC y el cambio climático.
- MAGRAMA, (2014)b. Tercer programa de trabajo del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC).
- Medina, F., P. Resco, J.M. Delgado, J. Sagarna, J. Alejandre (2012). El sector productor agrario ante el reto del cambio climático. Cuaderno Interdisciplinar de Desarrollo Sostenible. Vol N°8, pág. 27-45. ISSN 1889-0660. Fundación Cajamar.
- Mínguez et al. (2005). Impactos del cambio climático en España: sector agrario. Ministerio de Medio Ambiente.

Bibliografía ampliada sobre esta materia

- Achutarao, K., et al. (2004). An Appraisal of Coupled Climate Model Simulations. United States: Lawrence Livermore National Laboratory UCRL-TR-202550.
- Agencia Catalana del Agua (2010). Agua y Cambio Climático: Diagnóstico de los impactos previstos en Cataluña.
- Agrawala S y Fankhauser S (eds.) (2008). Economic Aspects of Adaptation to Climate Change. Costs, Benefits and Policy Instruments. París: OCDE.
- 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
- Alcamo, JM, Vörösmarty CJ, Naiman, RJ, Lettenmaier DP, Pahl-Wostl C (2008). A grand challenge for freshwater research: understanding the global water system. *Environ. Res. Lett.* 3 010202 (6pp), doi:10.1088/1748-9326/3/1/010202
- Antle JM, Capalbo SM, Elliott ET, Paustian KH (2004). Adaptation, Spatial Heterogeneity, the Vulnerability of Agricultural Systems to Climate Change and CO₂ Fertilization: An Integrated Assessment Approach. *Climate Change* 64(3):289-315.
- Arnell NW (2004). Climate change and global water resources: SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change* 14(1):31-52
- Asociación Española de Agricultura de Conservación (2011) La agricultura de conservación es básica para luchar contra el cambio climático y conseguir los objetivos de desarrollo del milenio. *Agricultura de conservación: AC*, ISSN 1885-8538, Nº. 17, 2011, págs. 21-23.
- Atauri J.A. (2013). Adaptación al cambio climático en los espacios protegidos españoles. (EUROPARC). Seminario adaptación MAGRAMA.
- Battisti DS, Naylor RL (2009). Historical warnings of future food insecurity with unprecedented seasonal heat. *Science* 323 (5911):240-244
- Bermejo, I. (2011). Agricultura y cambio climático; *El Ecologista*, ISSN 0211-6472, Nº 67, 2010-2011, págs. 18-22
- Bindi, M., L. Fibbi, y F. Miglietta. (2001). Free Air CO₂ Enrichment (FACE) of grapevine (*Vitisvinifera* L.): II. Growth and quality of grape and wine in response to elevated CO₂ concentrations. *European Journal of Agronomy* 14, 2001 a: 145-155.
- Bosch J. (2103) Aumento de temperaturas y conservación de anfibios en áreas de montaña. (MNCN-CSIC). Seminario adaptación MAGRAMA.
- Brooks N, Adger WN, Kelly PM (2005). The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and implications for adaptation. *Global Environmental Change* 15:151-163.
- Brown ME, Funk CC (2008) Food security under climate change. *Science* 319:580-581
- Burton I, Lim B (2005). Achieving adequate adaptation in agriculture. *Climatic Change* 70(1-2):191-200.
- Cardenas L.M., Cuttle S.P., Crabtree B., Hopkins A., Shepherd A. Scholefield D. and del Prado A. (2011). Cost effectiveness of nitrate leaching mitigation measures for grassland livestock systems at locations in England and Wales. *Science of the Total Environment*. 409 (3-4): 1104-1115. Online: Download
- Cardenas L.M., Cuttle S.P., Crabtree B., Hopkins A., Shepherd A. Scholefield D. and del Prado A. 2011. Land management changes required to tackle nitrate pollution. *Science for Environment Policy*. Issue 236. (8-4-2011).
- Carreira J.A. (2013) Práctica, desde la Teoría: Ensayo de manejo adaptativo en bosques de Abies pinsapo, desde la identificación de mecanismos ecológicos que subyacen al decaimiento observado. (UJA). Seminario adaptación MAGRAMA
- Carter TR, Saarikko RA (1996). Estimating regional crop potential in Finland under a changing climate. *Agricultural and Forest Meteorology* 79(4):301-313

- Castro S., A. Gutiérrez, J. R. Picatoste (2011) La adaptación al cambio climático en España. Información Comercial Española, ICE: Revista de economía, ISSN 0019-977X, Nº 862, 2011 (Ejemplar dedicado a: Cambio climático: aspectos económicos e internacionales), págs. 81-96.
- Centeno A., P. Baeza y JR Lissarrague (2010). Relationship between soil and plant water status in wine grapes under various water deficit regimes. HortTechnology 20(3). 585 - 593.
- Challinor AJ, Wheeler TR, Craufurd PQ, Ferro CAT, Stephenson DB (2007) Adaptation of crops to climate change through genotypic responses to mean and extreme temperatures. Agric. Ecosys. Env, 119(1):190-204
- Chen CC, McCarl BA (2001) An Investigation of the Relationship between Pesticide Usage and Climate Change. Climatic Change 50(4):475-487
- CIRCLE (2007) (Climate Impact Research Coordination for a Larger Europe). Medri S, Castellari S, König M (eds) (2007). Report on the current state of National Research Programmes on Climate Change Impacts and Adaptation in Europe, CIRCLE (Climate Impact Research for a Larger Europe) <http://www.circle-era.net/>
- Ciscar JC (2011). La política climática europea en el horizonte 2050. Economistas, ISSN 0212-4386, Año Nº 29, Nº 127, 2011 , págs. 66-71.
- Ciscar J-C., Iglesias A., Feyen L., Szabó 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. (2010). Physical and economic consequences of climate change in Europe. PNAS.
- Ciscar JC, Iglesias A, Feyen L, Goodess CM, Szabó L, Christensen OB, Nicholls R, Amelung B, Watkiss P, Bosello F, Dankers R, Garrote L, Hunt A, Horrocks L, Moneo M, Moreno A, Pye S, Quiroga S, Van Regemorter D, Richards J, Rososn R, Soria A (2009). Climate change impacts in Europe. Final report of the PESETA research project. EUR 24093 EN. JRC Scientific and Technical Reports. <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC55391.pdf>
- COAG, (2009). Agricultura Socioconsciente: el modelo de COAG para combatir el cambio climático. Boletín divulgativo. COAG. Depósito legal VI-384/08.
- Comunidad de Madrid, (2013). Estrategia de Calidad del Aire y Cambio Climático de la Comunidad de Madrid 2013-2020. Plan azul +.
- Cooperativas Agroalimentarias (2010). La agricultura española y la contribución a la lucha contra el cambio climático. Cooperativas agro-alimentarias, ISSN 2254-0849, Nº. 8, 2010 , págs. 40-43.
- Cooperativas Agroalimentarias, 2011. Agricultura y cambio climático. Aportaciones del sector agrario y cooperativo. Cooperativas agro-alimentarias, ISSN 2254-0849, Nº. 10, 2011 , págs. 42-45.
- CISRO, (2010). How can we adapt agriculture to climate change? Farming Ahead May 2010 No. 220 www.farmingahead.com.au
- Dapena, E., Fernández-Ceballos, A. (2006). Consecuencias de la evolución climática en la producción de manzana en Asturias. VII Congreso SEAE Zaragoza, Septiembre 2006, 9 pp.
- Darwin R (2004). Effects of greenhouse gas emissions on world agriculture, food consumption, and economic welfare. Climatic Change 66:191-238
- Davis, M.S., Mader, T.L., Holt, S.M. y Parkhurst, A.M. (2003). Strategies to reduce feedlot cattle heat stress: Effects on tympanic temperature. J Anim Sci 81, pp. 649-661.
- Del Prado A. Corré WJ, Gallejones. P., Pardo, G., Pinto M, del Hierro O. and Oenema O. (2014). NUTGRANJA 2.0: a simple mass balance model to explore the effects of different management strategies on nitrogen and greenhouse gases losses and soil phosphorus changes in dairy farms. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. DOI (10.1007/s11027-014-9598-8).
- Del Prado A., Mas K., Pardo G., Gallejones P. (2013)b. Modelling the interactions between C and N farm balances and GHG emissions from confinement dairy farms in northern Spain Science of the Total Environment DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.03.064

- Del Prado A., Crosson P., Olesen J.E. and Rotz A. (2013) C. Whole-farm models to quantify greenhouse gas emissions and their potential use for linking climate change mitigation and adaptation in temperate grassland ruminant-based farming systems. *Animal*. 7 (suppl.2), 373-385.
- Del Prado A., Misselbrook T, Chadwick D, Hopkins A, Dewhurst R.J., Davison P., Butler A., Schröder J., and Scholefield D. (2011). SIMSDAIRY: A modelling framework to identify sustainable dairy farms in the UK. Framework description and test for organic systems and N fertiliser optimisation. *Science of the Total Environment* 409 (19): 3993-4009.
- Del Prado A., Chadwick D., Cardenas L., Misselbrook T., Scholefield D. and Merino P. (2010). Exploring systems responses to mitigation of GHG in UK dairy farms. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 136 (3-4): 318-332.
- Del Prado A., Chadwick D. and Scholefield D. (2009). Simulating the effect on GHG emissions after implementing a trajectory towards sustainability of a dairy farm. 41st Meeting of the Agricultural Research Modeller's Group. Royal Society, London (UK). *Journal of Agricultural Science*. 147: 739.
- Defra (2005). Review of Defra's Climate Change Impacts and Adaptation (Agriculture) R & D Programme. www.defra.gov.uk
- Döll P (2002). Impact of Climate Change and variability on Irrigation Requirements: A Global Perspective. *Climate Change* 54:269-293
- Domínguez, A., de Juan, J.A., Artigao, A., Tarjuelo, J.M., 2007. Vulnerability to desertification process in Eastern Mancha agrarian system (Spain). 10th Inter-Regional Conference on Water and Environment (ENVIROWAT 2007). Actas del Congreso. Nueva Delhi, India.
- Donés J., (2013). La gestión de los Montes de Valsain frente a los impactos del cambio climático (OAPN). Seminario adaptación MAGRAMA.
- Easterling DR, Meehl J, Parmesan C, Chagnon S, Karl TR, Mearns LO (2000) Climate extremes: observations, modeling, and impacts. *Science* 289:2068-74
- Easterling WE, Chhetri N, Niu XZ (2003) Improving the realism of modeling agronomic adaptation to climate change: Simulating technological submission. *Climatic Change*, 60(1-2):149-173
- EEA (2007) Climate change and water adaptation issues. EEA Technical Report No. 2/2007, 110 pp
- EEA (2008). Impacts of climate change in Europe: An indicator based report.
- Elvira RJ, (2009). Efecto sumidero de carbono en los bosques de La Rioja y estimación del potencial energético de la especie *Quercus Pyrenaica* y su aprovechamiento. Tesis Doctoral. Universidad de la Rioja.
- ENESA (2006). Entidad Estatal de Seguros Agrarios. Conclusiones de la Conferencia Internacional "El seguro agrario como instrumento para la gestión de riesgos". Madrid
- ENESA (2004). Informe Final del Proyecto *Gestión del Riesgo Agropecuario en América Latina y el Caribe*. Proyecto ENESA-BID. Banco Inter-Americano de Desarrollo, Washington, D.C.
- Escudero, A. (2013) Enfrentándose al cambio en la alta montaña mediterránea: migrar o adaptarse, esa es la cuestión. (URJC). Seminario adaptación MAGRAMA.
- Espelta J.M. (2013). Adaptación de los bosques al cambio climático: estrategias de gestión. (CREAF-UAB). Seminario adaptación MAGRAMA.
- Estiarte, M. (2013). Impactos del cambio climático en el funcionamiento de ecosistemas. (CREAF-CSIC). Seminario adaptación MAGRAMA.
- Fernández G. (2013). Política y planificación forestal. (DGDRyPF). Seminario adaptación MAGRAMA.
- Fernández, J., et al. (2012). Escenarios-PNACC 2012: Resultados de regionalización dinámica. 8º Congreso Internacional AEC 2012. Salamanca: publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), 2012.
- Frías, M., J. Gutiérrez, y F. Méndez (2012) Future regional projections of extreme temperatures in Europe: a nonstationary seasonal approach *Journal Name: Climatic Change*. *Climatic Change*, 2012: 371-392.

Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario:
Aproximación al conocimiento y prácticas de gestión en España

- Forster, P., et al. (2007) IPCC: Climate Change, 2007, The Physical basis , The Physical Science Basis. WGI Contribution to the Fourth WGI Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. United Kingdom and New York, NY, USA.: Cambridge University Press, Cambridge, 2007.
- Gallejones P., Castellón A, Del Prado A., Unamunzaga O., Aizpurua A. 2012. Nitrogen and sulphur fertilization effect on leaching losses, nutrient balance and plant quality in a Wheat-Rapeseed Rotation under Humid Mediterranean Climate. Nutrient cycling in Agroecosystems.93: 337-355.
- García, C. (2013) El Plan Estratégico del Patrimonio Natural y la Biodiversidad y sus acciones relativas a adaptación al cambio climático. (OECC). Seminario adaptación MAGRAMA.
- García, C. (2009). La evidencia del cambio climático: la necesidad de las políticas económicas preventivas. Documentos de Trabajo, ISSN-e 1139-6148, Nº. 12, 2009.
- Garza R. (2013). La plataforma de intercambio de información en materia de adaptación al cambio climático AdapteCCa.es. (OECC). Seminario adaptación MAGRAMA.
- Garrido A., Rey D., Ruiz-Ramos M. and Mínguez M.I. (2011). Climate change and crop adaptation in Spain: consistency of regional climate models. Climate Research 49, 211-227.
- Garrido A., Rey D. (2011). Agua y Cambio Climático en España. Revista del Colegio de Economistas de Madrid, 127: 35-43.
- Garrido, A. y Varela, C. (2008). Economía del agua en la agricultura e integración de políticas sectoriales. Panel Científico-Técnico de Seguimiento de Política de Aguas. Fundación Nueva Cultura del Agua y Universidad de Sevilla, 2008.
- Garrote, L., de Lama, B., Martín., F., (2008). Previsiones para España según los últimos estudios de cambio climático. En: El cambio climático en España y sus consecuencias en el sector del agua. Ed. Universidad Rey Juan Carlos y Aqualia gestión integral del agua S.A., Madrid, España.
- Generalitat de Catalunya, (2012). Estrategia catalana de adaptación al cambio climático: 2013-2020.
- Generalitat Valenciana (2013). Estrategia valenciana ante el cambio climático 2013-2020: mitigación y adaptación.
- Giorgi F, Lionello P (2008). Climate change projections for the Mediterranean region. Global and Planetary Change 63:90-104
- Giorgi, F., y L. O. Mearns (1991). Approaches to the simulation of regional climate change: A review. Rev. Geophys 29 DOI:10.1029/90RG02636., 1991: pp:191-216.
- Glauber JW (2004). Crop Insurance Reconsidered. American Journal of Agricultural Economics 86 (5):1179-1195
- Gleick PH (2003). Global Freshwater Resources: Soft-Path Solutions for the 21st Century. Science 302:1524-1528
- Gobierno de Aragón (2008). Estrategia aragonesa de cambio climático y energías limpias.
- Gobierno de Canarias (2012). Estrategia canaria de lucha contra el cambio climático.
- Gobierno de Cantabria (2009). Estrategia de acción frente al cambio climático de Cantabria 2008-2012.
- Gobierno de Castilla la Mancha (2013). Estrategia de Cambio Climático de Castilla-La Mancha.
- Gobierno de Castilla la Mancha (2009). Impactos del cambio climático en Castilla la Mancha.
- Gobierno de la Rioja (2008). Estrategia de Lucha contra el Cambio Climático en La Rioja 2008-2012.
- Gobierno de Navarra (2011). Estrategia frente al cambio climático de Navarra 2010-2020.
- Gobierno Vasco, (2011). Cambio climático: impactos y adaptación en la Comunidad Autónoma del País Vasco.
- Gómez A. (2013). Estructuras adaptables al cambio. El control humano de la resiliencia. (UAH). Seminario adaptación MAGRAMA.

- González- Sánchez E.J., O. Veroz-Gonzalez, G.L. Blanco-Roldana, F. Marquez-Garciaa, R. Carbonell-Bojollo (2014). A renewed view of conservation agriculture and its evolution over the last decade in Spain.
- Govern de les Illes Balears (2013). Estrategia balear de cambio climático 2013-2020.
- Gregory, J. M., et al. (2005). A model intercomparison of changes in the Atlantic thermohaline circulation in response to increasing atmospheric CO₂ concentration, *Geophysical Research Letters*, 32, L12703, doi: 10.1029/2005GL023209
- Guariguata, M. (2009). El manejo forestal en el contexto de la adaptación al cambio climático. *Revista de estudios sociales*, ISSN-e 0123-885X, N°. 32, 2009 (Ejemplar dedicado a: Medio Ambiente) págs. 98-113.
- Guereña A., Ruiz-Ramos M., Díaz-Ambrona C.H., Conde J.R. y Mínguez M.I. (2001). Assessment of climate change and agriculture across geographical areas in Spain using a General and a Regional Climate Model. *Agronomy Journal* 93: 237-249.
- Gutierrez A. y J.R. Picatoste (2013). Impactos del cambio climático y medidas de adaptación. *Revista de Obras Públicas: Órgano profesional de los ingenieros de caminos, canales y puertos*, ISSN 0034-8619, N°. 3545, 2013 , págs. 35-50
- Harrison P, Berry P, Henriques C, Holman I (2008). Impacts of socio-economic and climate change scenarios on wetlands: linking water resource and biodiversity meta-models. *Climatic Change* 90(1-2):113-139
- Hernández M.D. (2012). Respuestas al cambio climático en la fenología de plantas y animales desde 1945 hasta 2009 en la región de Murcia.
- Hidalgo R. (2013). La RN2000 y la adaptación al cambio climático. (DGCEAyMN). Seminario adaptación MAGRAMA.
- Hirabayashi Y, Kanae S, Emori S, Oki T, Kimoto M (2008). Global projections of changing risks of floods and droughts in a changing climate. *Hydro. Sci. Journal* 53(4):754-772
- Holman I, Rounsevell M, Cojocarú G, Shackley S, McLachlan C, Audsley E, Berry P, Fontaine C, Harrison P, Henriques C, Mokrech M, Nicholls R, Pearn K, Richards J (2008). The concepts and development of a participatory regional integrated assessment tool. *Climatic Change* 90(1-2):5-30
- Howden SM, Soussana JF, Tubiello FN, Chhetri N, Dunlop M, Meinke H (2007). Climate Change and Food Security Special Feature: Adapting agriculture to climate change. *PNAS* 104:19691-19696.
- Iglesias A. y Mínguez M.I. (1995). Perspectives for maize production in Spain under climate change. En: Rosenzweig C., Allen Jr. L.H., Harper L.A., Hollinger S.E. y Jones J.W. (eds.). *Climate change and agriculture: analysis of potential international impacts*. Special Publication n° 59.Ch. 13. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin. Pgs. 259-273.
- Iglesias, A. y S. Quiroga. (2006). Measuring cereal production risk to climate variability across geographical areas. *Climate Research*.
- Iglesias A, Avis K, Benzie M, Fisher P, Harley M, Hodgson N, Horrocks N, Moneo M, Webb J (2006) *Adaptation to Climate Change in the Agricultural Sector*. AGRI-2006-G4-05, AEA Energy & Environment and Universidad de Politécnica de Madrid, European Commission DG AGRI, AGRI/2006-G4-05 Available at: http://ec.europa.eu/agriculture/analysis/external/climate/final_en.pdf
- Iglesias A, Garrote L, Flores F, Moneo M (2007). Challenges to manage the risk of water scarcity and climate change in the Mediterranean. *Water Resources Management* 21(5):227-288.
- Iglesias A y Quiroga S. (2007). Measuring the risk of climate variability to cereal production at five sites in Spain. *Climate Research*. 34: pp. 45-57.
- 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. y F. Medina, (2009). Consecuencias del cambio climático para la agricultura: ¿un problema de hoy o del futuro? *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*. Nº 221. Pág. 47-70. ISSN: 1575-1198.
- Iglesias, A. (2009). El cambio climático y su mitigación ¿qué puede hacer la agricultura? *Mediterráneo económico*, ISSN 1698-3726, Nº. 15, 2009 (Ejemplar dedicado a: El nuevo sistema agroalimentario en una crisis global / coord. por Jaime Lamo de Espinosa y Michels de Champourcin), págs. 105-122
- Iglesias, A. (2010). Cambio climático y medidas de adaptación para la agricultura: Implicaciones para Castilla y León.
- Iglesias A, Mougou R, Moneo M, y Quiroga S. (2011). Towards adaptation of agriculture to climate change in the Mediterranean. *Regional Environmental Change*. 11: pp.159-166.
- Iglesias A, Moneo M, Quiroga S y Garrote L. (2011). Re-thinking adaptation priorities to climate change for agriculture in Europe. *Climatic Change*.
- Iglesias A., Quiroga S., Sotés V., (2011) La agricultura española y el cambio climático. *Economistas*, ISSN 0212-4386, Nº 29, Nº 127, 2011 , págs. 19-26
- IPCC (2007). *Climate Change: Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jalón S, A. Iglesias, R. Cunningham y J.I. Pérez (2014). Building resilience to water scarcity in southern Spain: a case study of rice farming in Doñana protected wetlands. *Regional Environmental Change*. ISSN 1436-3798. Volume 14. Number 3.
- Jalón S, A. Iglesias, S. Quiroga e I. Bardají (2013). Exploring public support for climate change adaptation policies in the Mediterranean region: A case study in Southern Spain. *Environmental Science and Policy* Nº 29.
- Junta de Castilla y León (2009). *Estrategia Regional de Cambio Climático 2009-2012-2020*.
- Junta de Extremadura (2001)a. *Plan de adaptación al cambio climático del sector agrícola*.
- Junta de Extremadura (2001)b. *Plan de adaptación al cambio climático del sector de la ganadería*.
- Kane SM, Shogren JF (2000). Linking adaptation and mitigation in climate change policy. *Climatic Change* 45(1):75-102
- Kates RW (2000). Cautionary Tales: Adaptation and the Global Poor. *Climatic Change* 45(1):5-17
- Kurukulasuriya P, Rosenthal S (2003). *Climate Change and Agriculture: A Review of Impacts and Adaptations*. Vol. 91, World Bank Climate Change Series, World Bank Environment Department, 96 pp.
- Leary NA (1999) A framework for benefit-cost analysis of adaptation to climate change and climate variability. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 4(3-4):307-318
- Linares J.C. y J.J. Camarero (2013). Efectos del cambio climático en el crecimiento de abetales, pinsapares y pinares relictos de la Península Ibérica. (ARAID-CSIC). Seminario adaptación MAGRAMA.
- Lobell DB, Burke MB, Tebaldi C, Mastrandrea MD, Falcon WP, Naylor RL (2008) Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science* 319:607-610
- Lobo, J. (2013). Incertidumbre en las predicciones sobre la distribución de las especies ante el cambio climático. Seminario adaptación MAGRAMA.
- Long S, Ainsworth EA, Leakey ADB, Nösberger J, Ort DR (2006) Food for Thought: Lower-Than-Expected Crop Yield Stimulation with Rising CO2 Concentrations. *Science* 312:1918-1921
- López-Mata, E., Domínguez, A., Tarjuelo, J.M., De Juan, J.A., Artigao, A., (2008). Sistema de ayuda a la toma de decisiones via on-line aplicado a los servicios de asesoramiento de riego. XXIV Congreso Nacional de Riegos AERYD. Actas del Congreso. Asociación Española de Riegos y Drenajes. Huesca, España.

Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario:
Aproximación al conocimiento y prácticas de gestión en España

- Lorente, A. (2010) Ganadería y cambio climático: una influencia recíproca. *GeoGraphos: Revista Digital para Estudiantes de Geografía y Ciencias Sociales.*, ISSN-e 2173-1276, Vol. 1, Nº. 3, 2010, págs. 1-22
- Maché, R. (2012) Cambio climático y agricultura. *Campo y Mecánica*, ISSN 0211-4704, Nº. 2, 2012 , págs. 14-18
- Mader TL, Davis MS (2004) Effect of management strategies on reducing heat stress of feedlot cattle: feed and water intake. *Journal of Animal Science* 82(10):3077-3087
- Maracchi G, Sirotenko O, Bindi M (2004) Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the temperate regions: Europe. *Climatic Change* 70(1):117-135
- MAGRAMA (2013). Sexta Comunicación Nacional de España. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Diciembre 2013.
- MAGRAMA (2012). Estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua. Noviembre de 2012.
- MAGRAMA (2008). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC). http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/pna_v3_tcm7-12445.pdf
- Martin-Carrasco, F; Garrote, L.; Iglesias, A.; Mediero, L. (2013). Diagnosing Causes of Water Scarcity in Complex Water Resources Systems and Identifying Risk Management Actions. *WATER RESOURCES MANAGEMENT*.
- Medina, F., I. Valdés y A. Iglesias (2011). Posibilidades de desarrollo de la generación distribuida en los regadíos españoles como estrategia de adaptación al cambio climático. VIII Congreso de Economía Agraria.
- Medina, F. (2009). La gestión del riesgo y las políticas de cambio climático en la agricultura ecológica. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Meehl, G. A., y otros. «Global Climate Projections» En *Climate Change 2007: The Physics Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, de S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds Solomon, 589-662. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.: Cambridge University Press,, 2007.
- Mendelsohn R, Nordhaus W, Shaw D (1994). The impact of global warming on agriculture: A Ricardian analysis. *American Economic Review* 84(4):753-771
- Meza FJ, Silva D (2009). Dynamic adaptation of maize and wheat production to climate change. *Climatic Change* 94:143-156
- Mínguez M.I. e Iglesias A. (1996). Perspectives of future crop water requirements in Spain: the case of maize as a reference crop. En: Angelakis A. y Issar A.S. (eds.). *Diachronic climatic changes impacts on water resources with emphasis on mediterranean region*. NATO- Advanced Research Workshops Series. Sub-series I: Global Environmental Change. Springer-Verlag, New York. Pgs. 301-317.
- Mínguez, M.I., Ruiz-Ramos, M., Díaz-Ambrona C.H., Quemada M. and Sau F. (2007). First-order agricultural impacts assessed with various high-resolution climate models in the Iberian Peninsula- A region with complex orography, 2007. *Climatic Change*. 81: 343-355.
- Misselbrook T., Del Prado A., Chadwick D. (2013). Opportunities for reducing environmental emissions from forage-based dairy farms. *Agriculture and Food Science*. 22: 93-107.
- Mitchell SW, Csillag F (2001). Assessing the stability and uncertainty of predicted vegetation growth under climatic variability: northern mixed grass prairie. *Ecological Modelling* 139(2-3):101-121.
- MMA, (2007). Ministerio de Medio Ambiente. Estadísticas generales de incendios. Área de defensa contra incendios forestales de la Dirección General para la biodiversidad.
- Montalvo A. (2011). España y los desafíos de cambio climático. *Economistas*, ISSN 0212-4386, Año Nº 29, Nº 127, 2011 , págs. 6-14

- Moratiel R, R.L. Snyder, J.M. Durán and A.M. Tarquis (2011). "Trends in climatic variables and future reference evapotranspiration in Duero Valley (Spain)". *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11, 1795-1805.
- Moreno, JM. (2013). El AR5 del IPCC desde la perspectiva del WG II en relación a los impactos sobre la biodiversidad y los bisques. Seminario adaptación MAGRAMA.
- Mosquera R. (2013). Los sistemas agroforestales como formas de gestión del territorio en la adaptación al cambio climático. (USC). Seminario adaptación MAGRAMA.
- Moyano E., A. Paniagua, R. Lafuente (2009). Políticas ambientales, cambio climático y opinión pública en escenarios regionales: el caso de Andalucía. *Revista internacional de sociología*, ISSN 0034-9712, N°. 3, 2009 , págs. 681-699
- Muñoz, M. (2012). Modelización de la capacidad de secuestro de carbono en suelos mediterráneos. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
- Nearing MA, Pruski FF, O'Neal MR (2004) Expected climate change impacts on soil erosion rates: A review. *Journal of Soil and Water Conservation* 59:43-50
- Nijssen B, O'Donnell GM, Hamlet AF, Lettenmaier DP (2001). Hydrologic Sensitivity of Global Rivers to Climate Change. *Climatic Change* 50(1-2):143-175.
- Nikulin, G., E. Kjellstrom, U. Hansson, G. Strandberg, y A. Ullerstig (2011) Evaluation and future projections of temperature, precipitation and wind extremes over Europe in an ensemble of regional climate simulations.» *TELLUS SERIES A-DYNAMIC METEOROLOGY AND OCEANOGRAPHY* 63(1), 2011: 41–55.
- OECD (2009). Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Integrated Assessment Modelling of Adaptation Costs and Benefits, de Bruin K, Dellink R, Agrawala S, OECD Working Papers Environment Working Papers No. 6, 24/03/2009, English, 49 pages
- Ojea E. (2013). Biodiversidad frente al cambio climático: Adaptación basada en los ecosistemas y valoración de servicios ambientales. (BC3). Seminario adaptación MAGRAMA.
- Olesen, J.E., T.R Carter, C. Díaz-Ambrona, S. Fronzek, T.Heidmann, T. Hicker, T. Holf, M.I. Miguez, P. Morales, J.P. Palutikof, M. Quemada, M. Ruiz-ramos, G.H. Rubaek, F. Saua, B. Smih, M.T. Sykes (2007). Uncertainties in projected impacts of climate change on European agricultura and terrestrial ecosystems based on scenarios from regional climate models. *Climate Change*.
- Olesen, J.E. and Bindi, M., (2002). Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*, 16, 239-262.
- Ortega J.F., de Juan, J.A., Martín-Benito, J.M., López-Mata, E., (2004). MOPECO: an economic optimization model for irrigation water management. *Irrigation Science*, 23, 2, 61-75.
- Parry ML, 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
- Petersen S.O Blanchard M, Chadwick D, del Prado A, Edouard N, Mosquera-Losada J and Sommer S.G. (2013). Manure management for GHG mitigation. *Animal*. 7 (suppl.2), 266-282.
- PICCMAT (2008) Policy Incentives for Climate Change Mitigation Agricultural Techniques. European Commission, DG Agriculture, Specific Support Action. Brussels, October 2008.
- Porter JR, Semenov MA (2005). Crop responses to climatic variation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360:2021-2035
- Principado de Asturias (2009). Evidencias y efectos potenciales del cambio climático en Asturias.
- Provenzano, G; Tarquis, A.M.; Rodriguez-Sinobas, L. (2013). Soil and irrigation sustainability practices. *AGRICULTURAL WATER MANAGEMENT*.
- Quiroga S. (2013) Evaluación económica de los impactos del Cambio Climático y la adaptación en el sector Agro-forestal. (UAH). Seminario adaptación MAGRAMA.

- Quiroga S., Fernández-Haddad Z., Iglesias A. (2011). Crop yield response to water pressures in the Ebro basin in Spain: risk and water policy implications. *Hydrology Earth Systems Science*, 15:505-518.
- Quiroga S. y A. Iglesias (2009). A comparison of the climate risks of cereal, citrus, grapevine and olive production in Spain. *Agricultural Systems*, 101(1-2). 91-100. Rounsewell MDA, Ewert F, Reginster I, Leemans R, Carter TR (2005) Future scenarios of European agricultural land use: II Projecting changes in cropland and grassland. *Agriculture Ecosystems & Environment* 107(2-3):117-135
- Región de Murcia (2008). Estrategia de la región de Murcia frente al cambio climático 2008-2012.
- Resco, P. (2012). Impacto del cambio climático en el viñedo en España. Tesis fin de master. Universidad Politécnica de Madrid.
- Rodríguez, E.F. (2010). Cambio Climático y ganadería. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias*, ISSN 1135-2795, Vol. 18, Nº. 18, 2010 , págs. 55-130
- Rojo L., G. Chamorro y J. Gosálbez (2013). Programa de Acción Nacional contra la Desertificación (PAND): Análisis de los procesos de desertificación en España en función de los distintos escenarios Climáticos. (DGDR y PF). Seminario adaptación MAGRAMA.
- Rosenzweig C y Tubiello F. (2007). Metrics for Assessing the Economic Benefits of Climate Change Policies in Agriculture. Organization for Economic Co-operation and Development: OCDE, Paris.
- Ruiz, J. (2006a). El modelo español de seguros agrarios. Conferencia Internacional "El seguro agrario como instrumento para la gestión de riesgos". Madrid.
- Ruiz, J. (2006b). Análisis sectorial de los seguros agrarios en España. Madrid.
- Ruiz, J., (2013). Incendios forestales, cambio climático y ganadería. *Albítar: publicación veterinaria independiente*, ISSN 1699-7883, Nº. 164, 2013 (Ejemplar dedicado a: Patologías respiratorias en bovino) , págs. 16-17
- Ruiz-Ramos M., Mínguez M.I. (2010). "Evaluating uncertainty in climate change impacts on crop productivity in the Iberian Peninsula". *Climate Research*, 44: 69- 82.
- Ruiz-Ramos M., Sánchez E., Gallardo C. and Mínguez M.I. (2011). Impacts of projected maximum temperature extremes for C21 by an ensemble of regional climate models on cereal cropping systems in the Iberian Peninsula. *Natural Hazards and Earth System Sciences Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 11, 3275-3291, 2011. doi:10.5194/nhess-11-3275-2011
- Sánchez-Salguero R., (2013). Selvicultura y adaptación al cambio climático: el caso de las masas artificiales del sur de España. (UCO). Seminario adaptación MAGRAMA.
- Sanz, A. (2013). Emisiones de óxido nitroso debidas al manejo de sistemas agrícolas y praderas en Europa: un artículo surgido del proyecto Europeo NitroEurope. <http://redremedia.wordpress.com/2013/09/09/emisiones-de-oxido-nitroso-debidas-al-manejo-de-sistemas-agricolas-y-praderas-en-europa-un-articulo-surgido-del-proyecto-europeo-nitroeuropa/>
- SBSTA (2007). Synthesis of information and views on adaptation planning and practices submitted by Parties and relevant organizations. Note by the secretariat. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), FCCC/SBSTA/2007/9. Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice, Twenty-seventh session, 3-11 December 2007, Bali, Indonesia.
- Schröter D, Cramer W, Leemans R, Prentice IC, Araújo MB, Arnell AW, Bondeau A, Bugmann H, Carter T, Gracia CA, de la Vega-Leinert AC, Erhard M, Ewert F, Glendining M, House JI, Kankaanpää S, Klein RJT, Lavorel S, Lindner M, Metzger M, Meyer J, Mitchell TD, Reginster I, Rounsevell M, Sabate S, Sitch S, Smith B, Smith J, Smith P, Sykes MT, Thonicke K, Thuiller W, Tuck G, Zähle S, Zierl B (2005). Ecosystem Service Supply and Vulnerability to Global Change in Europe. *Science* 310:1333–1337

- Serrada R. (2013). Selvicultura y adaptación al cambio climático. (UPM). Seminario adaptación MAGRAMA.
- Smit B, Burton I, Klein RJT, Wandel J (2000). An anatomy of adaptation to climate change and variability. *Climatic Change* 45:223-251
- Smith P, Daniel Martino, Zucong Cai, Daniel Gwary, Henry Janzen, Pushpam Kumar, Bruce McCarl, Stephen Ogle, Frank O'Mara, Charles Rice, Bob Scholes, Oleg Sirotenko, Mark Howden, Tim McAllister, Genxing Pan, Vladimir Romanenkov, Uwe Schneider and, Sirintornthep Towprayoon (2007) Policy and technological constraints to implementation of greenhouse gas mitigation options in agriculture. *Agriculture Ecosystems and Environment* 118:6-28
- Sova CA. (2013). Economía de la adaptación agrícola al cambio climático: Herramientas para tomar decisiones informadas. CIAT Políticas en Síntesis No. 5. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 4 p.
- Stern N (2007). *The Stern Review of the Economics of Climate Change*. Cambridge University Press
- Taher, M. y J. Albiac, (2012). Instrumentos de política de cambio climático en la agricultura de Aragón. *Revista española de estudios agrosociales y pesqueros*, ISSN 1575-1198, N° 233, 2012, págs. 13-42
- Tarquis, A.M., Anne Gobin y M. Semenov (2010). Agriculture in a changing climate. Preface. *Climate Research* 44. 1-2.
- Thuiller W, Lavorel S, Araujo MB, Sykes MT, Prentice IC (2005). Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 8245- 8250.
- Torres P., J. Cruz, R. Acosta (2011). Vulnerabilidad agroambiental frente al cambio climático. Agendas de adaptación y sistemas institucionales. *Política y cultura*, ISSN-e 0188-7742, N° 36, (2011). (Ejemplar dedicado a: Vulnerabilidad y adaptación al cambio ambiental global), págs. 205-232
- Tsuji G.Y., Uehara G. y Balas S. (eds). (1994). DSSAt v3, University of Hawaii, Honolulu, Hawaii.
- Tubiello FN, Soussana JF, Howden SM (2007). Crop and pasture response to Climate Change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(50):19686-19690.
- UNFCC (2010). Costes y beneficios de las opciones de adaptación: Una revisión de la literatura existente. Documento técnico.
- UNFCC (2012). Materiales de formación del GCE para las evaluaciones de vulnerabilidad y adaptación. Capítulo 7: Agricultura.
- Unions Agrarias (2010). Impacto del cambio climático en la producción agraria gallega. LIFE +.
- Urwin K, Jordan A (2008). Does public policy support or undermine climate change adaptation? Exploring policy interplay across different scales of governance. *Global Environmental Change* 18:180-191.
- Valdés, I., F. Medina y A. Iglesias (2013). Posibilidades de desarrollo de la generación distribuida en el regadío español. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* N° 233, págs. 43-67. ISSN: 1575-1198.
- Van der Linden, P., y J. F.B. Mitchell (2009) ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Exeter EX1 3PB, UK: Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road,, 2009.
- Varela Ortega C., Blanco-Gutiérrez I., Swartz C.H., Downing T.E. (2011). Balancing groundwater conservation and rural livelihoods under water and climate uncertainties: An integrated hydro-economic modeling framework. *Global Environmental Change*, 21:604-619. 2011.
- Viguria, M; López D.M.; Alberdi, O.; Arriaga, H., Merino, P. (2012). Short-term nitrous oxide emission after turning of composting cattle manure. *Neiker Tecnalia*.
- Vorosmarty C, Green P, Salisbury J, Lammers RB (2000) Global water resources: Vulnerability from climate change and population growth. *Science* 289:284-288
- Xunta de Galicia (2012). Primer informe sobre el cambio climático en Galicia

Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario:
Aproximación al conocimiento y prácticas de gestión en España

- Yerbes J.D. (2013). Planes de gestión forestal adaptativos al cambio climático. Criterios relevantes. Seminario adaptación MAGRAMA.
- Yohe G, Tol RSJ (2001). Indicators of social and economic coping capacity--Moving toward a working definition of adaptive capacity. *Global Environmental Change* 12:25-40
- Zamora R. (2012). El conocimiento científico y su aplicación: diseño y validación de nuevas herramientas para la gestión adaptativa en Sierra Nevada. Universidad de Granada. Seminario adaptación. MAGRAMA.
- Zeng L (2000). Weather derivatives and weather insurance: concept, application, and analysis. *Bulletin of the American Meteorological Society* 81(9):2075–2082

IMPACTOS, VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SECTOR AGRARIO

Aproximación al conocimiento y prácticas de gestión
en España



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE