

10. IMPACTOS SOBRE EL SECTOR AGRARIO

M^a Inés Mínguez Tudela, Ángel Ruiz Mantecón y Agustín Estrada Peña

Contribuyentes

C. Hernández Díaz-Ambrona, M. P. Lavín González, M. Quemada Sainz-Badillos, M. Ruiz-Ramos, F. Sau Sau,

Revisores

A. Iglesias Picazzo

D. J. Connor

RESUMEN

El incremento en la concentración de CO₂ y en la temperatura del aire 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 compensado 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. Mayores temperaturas pueden aumentar 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 incrementaría siendo el estrés térmico más frecuente.

Los modelos de simulación de cultivos que utilizan los datos de los modelos regionales de clima son la herramienta más efectiva para el análisis de impactos, pudiendo cuantificar los efectos no lineales del cambio climático. La identificación de zonas con diferentes niveles de impacto es una prioridad.

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 climáticas. Las implicaciones que esto tiene en plantaciones frutales, olivares y vid tienen que ser abordadas específicamente para identificar estrategias de adaptación de mínimo coste.

El incremento de la frecuencia de años extremos complicará el manejo de cultivos y requerirá 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 puede presentarse diferente. Su control natural por las heladas y bajas temperaturas del invierno, en zonas como las Mesetas, podría disminuir, necesitando una adaptación de las secuencias de los cultivos. También la modificación de las temperaturas puede producir el desplazamiento a latitudes mayores de otras enfermedades.

La implicación del cambio climático sobre la ganadería es compleja 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, metabolismo, y la sanidad de los procesos productivos.

Las enfermedades parasitarias producidas por artrópodos o por helmintos 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 exclusivamente de las relaciones hospedador-vector-ambiente, por lo que caben 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 incrementarán la mortalidad de los artrópodos por la pérdida de agua.

La investigación necesaria para poder predecir el efecto del cambio climático pasa por conocer el efecto de las variaciones del clima sobre la capacidad de ingestión y los parámetros indicativos de bienestar animal. Con esta información y la ya disponible de experiencias previas sería posible la construcción de modelos dinámicos. Es asimismo necesaria la confección de mapas de riesgo por las diversas parasitosis, así como los cambios de distribución debidos a la influencia del clima.

10.1. INTRODUCCIÓN

10.1.1. Sistemas agrarios en España. Distribución, superficie actual y productividad

La producción agrícola de España representa el 12.1 % de la producción total de la Unión Europea, detrás de Francia (23.1%) y de Alemania e Italia (ambas 15.4%) (MAPYA, 2003, <http://www.mapya.es/es/agricultura/pags/hechosydatos/cifras.htm>), siendo la producción hortofrutícola, el viñedo, el olivar y el cereal los sectores más destacados. Los productos agrícolas significan más de 50% de la Producción Final Agraria española y los productos ganaderos en torno a un 40%.

Aproximadamente un 30% de la superficie de España (50 Mha) se cultiva o se dedica a pastos. La diversidad de los sistemas de producción se refleja en el amplio intervalo de rendimientos en los cereales, que contrasta con las elevadas producciones en los cultivos hortícolas, obtenidos normalmente en condiciones de riego y bajo invernadero. Las productividades referidas al uso del agua y nutrientes son todavía bajas en grandes zonas del país debido al manejo de los cultivos – manejo de suelo, del agua, rotaciones o secuencias de cultivos, sistemas de riego, etc. – y existen vías para mejorarla.

10.1.2. Influencia de la Política Agraria Común (PAC) en los sistemas agrarios

La influencia de la PAC se plasma en la elección de las secuencias de cultivos de las rotaciones de secano y regadío. Esta elección no siempre es la más adecuada en términos agronómicos, y en particular con relación al clima y al suelo, pudiéndose cuestionar la sostenibilidad de estos sistemas agrarios. La progresiva disminución de las ayudas de la UE empezará a afectar a los olivares no reconvertidos y a la distribución geográfica de olivares y viñedos. Los cambios ocurridos en los últimos años en las zonas de producción ganadera tradicional en cuanto a una disminución del número de explotaciones y aumento de tamaño llevará cambios en la gestión del uso del territorio de estas áreas, especialmente en las zonas de montaña.

10.1.3. Componentes del cambio climático y principios básicos de los impactos

10.1.3.1. Influencia del cambio climático en los distintos sistemas agrícolas

Los posibles efectos del cambio climático sobre los sistemas agrarios se han abordado en el informe del IPCC (1997, 2001a) e indican impactos importantes en general. Los cambios en las concentraciones de CO₂, en los valores de las temperaturas del aire (y de suelo), así como las variaciones en las precipitaciones estacionales, tendrán efectos contrapuestos y no uniformes en la Península Ibérica y en particular en España. Es decir, si trasladamos los estudios generales a España, los efectos podrían ser beneficiosos o dañinos para los diferentes sistemas agrarios (Rosenzweig y Hillel 1998).

En efecto, el incremento de CO₂ puede llevar consigo el incremento de las tasas fotosintéticas de los cultivos (por ej. Amthor y Loomis 1996) y una disminución de las tasas de transpiración si las conductancias estomáticas responden a este incremento (Rodríguez *et al.* 2001). Estas dos respuestas implicarían, en principio, un incremento en la productividad y en la eficiencia en el uso del agua. Sin embargo, el incremento de temperaturas puede contrarrestar lo anterior al incrementarse la demanda evapotranspirativa en los cultivos, y, en las zonas más calurosas afectarían negativamente a las tasas fotosintéticas. En efecto, en el sur y sureste de España, la demanda de agua se incrementaría, y el estrés térmico sería más frecuente.

Las variaciones en las precipitaciones totales anuales y estacionales es uno de los aspectos más importantes a estudiar en los sistemas de secano (sin riego) y en el diseño de los regadíos

y planificación de riegos. La demanda de agua tendrá que ajustarse a la disponibilidad o al suministro de agua. Cuando la disponibilidad del agua sea insuficiente, harán falta diferentes variedades (cultivares) o cultivos en secano y riegos estratégicos para estabilizar la producción hortofrutícola de diferentes zonas.

Estas consideraciones esquematizan la complejidad del impacto asociado al cambio climático y la necesidad de evaluar qué factores son los que inclinarán la balanza, en un sentido o en otro, de las productividades de los sistemas agrícolas españoles. 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 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.

10.1.3.2. Influencia del cambio climático en los distintos sistemas ganaderos

La implicación del cambio climático sobre la ganadería (explotación productiva de los animales) es, sin duda, compleja por la diversidad de sistemas ganaderos y 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).

La variación en temperatura y precipitaciones que implica el cambio climático puede afectar a la ganadería de múltiples formas (reproducción, metabolismo, sanidad, etc.), si bien pueden resumirse estos efectos en dos parámetros (ingestión y bienestar animal) que pueden ser utilizados como indicadores del cambio climático en los distintos sistemas de explotación animal y por su influencia directa en la rentabilidad de las ganaderías.

10.1.4. Análisis de las posibles herramientas para evaluar la repercusión del cambio climático en las explotaciones ganaderas

Es preciso tener en cuenta que son muy escasos, y prácticamente nulos en nuestro país, los trabajos realizados sobre la influencia del cambio climático en los parámetros indicados (ingestión y bienestar animal). Si bien existe información científico-técnica sobre la influencia de la temperatura sobre la nutrición y el estrés en los animales y estos resultados podrían ser utilizados como una referencia inicial del trabajo.

De manera directa, el efecto más claro del cambio climático es sobre la disponibilidad de recursos forrajeros a lo largo del año, lo cual condiciona la ingestión y la rentabilidad de las explotaciones ganaderas. En este sentido, un cambio en la distribución de las precipitaciones en las zonas de pastoreo llevaría a una menor cantidad de pasto y, lo que es más importante, a una reducción en la tiempo de aprovechamiento potencial y, en consecuencia, a una menor carga animal (cabezas/ha). En estos sistemas extensivos, las variaciones en la materia vegetal en oferta a lo largo del año y la carga animal serían dos de las herramientas para evaluar el efecto del cambio climático.

En sistemas intensivos, las herramientas a utilizar podrían ser los parámetros indicativos del grado de estrés de los animales (niveles de cortisol, adrenalina, equilibrio iónico, etc.) y su efecto sobre los parámetros productivos de las explotaciones.

10.1.5. Datos sobre los ecosistemas ibéricos, extensión y tipos y su idoneidad para la patología animal

Existen dos puntos principales de las enfermedades de los animales domésticos especialmente sensibles a los efectos del cambio climático y con una clara distribución en cuanto al ecosistema o hábitat. Uno de ellos radica en algunas enfermedades parasitarias, debido a la especial biología que tienen ciertos parásitos. En efecto, todos los artrópodos (fundamentalmente moscas, mosquitos y garrapatas) dependen totalmente del clima ambiental para modular su ciclo biológico. Un área dada puede ser apropiada o no para un determinado artrópodo (y de esta forma aparecer la enfermedad o no) en función del delicado ajuste de determinadas variables climáticas que se revisan más abajo. Otros parásitos, como los helmintos o vermes (agentes etiológicos de enfermedades ampliamente distribuidas en España) tienen algunas fases de vida libre. Toda la epidemiología de estas helmintosis se ve regulada por las variables de temperatura y humedad, resultando los ciclos vitales, de nuevo, a partir de las condiciones prevalecientes (Soulsby 1982). Por otro lado, no hay que olvidar que los artrópodos son vectores de un buen número de otros procesos, tanto parasitarios como infecciosos, con graves repercusiones económicas en la salud animal. La regulación epidemiológica y la gravedad y extensión del proceso transmitido dependen exclusivamente de las relaciones hospedador-vector-ambiente, por lo que caben esperar evidentes efectos sobre los delicados ajustes biológicos que tienen lugar en procesos complejos (Lindgren 1998).

De esta forma, cabe esperar que los efectos del cambio climático se observen en todas aquellos procesos parasitarios e infecciosos cuyos agentes etiológicos o sus vectores, tengan una estrecha relación con el clima. Los artrópodos son parásitos temporales. Ello implica que la fase parasitaria constituye una pequeña fracción de la duración total del ciclo vital del parásito. Bajo estas circunstancias, el clima tiene un efecto regulador predominante. Cada especie de artrópodo tiene un número variable de fases en su ciclo vital, según la especie o incluso el grupo taxonómico en el que se encuadre. Así, los Díptera (moscas y mosquitos) suelen tener una forma larvaria que eclosiona de un huevo. La velocidad de desarrollo del huevo depende exclusivamente de la temperatura reinante. Por debajo y encima de unas determinadas temperaturas críticas, el desarrollo se interrumpe. Por otro lado, la mortalidad en esta fase se deriva de la humedad relativa, o, en mejores términos, del déficit de saturación atmosférico. Un déficit alto implica una mortalidad alta, responsable de cuantiosas pérdidas poblacionales. Al igual que en los Díptera, puede afirmarse que esta regulación de la fase embrionaria es idéntica para las garrapatas, que constituyen un grupo de Artrópodos separado de los anteriores, pero con importantes implicaciones sanitarias en los animales domésticos (Estrada-Peña 2001). En ambos grupos se produce el desarrollo del huevo que produce la eclosión de la larva. En algunos casos esta larva se desarrolla en el agua (algunos mosquitos) en otros puede ser parásita de los animales (algunas moscas) y en otros se desarrolla en el ambiente y parasita solo temporalmente al hospedador (caso de las garrapatas). Es en estas últimas donde cabe esperar mayores efectos del cambio climático sobre su ciclo, por dos circunstancias. Por una lado, las larvas de las garrapatas se exponen al clima ambiental durante casi el 99% de la duración de tal estadio. Además, la fase larvaria en las garrapatas es la responsable de toda la compleja regulación poblacional numérica del resto del ciclo de la garrapata (Gray 1982). La existencia de una alta mortalidad en el estadio larvario sería la causa de una drástica disminución de las poblaciones de garrapatas. De la misma forma, el aumento desmesurado de los efectivos de este estadio, sería responsable de un dramático aumento de los efectivos del parásito en el campo.

Todos estos efectos deben de contemplarse no solamente bajo al mera perspectiva del aumento o disminución poblacional, sino en los efectos sobre el estado sanitario de los animales y en el potencial de transmisión de diversas enfermedades a los animales (Randolph *et al.* 2002). En efecto, no puede contemplarse una enfermedad parasitaria sin observar la respuesta inmune del hospedador, que se ajusta explícitamente a la presión parasitaria que soporta. Cambios en esta presión deben de ir acompañados en sutiles pero profundas variaciones en la respuesta que el animal presenta al entorno hostil provocado por el parásito.

Uno de los efectos más obvios cabe observarse en la adaptación del parásito a su hábitat. La llamada idoneidad de hábitat viene producida por la adecuación de una serie de variables climáticas a las preferencias que el Artrópodo pueda tener. El otro efecto viene derivado de los cambios en la dinámica estacional que se deben de esperar como consecuencia de la aclimatación del agente patógeno (parásito) a la cambiante situación climática. Estudios llevados a cabo con garrapatas, que son idóneos marcadores del cambio climático, han demostrado dos detalles fundamentales de los efectos del cambio climático. Por un lado, los inviernos más suaves y húmedos provocan un marcado incremento de la supervivencia de ciertos estadios del ciclo vital del parásito. Estos inviernos más suaves también provocan un adelanto en el momento del año en que la garrapata comienza su actividad, ya que las temperaturas frías que impiden la actividad del artrópodo duran menos tiempo, y por lo tanto extienden en el tiempo la duración de su ciclo vital (Randolph *et al.* 1999). Sin embargo, hay otro efecto que cabe ser comentado aquí, relativo a los veranos secos y cálidos. Tales periodos estivales se cree que incrementarán la mortalidad de las garrapatas por una simple cuestión de pérdida de agua. Queda por saber cuál es el efecto que el cambio climático va a tener sobre dos niveles importantes para las garrapatas: el suelo y la vegetación, ya que es ahí donde sus ciclos vitales tienen lugar, y donde todos los efectos del clima son modulados. En otras palabras, los efectos sobre los ciclos biológicos de estos artrópodos van a ser complejos y van a dar lugar, como se expondrá en el capítulo de "Impactos" a toda una nueva relación entre las garrapatas, el clima y los animales.

Como se ha comentado, existen otros parásitos que también tienen una alta influencia del clima sobre sus ciclos vitales. Normalmente, varias fases larvianas de los conocidos como nematodos (vermes parásitos internos de los animales domésticos, silvestres, y del hombre) se exponen durante largos periodos de tiempo a las condiciones climáticas ambientales, entre el pasto (Almería 1994). Al igual que en el caso de los artrópodos y del ejemplo concreto de las garrapatas que se ha mencionado, los nematodos tienen unas temperaturas óptimas, diferentes para cada especie, a las cuales el desarrollo de la especie es máximo. Por encima y debajo de esas temperaturas, la velocidad de desarrollo es menor o puede llegar a detenerse. Es el caso de las temperaturas invernales y de las larvas de estos nematodos entre el pasto. Las bajas temperaturas de invierno hacen que el desarrollo de estos nematodos se decelere o hasta se detenga. Aunque en algunas zonas de España existen temperaturas invernales lo suficientemente altas como para que este desarrollo sea pequeño pero superior a cero, y aunque cada especie prefiere un intervalo óptimo diferente, se puede afirmar que estos procesos invernales provocan un ajuste del ciclo de forma que el desarrollo de las formas infestantes coincidan con la salida a pastos de los animales en primavera.

Otras entidades parasitarias que se esperan sean moduladas por los efectos del cambio climático se engloban dentro de los helmintosis transmitidas por caracoles de agua dulce. Aunque las formas larvianas de los agentes que producen estos procesos se encuentran menos ligadas al ambiente como fases libres que los Artrópodos o los helmintos mencionados anteriormente, el hecho de ser vehiculadas por caracoles de agua dulce, implica que las modificaciones en las manchas de agua dulce afecten profundamente a los ciclos de transmisión de estas helmintosis. En efecto, los caracoles vectores de tales entidades necesitan asimismo una serie de factores ambientales finamente ajustados para su desarrollo. De la misma forma, el parásito no puede desarrollarse en el interior del caracol reservorio si no aparece la combinación de temperaturas adecuadas para su ciclo de desarrollo.

Independientemente de las variaciones geográficas que pueden aparecer en el mantenimiento de las manchas de agua necesarias para la supervivencia de los caracoles (ver capítulo de aguas continentales) es de esperar que los cambios de temperatura del agua provoquen variaciones actualmente no cuantificadas en el desarrollo, expansión y distribución de estas helmintosis.

10.2. SENSIBILIDAD AL CLIMA ACTUAL

10.2.1. Sostenibilidad de sistemas y estabilidad. Indicadores de impactos en la agricultura. Estado actual de los recursos base (suelo, agua, información genética)

Los estudios generales sobre el sector agrario se han hecho a petición de organismos oficiales como el *United States Department of Agriculture* (USDA) (Reilly *et al.* 2001) y en ellos se hace hincapié no sólo en la estimación cuantitativa de los cambios en las producciones, uso del agua, etc., sino en el problema de la variabilidad. En el caso de la Península Ibérica, y en España en particular, este es uno de los puntos críticos ya que la estabilidad y la sostenibilidad de cualquier sistema están influidas por las variaciones interanuales y estacionales de las precipitaciones, disponibilidades de agua en los regadíos, o bien, la aparición o disminución de heladas en primavera o las lluvias torrenciales que afectan al sector hortofrutícola.

10.2.2. Variabilidad en el suministro de agua (secano y regadío)

Los sistemas agrícolas de secano y los pastizales no sólo abarcan la mayor parte de la superficie cultivada, sino que son la base de los recursos de la agricultura nacional. Es imprescindible mantener la base de los recursos para corregir cualquier efecto negativo que puedan tener las prácticas de uso del suelo. Conforme vaya cambiando el clima, se hará necesario no sólo un cambio en el manejo de los cultivos sino también en el uso del suelo, bien sea hacia una mayor extensificación, hacia la forestación, o bien, hacia una intensificación en régimen de regadío. La variabilidad en el suministro de agua de lluvia o de riego, puede iniciar, en estos sistemas, una tendencia que desconocemos actualmente.

La disponibilidad de agua para las plantaciones frutales, los olivares y viñas es uno de los temas cruciales a estudiar, también en conexión con los otros sectores involucrados en el presente proyecto. Un paso fundamental es la estimación de las necesidades de agua o evapotranspiración (ET) de los cultivos en clima futuro. Una de las cuestiones más difíciles es la traslación de las previsiones de variación en las precipitaciones, al suministro de agua que dispondrán los cultivos, en particular los hortalizas.

10.2.3. Importancia de los años y eventos extremos (agua, plagas, enfermedades)

El incremento de la frecuencia de años extremos, en nuestro caso años más secos, o con más fenómenos tormentosos, o con olas de calor más largas (ver capítulo 1) no sólo afectará en mayor medida a las cuestiones tratadas más arriba sino que dificultará la planificación del manejo de los sistemas agrícolas por parte de los agricultores. La ayuda o el apoyo económico dentro de la PAC presenta una rigidez en las normas de solicitud de las subvenciones que debería adaptarse a las nuevas situaciones.

La distribución y alcance de plagas y enfermedades de los cultivos de mayor importancia económica será diferente. Los cambios en las temperaturas y en la humedad relativa o precipitaciones afectarán a la manera de hacerlas frente, y se ha descrito de manera genérica en anteriores estudios (IPCC, 2001a). El control natural por las bajas temperaturas del invierno en algunas zonas, por ejemplo las Mesetas, podría disminuir necesitando una adaptación de

las secuencias de los cultivos. También la modificación de las temperaturas puede producir el desplazamiento a latitudes mayores de otras enfermedades

10.2.4. Importancia y evolución de los distintos sistemas ganaderos en relación con el uso del territorio

En términos generales, los cambios en los sistemas ganaderos de nuestro país han llevado, en las últimas décadas, hacia sistemas cada vez más intensivos dado que durante las décadas de los años 50 a 80 los objetivos en producción animal pasaban por lograr la máxima cantidad de producto, de la forma más rápida posible y al menor costo. Este objetivo era lógico, en esos años, para tratar de cubrir las necesidades de productos de origen animal (carne y leche, fundamentalmente) de la población. Este planteamiento de maximizar la producción es más fácil de lograr en sistemas intensivos con explotaciones con un gran número de animales y que pueden dar lugar a productos más homogéneos en cantidad. Además, en estas décadas se produjo el abandono de la población de zonas tradicionales de pastoreo (por ejemplo, las áreas de montaña) lo que supuso una disminución del número de explotaciones ganaderas y cambios en el uso tradicional (sostenible) del territorio ya que de los integrantes del sistema productivo, el factor tierra dejó de ser limitante para ser el factor humano (mano de obra) el más importante.

Del trabajo realizado en la Montaña de León (Serrano *et al.* 2002) se han caracterizado y cuantificado los cambios indicados en los sistemas ganaderos de esta zona y evidenciado la viabilidad de alternativas productivas cuando la producción ganadera de estas zonas logra unos productos de calidad garantizada, cada vez más demandados en la actualidad. Si bien, la dependencia económica de las subvenciones hace que la viabilidad de alguna de las explotaciones pueda estar en peligro, salvo que las ayudas recibidas estuvieran ligadas a un uso racional del territorio para evitar una competencia desleal de otros sistemas de producción que, recibiendo ayudas económicas, no realizan ningún beneficio medio ambiental.

Tradicionalmente, en las zonas de montaña coexistieron sistemas ganaderos en los cuales intervenían distintas especies de herbívoros (ganado vacuno, ovino, caprino y caballar) con unas producciones mixtas (leche, carne, lana, trabajo, etc.). Los cambios de los últimos años han llevado a un incremento importante de los sistemas ganaderos de producción de carne de vacuno y la práctica desaparición de los otros sistemas, con el efecto directo sobre el uso del territorio y cambios en la cubierta vegetal.

10.2.5. Datos sobre principales rasgos ambientales y tendencias actuales del clima que implican la presencia/ausencia de un proceso patológico

(Véase el apartado 10.3.3.)

10.2.6. Pautas y ciclos estacionales relativamente estables, que cambian drásticamente en cortos periodos de tiempo

(Véase el apartado 10.3.3.)

10.2.7. Calidad alimentaria

No existen en la actualidad evaluaciones sobre el efecto en la calidad alimentaria. Estos efectos podrían estar relacionados por ejemplo con: las traslaciones de periodos de temperaturas elevadas y la calidad proteínica de los trigos duros (producción de pasta), cambios en el patrón de precipitaciones durante la maduración de la uva, mayor lavado de

nutrientes en sistemas intensivos con riego como son los cultivos hortícolas. Aunque si se conoce el efecto que las temperaturas de helada producen sobre la calidad de los productos agrarios y las consecuencias de las temperaturas extremadamente altas o golpes de calor sobre la producción, como lo ocurrido con la ola de calor del verano de 2003. Conocemos las consecuencias que pueden tener, pero ahora nos interesa saber si en un escenario de cambio climático la frecuencia con la que ocurren estos fenómenos se va a modificar.

10.3. IMPACTOS PREVISIBLES DEL CAMBIO CLIMÁTICO

10.3.1. Sistemas agrícolas de secano y regadío

Los primeros estudios sobre impacto del cambio climático en agrosistemas españoles se basaron en la utilización de Modelos Generales de Circulación (GCM) como datos de entrada en modelos de simulación de cultivos. Los GCMs considerados provenían de: *Goddard Institute for Space Studies* (GISS), *Geofluids Dynamics Laboratory* (GFDL), y *UK Meteorological Office* (UKMO). Esto permitió realizar el primer análisis en España de impacto del cambio climático en la generación de biomasa y rendimiento, y en los consumos de agua y necesidades de riego de determinados cultivos (Iglesias y Mínguez 1995, Mínguez e Iglesias 1996). Sin embargo la baja resolución de los GCMs no permitía plasmar en los cultivos las diferencias que existen ya en clima actual entre comarcas próximas.

La segunda etapa se inició con la utilización de modelos GCM con acoplamiento atmósfera-océano (AOGCM, en concreto HadCM2) junto con a un modelo regional de clima (PROMES) con mayor resolución (ver Capítulo de Clima). Los modelos de simulación de cultivos utilizados están incluidos en el *Decision Support System for Agrotechnology Transfer* (DSSAT) v. 3.1. (Tsuji *et al.* 1994)

Son los modelos del grupo, *Crop Estimation through Resources and Environment Síntesis* (Ritchie y Otter 1985; Jones y Kiniry 1986; Otter-Nacke *et al.* 1991). Estos cultivos se utilizaron como cultivos de referencia al cubrir sus ciclos todas las estaciones del año y tener sistemas fotosintéticos diferentes, C3 y C4, por lo que se abarcarían las diferentes respuestas al incremento de CO₂.

El impacto del cambio climático se refirió a cambios en el uso del agua y rendimientos en cultivos de invierno y de verano, es decir se evaluó el impacto estacional. La metodología empleada así como parte de los impactos en los consumos de agua se describen en Guereña *et al.* (2000). Este trabajo es el primero realizado en España en el que se han utilizado datos de un RCM en modelos de simulación de cultivos y el primero que hace un estudio comparativo entre impactos derivados de modelos de baja (AOGCM) y de alta resolución (RCM). En este trabajo se describen los cambios en rendimientos, biomasa, evapotranspiración (ET) y necesidades de riego de cultivos “referencia”.

Actualmente se está participando en el proyecto de investigación, PRUDENCE: *Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining European Climate change Risks and Effects* (EVK2-2001-00156) (ver también Capítulo de CLIMA). En este trabajo se pretende evaluar las incertidumbres asociadas a las previsiones de cambio en los parámetros climáticos, y evaluar si las previsiones se trasladan o son reflejadas por los modelos de impacto. Los modelos de impacto son bien modelos de simulación de cultivos (DSSAT, Tsuji *et al.* 1994) o bien modelos de sistemas, CropSyst (Stöckel y Nelson 1994).

Los trabajos se están realizando fundamentalmente para cultivos de cereales de invierno y verano, sin o con riego. En la Fig.10.1 se muestra la simulación de impactos a través de los cambios en el rendimiento de un cultivar (variedad) tipo de cebada de invierno en secano, sin riego, en escenarios de clima actual (“current”) y A2, futuro, generados por el modelo de

simulación de sistemas CropSyst conectado a diferentes modelos de clima regionales: RCM, ETH, GKSS, Promes, HIRHAM (ver capítulo 1). El cultivar o variedad comercial utilizada es una variedad con necesidades de vernalización (es decir de exposición a bajas temperaturas para inducir la floración), cultivada en las zonas norte y centro de España, por lo que en la zona sur tanto en clima actual como en futuro aparecen fallos en los rendimientos. Esto nos permite testar la sensibilidad de los modelos en clima actual.

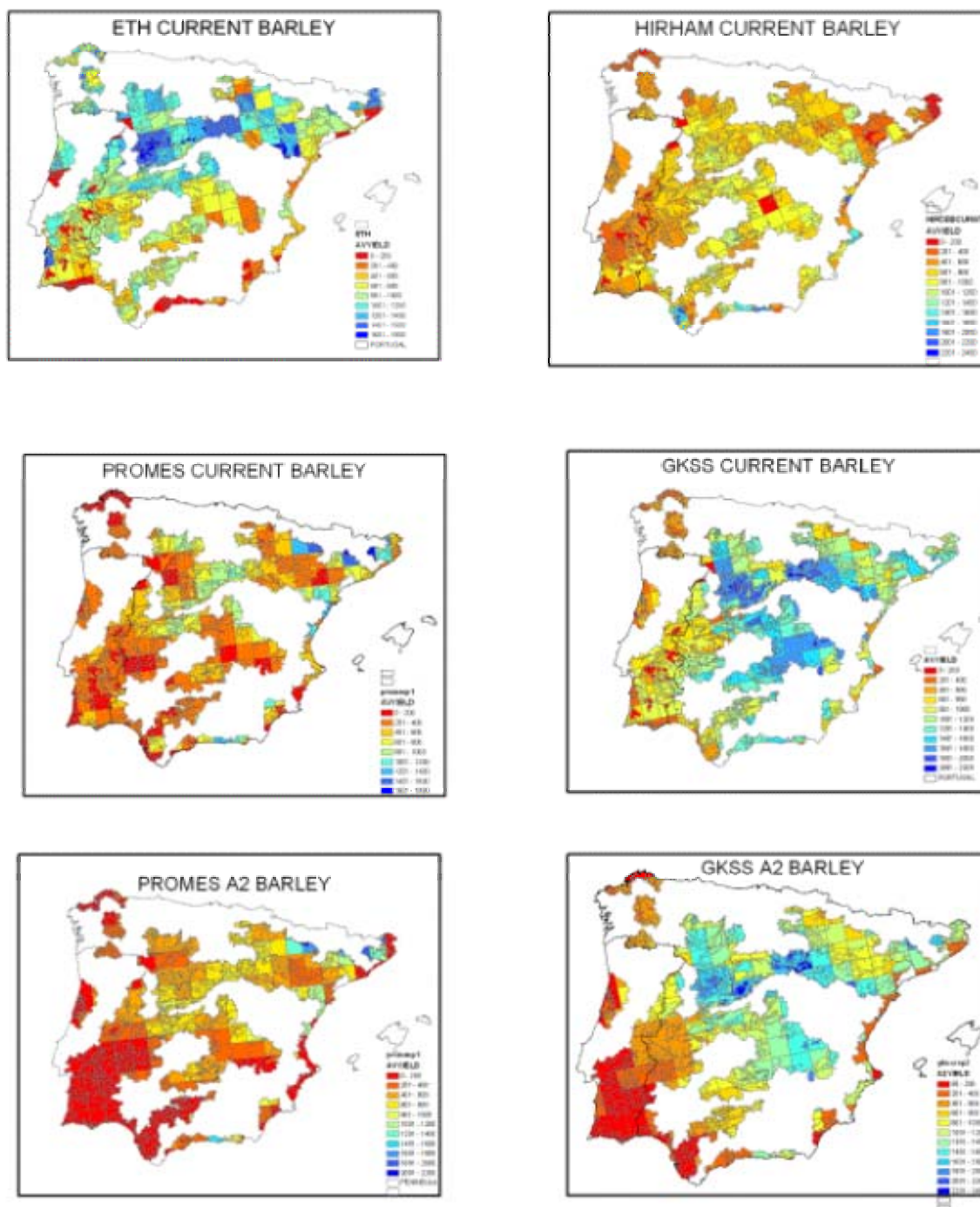


Fig. 10.1. Simulación de impactos a través de los cambios en el rendimiento de la cebada (“barley”) en secano, sin riego, en escenarios de clima actual (“current”) y A2, futuro, generados por el modelo de simulación de sistemas CropSyst conectado a diferentes modelos de clima regionales.

10.3.1.1. Utilización de los Modelos de Circulación General (GCM) de clima, de baja resolución y de simulación de cultivos (DSSAT). (Trabajos para el Plan Hidrológico Nacional)

Durante los años 1998 y 1999 se realizaron unos primeros estudios para el Centro de Estudios y Desarrollo Experimental (CEDEX) sobre el impacto del cambio climático en los regadíos (Mínguez *et al.* 1998; Mínguez *et al.* 1999). La importancia a la hora de diseñar el Plan Hidrológico Nacional de poder acotar en un futuro las tendencias de la demanda de agua por el Sector Agrícola nos motivó para iniciar esta colaboración. En esos estudios se mostraba la utilidad de los modelos de clima y de cultivos como herramientas de evaluación, resaltándose la variación espacial de los impactos y la necesidad trabajar en entornos de alta resolución (RCM+Modelos de impacto).

La evaluación del impacto del cambio climático se estimó a través de las necesidades de riego del maíz, como cultivo de verano, y del trigo, como cultivo de invierno. Los escenarios eran generados por el Modelo de Circulación General (HadCM2) para cuadrículas de 250x250 km. Esta primera aproximación demostró la necesidad de mayores resoluciones para la Península ya que las respuestas a unas condiciones de más elevada temperatura y variación en la precipitación, supuso, en algunos casos, la triplicación del rendimiento del maíz, muy elevadas producciones de biomasa y anormalmente bajos índices de cosecha. Las necesidades de agua de riego en el maíz eran menores en clima futuro, pese al aumento de temperatura, debido al acortamiento del ciclo de cultivo y a las altas precipitaciones previstas por el modelo de circulación general de clima, que en algún caso superaban los 1000 mm anuales.

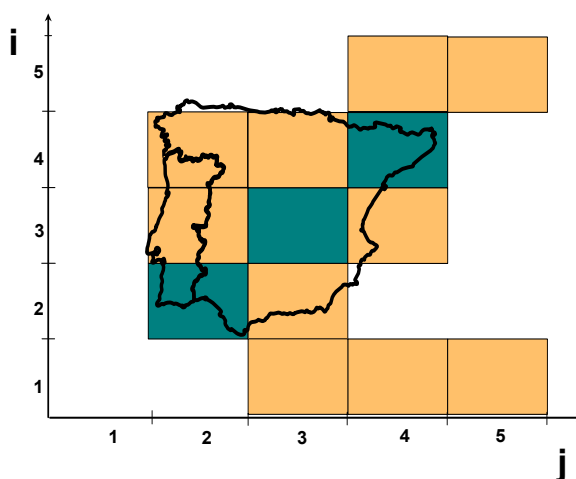


Fig. 10.2. Celdas (i, j) mostrando la resolución de los modelos AOGCM de baja resolución utilizados en la mayoría de los estudios previos, incluidos los realizados por el IPCC.

10.3.1.2. Impacto en la fenología, y, en el rendimiento y biomasa de los cultivos

Dentro de estos estudios previos, y en ausencia de estrategias de adaptación por parte del agricultor, los resultados obtenidos pueden sintetizarse como sigue: los cultivos muestran un acortamiento significativo en el ciclo vegetativo acelerándose su desarrollo fenológico. Los rendimientos en grano de los cultivos y la producción de biomasa varían entre las zonas.

Si los modelos son de baja resolución (ver Fig. 10.2) es difícil inferir tendencias. 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.

Por ejemplo, en la Fig. 10.2, en las celdas azules el cultivo de maíz sufre un adelanto en la fecha de madurez del grano de entre 13 y 44 días, con gran variación entre celdas. El rendimiento en grano disminuye en la celda 2-2, mientras que se triplica en la 4-4 y muestra un aumento del 20% en la 3-3.

Los estudios que se están llevando a cabo actualmente, el empleo de modelos de clima de mayor resolución (Fig. 10.3) nos permitirá delimitar las zonas afectadas positivamente y negativamente por los cambios en las precipitaciones y temperaturas.

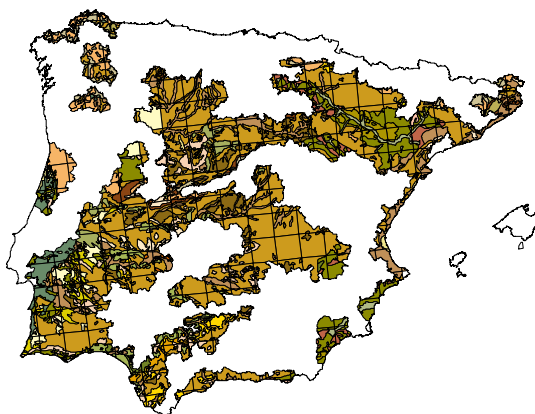


Fig. 10.3. Mapa de suelos de las zonas agrícolas actualmente en estudio. La malla superpuesta muestra las celdas que corresponden al Modelo Regional de Clima (RCM) PROMES.

10.3.1.3. Consumo de agua de los cultivos

La evaluación de los cambios en los consumos de agua por los cultivos se realizó para el CEDEX (ver este Capítulo, apto 3.1.1). En la Fig. 10.4 se resaltan las disminuciones en el riego, motivadas por la drástica reducción de la duración del ciclo vegetativo del maíz que tuvo también su consecuencia en una disminución del rendimiento potencial. No se muestran las estrategias que compensen este acortamiento. El impacto negativo de una mayor evapotranspiración diaria, consecuencia de las más altas temperaturas, se puede compensar por una mayor precocidad en los ciclos y por una mayor eficiencia del uso del agua, en un ambiente de mayor concentración de CO₂.

10.3.2. Sistemas de explotación ganadera

10.3.2.1. Efecto sobre la ingestión de alimentos por los animales

Desde el punto de vista de nutrición, como consecuencia de la necesidad de liberar el calor producido en el metabolismo energético de los animales, si la temperatura ambiente sobrepasa el intervalo de neutralidad térmica la ingestión de los animales se verá reducida; los valores de temperatura que definen este intervalo dependen de la especie animal y su estado fisiológico. La relación entre los valores de temperatura que implica el cambio climático y las referencias de intervalos de neutralidad térmica permitirán establecer ideas iniciales sobre el impacto que puede originarse en la ingestión de los animales. El cambio climático también puede afectar a la ingestión de los animales de una manera indirecta al condicionar la evolución en la disponibilidad de recursos pastables a lo largo del año. En este sentido, la diversidad botánica, la altitud, etc. han de ser tenidas en cuenta a la hora de evaluar la repercusión del cambio climático.

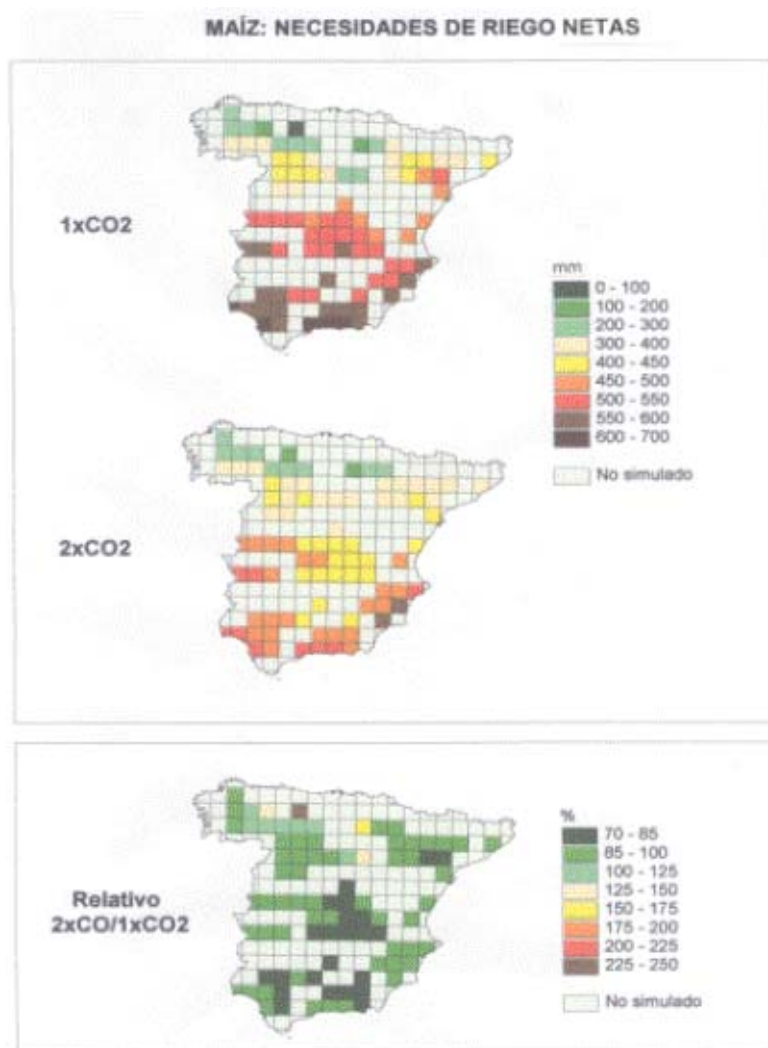


Fig. 10.4. Estudios de impactos en las necesidades de riego del maíz, realizadas con versiones anteriores del modelo de clima PROMES y de cultivos DSSAT (CEDEX 1999). Las necesidades de riego se presentan como láminas netas totales y no se plasman las estrategias de adaptación (e.g. cambio de variedades).

El comportamiento ingestivo de los animales en pastoreo también se ve condicionado, de una manera directa, por la temperatura ambiental. En este sentido, cuando la temperatura es elevada, por ejemplo en las horas centrales del día en verano, la actividad de pastoreo es prácticamente nula y trasladando la actividad a las primeras y últimas horas del día y durante la noche.

10.3.2.2. Efecto sobre el bienestar animal

Es evidente el interés social por una producción animal respetuosa con el derecho de los animales a ser criados en condiciones de mínimo estrés. Este hecho, que en principio pudiera parecer relativamente abstracto o de difícil evaluación, es posible su objetivización a partir de las concentraciones de determinadas sustancias en sangre (cortisol, por ejemplo) y de la incidencia de procesos patológicos en los animales, por la inmunodepresión que produce el estrés.

Una de las causas de estrés que con mayor frecuencia ha sido puesta de manifiesto es la variación en temperatura ambiente. El grado de influencia de este factor sobre el bienestar animal es variable, pudiendo llegar a la muerte de los animales si estos no pueden mantener su temperatura corporal.

10.3.3. Parasitosis con fases en vida libre

En vista de los apartados mencionados anteriormente, caben esperar los tipos de impactos que se mencionan a continuación. Debe destacarse que los estudios que implican la existencia de un determinado impacto son limitados, y en algunos casos se reducen a diversos estudios efectuados en el laboratorio bajo condiciones controladas, sobre el ciclo vital de los parásitos, a partir de los cuales puede realizarse un ejercicio de deducción acerca de las expectativas que determinados cambios en el clima pueden producir sobre la biología del parásito y la epidemiología de la enfermedad.

10.3.3.1. Acentuación estacional de los patrones del ciclo vital de las parasitosis con fases de vida libre

La situación de inviernos más suaves y con mayores precipitaciones implicaría una menor mortalidad de las poblaciones de todos los parásitos lo que se traduciría en un mayor efectivo poblacional en primavera. Este efectivo afectaría primordialmente a los animales en su salida a los pastos en esta época del año. Debe recordarse aquí que los animales jóvenes realizan su primera salida a pastos en esta época. Estos animales tienen una inmunidad deficiente como consecuencia de la edad, lo que provocaría pérdidas económicas sustancialmente mayores, como consecuencia de la mayor mortalidad producida. Pero este aumento poblacional de los parásitos en invierno, y la consecuentemente alta carga parasitaria primaveral puede provocar de la misma forma una mayor carga parasitaria estival, consecuencia del alto éxito reproductivo de los agentes patógenos durante la primavera. Ello generará una abundante población para el verano. Aunque se espera que tal población sufra una elevada mortalidad debida al aumento de las temperaturas y la baja humedad relativa esperable durante el estío, el alto número de efectivos va a provocar una mayor disponibilidad poblacional durante el otoño. En resumen, los cambios climáticos esperables, van a producir una serie de modificaciones de las parasitosis a un nivel temporal, además del geográfico anteriormente señalado, entre las que cabe citar:

- Aumento de las poblaciones de los parásitos durante la primavera.
- Incremento de la carga parasitaria por hospedador, con mayores pérdidas económicas por baja de producción o mortalidad. Incremento de los costos en tratamientos.
- Aparición de poblaciones parasitarias en momentos del año en las que no son habituales.
- Aplicación de sustancias medicamentosas en momentos del año considerados óptimos para el tratamiento, pero inválidos bajo las esperables nuevas pautas de dinámica estacional. Error en la aplicación del tratamiento y nuevo incremento de los costos asociados a la enfermedad.

10.3.3.2. Colonización de zonas nuevas, que antes estaban libres de un proceso parasitario o infeccioso dado

Este tipo de impactos se desprende de cambios en la distribución geográfica de las parasitosis. Zonas en las que ciertos parásitos son comunes dejarían de constituir un entorno adecuado para las mismas, y se tornarían libres de ellas. Sin embargo, cabe esperar que algunas zonas que actualmente están libres de determinadas parasitosis se vieran invadidas por las mismas. En todo caso, cabe esperar una desviación altitudinal y latitudinal de las parasitosis sobre las que opera el clima. Por ejemplo, determinadas especies de garrapatas presentes en la

actualidad en zonas del sur Peninsular, ascenderían hacia el norte, asentándose en áreas antaño libres de las mismas. En el mismo sentido, el incremento de la altitud es de especial aplicación a los valles. Mientras que un determinado proceso puede ser ahora común en las porciones más bajas del valle, los cambios climáticos esperados van a provocar su deriva hacia cotas superiores. Ello supone un cambio radical en las formas de explotación de los animales, en concreto en el manejo conocido como “trashumancia a puertos”. En este tipo de explotación, grandes rebaños de animales son trasladados a las zonas más altas de los puertos de montaña, en busca de pastos frescos y libres de parasitosis por efecto de los inviernos con bajas temperaturas que actualmente se observan allá. Sin embargo, la deriva de las parasitosis hacia cotas superiores en altitud, provocará la existencia de las mismas en los pastos de alta montaña, con un profundo cambio en las pautas de explotación de los animales. Este efecto de la altitud se espera que se observe tanto en las helmintosis como en los procesos producidos y transmitidos por las garrapatas. Ello va a provocar tres claros impactos de tipo geográfico:

- Aumento de los procesos diarreicos producidos por helmintos en zonas en los que actualmente no se conocen o tienen una escasa incidencia. Cambio de las pautas clásicas de los tratamientos.
- Crecimiento de los problemas producidos o transmitidos por garrapatas en zonas en los que actualmente son desconocidos o tienen una escasa incidencia.
- Exacerbación o desaparición (según las especies implicadas) de tales procesos en las zonas meridionales de la Península. Es de destacar el fenómeno de aparición de enfermedades “nuevas” en zonas en las que antes eran desconocidas, con los consiguientes problemas de diagnóstico y tratamiento por el personal sanitario de la zona, desconocedor del problema.

10.3.3.3. Sustitución de especies parasitarias al colonizar zonas abandonadas por la especie endémica (problemas de inmunidad para los rebaños mantenidos en las zonas afectadas)

Uno de los efectos esperados es el conocido como “sustitución de especies”. En este caso, especies de parásitos que eran comunes en una zona dada (a las cuales los animales están adaptados como consecuencia de la larga coexistencia) desaparecen como consecuencia de su falta de ajuste a las nuevas condiciones climáticas. Sin embargo, estas especies son reemplazadas por otras que han sufrido un desplazamiento por las mismas causas, frente a las cuales los animales carecen de resistencia humoral o celular y es perjudicial para los rebaños mantenidos en las zonas afectadas.

10.3.3.4. Aparición de resistencias a los tratamientos antiparasitarios

Cuando el hombre se enfrenta a una situación parasitaria desconocida (cambios estacionales o incremento de las poblaciones, o aparición de nuevos procesos) su única respuesta es la aplicación de tratamientos. Esta elevada presión terapéutica provoca la respuesta de las poblaciones de parásitos con un brusco incremento en la selección genética de las poblaciones sometidas a la presión del antiparasitario. La aparición de resistencias a los compuestos antiparasitarios es una situación grave, frente a la cual aún no conocemos las medidas más básicas para evitar su aparición ni para revertir la condición de la población parasitaria al status de sensibilidad.

10.4. ZONAS MÁS VULNERABLES

10.4.1. Sistemas de secano. Zonas áridas y semiáridas. Mantenimiento de la calidad del suelo. Erosión. Olivares tradicionales

Los sistemas de secano siguen siendo los más extendidos y por lo tanto la calidad de la base de los recursos debe mantenerse para posibilitar los cambios hacia una posible extensificación, forestación o por el contrario, una intensificación del sistema. Dentro de las previsiones asociadas a los modelos de clima de baja resolución (AOGCMs) estas zonas son las de mayores impactos negativos (IPCC, 2001a). Para discriminar por zonas dónde los efectos serán aditivos se necesita una mayor resolución en los parámetros climáticos. Los sistemas áridos y semiáridos generan menor cantidad de residuos de cosecha, por lo que la cobertura del suelo es baja (Díaz-Ambrona y Mínguez 2001) y existe un menor retorno de residuos de cosecha que afecta al mantenimiento de la calidad del suelo.

10.4.2. Sistemas de regadío. Salinidad y contaminación por nitratos

La demanda de agua en las zonas del sur y sureste en las que se centra la producción hortofrutícola son en la actualidad zonas de riesgo al haber disminuido la calidad del agua de riego por intrusión marina en los acuíferos y por contaminación por nitratos.

Las estrategias de recuperación o mantenimiento de la calidad actual deberán hacerse bajo los escenarios de clima futuro.

Un paso fundamental es la estimación de las necesidades de agua o evapotranspiración de los cultivos (ET) en clima futuro. Además, una de las cuestiones más difíciles es la traslación de las previsiones de variación en las precipitaciones, al suministro de agua que dispondrán los cultivos, en particular los hortícolas.

10.4.3. Zonas costeras y marismas

La elevación del nivel del mar y los posibles cambios en las corrientes marinas afectarían a las zonas cultivadas de marismas. En este contexto, el estudio a realizar debe enlazar con los responsables de zonas costeras. Lo mismo ocurriría en las desembocaduras y deltas de los ríos que verían modificado el flujo de descargas produciendo alteraciones tanto en el aporte de sedimentos como en la calidad del agua. Además un aumento paulatino de las temperaturas en las zonas costeras incrementaría la demanda de agua de los cultivos de forma paulatina incrementando la presión sobre las fuentes de abastecimiento de aguas, que en el caso de regadío que utilizan aguas subterráneas aumentaría el riesgo de producir intrusiones de agua de mar salina en los acuíferos costeros.

10.4.4. Distribución de los sistemas ganaderos (extensivos vs intensivos) en las distintas regiones

De una manera esquemática, los sistemas ganaderos intensivos se localizan en áreas donde la producción de alimentos para los animales es cercana o, fundamentalmente, donde los centros de consumo están cercanos o los canales de comercialización son más viables.

En la figura 10.5 se presenta la distribución de especies ganaderas más importantes en el territorio español.

Salvo excepciones, cuantitativamente poco importantes, la ganadería de porcino y aves se explota en condiciones intensivas, en granjas de gran tamaño y con un alto grado de tecnificación.

El ganado vacuno de aptitud lechera ha visto modificados sus sistemas de explotación hacia condiciones intensivas, con un aumento en el tamaño de las explotaciones y ausencia de pastoreo en la práctica totalidad de las explotaciones en la actualidad. El ganado ovino lechero se encuentra en una situación transitoria hacia la intensificación, suponiendo más del 30% de las explotaciones aquellas que los animales se encuentran estabulados permanentemente y no realizan pastoreo.

En condiciones de pastoreo quedan, fundamentalmente, los sistemas de producción de ganado vacuno y ovino de aptitud cárnica teniendo en cuenta la limitación en rentabilidad económica de estos sistemas de explotación de madres en condiciones intensivas.

10.5. PRINCIPALES OPCIONES ADAPTATIVAS

10.5.1. Cambio de sistemas

La delimitación de las diferentes zonas de la Península se hace necesaria para establecer grandes líneas de adaptación. Los efectos contrapuestos del cambio climático hacen posible que mejoren las condiciones ambientales de parte la Península mientras que los negativos sean desastrosos para las otras.

Por otro lado, son necesarios estudios específicos para los sistemas de mayor inercia, como son los cultivos leñosos. El sector del olivar, viña, cítricos, y frutales en general, necesita conocer las tendencias y el grado de incertidumbre asociadas a ellas, que variará en función de la zona.

Los sistemas agrícolas podrán adaptarse hacia una extensificación o forestación en las zonas en las que la inestabilidad se incremente, o en los que las ayudas de la UE, si se mantienen, lo potencien. La intensificación o estabilización por riego es la otra posibilidad a analizar.

10.5.1.1. Elección de especies y cultivares

Introducción de nuevos cultivos para las nuevas condiciones climáticas deberá abordarse desde el punto de vista agronómico estricto, para luego superponer las respuestas a las ayudas o subvenciones de la Política Agraria Común (PAC). En una primera aproximación se plantearía la elección sobre la base de la productividad y la optimización del uso del agua. Cultivares (variedades) de ciclo más largo pueden introducirse para contrarrestar la aceleración del desarrollo por mayores temperaturas.

En el caso de plantaciones leñosas, el incremento de temperatura, los veranos más extremados o el desplazamiento de las épocas de lluvia llevarán al replantear la elección de cultivares en las diferentes comarcas agrícolas, teniendo en cuenta que se espera una disminución de las heladas de primavera.

10.5.1.2. Cambios en las rotaciones de cultivos

En las zonas donde el agua sea más limitante, tendrán que establecerse las secuencias que optimicen el uso del agua. Por otro lado convendrá delimitar las nuevas zonas dónde el barbecho agronómico es imprescindible para mantener la estabilidad y sostenibilidad de los sistemas.

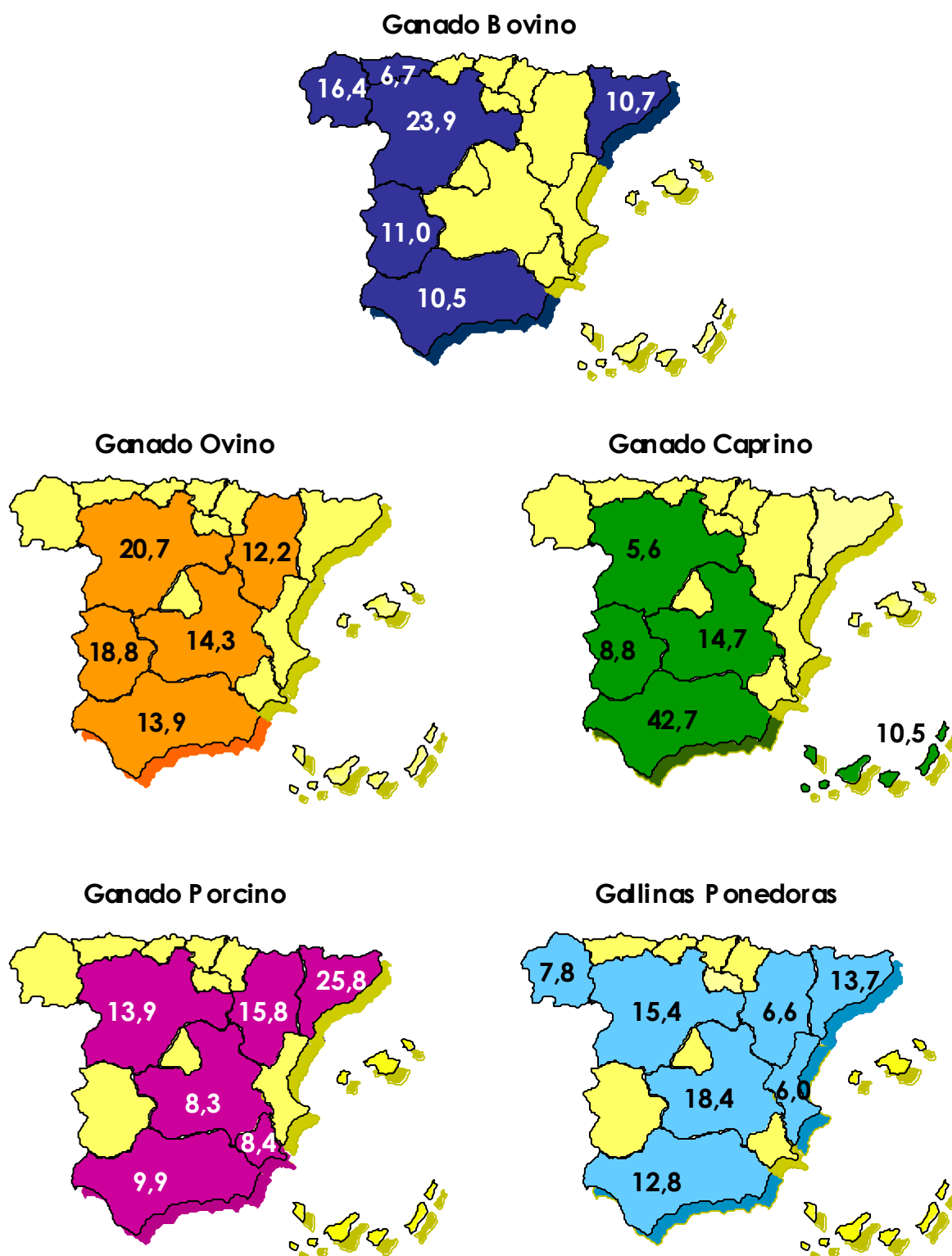


Fig. 10.5. Mapa de distribución de los censos ganaderos (Encuestas ganaderas 2003, MAPA).

10.5.2. Adopción de nuevas estrategias de manejo en secano y en riego

Una vez realizada la delimitación de zonas en función del impacto previsible, los cambios de cultivos, de fechas de siembra, de dosis de riego son estrategias que ya se han explorado y

que el agricultor puede adoptar fácilmente. Son las estrategias de optimización de recursos y las de mínimo impacto ambiental las que deberán estudiarse. La extensificación (menores insumos), los riegos estratégicos, o de apoyo, los riegos deficitarios son tecnologías en vías de desarrollo que tendrán que aplicarse en este nuevo entorno.

Es posible que sea necesario un nuevo diseño de control integrado de plagas y enfermedades en escenarios de clima futuro al poder cambiar la presencia, intensidad y temporalidad de éstas.

10.5.3. Adaptación de la Política Agraria Común (PAC)

Las normas colectivas son consideradas por el IPCC (2001b) como una de las herramientas para mitigar el impacto del cambio climático y que puede disminuir los costes de las adaptaciones. La PAC podría entonces considerarse dentro de esta perspectiva.

10.5.4. Reducción de la carga ganadera

Las alternativas que pueden ser planteadas, ante la reducción en la ingestión como consecuencia del cambio climático y las cuales necesitarán un contraste previo a su aplicación, son:

- Reducción de la carga animal (cabezas de ganado por unidad de superficie).
- Incremento de las necesidades de suplementación en los sistemas de pastoreo.
- Cambios en el manejo del pastoreo.
- Mayor coste energético y de instalaciones para el mantenimiento de la temperatura ambiental correcta.

10.5.5. Proteger zonas frente a cambios de uso

El efecto de la elevación de las temperaturas, además del que produzcan las variaciones en la precipitación, supone un desplazamiento hacia el norte de las zonas adecuadas para el cultivo (como hemos visto para los casos del maíz, trigo o cebada), y sobre todo de las producciones hortícolas. Este desplazamiento debe ser evaluado, ya que al efecto directo del cambio climático sobre una determinada zona se puede unir la pérdida de competitividad frente a otras y acelerar el proceso de transformación y abandono de la actividad agraria en zonas sensibles.

10.5.6. Valorar la idoneidad de hábitat y la capacidad de invasión mediante estudios climáticos y de hábitat

El esperado cambio climático va a producir una variación de los procesos parasitarios e infecciosos, como se ha indicado anteriormente, tanto en el espacio como en el tiempo. La mejor adaptación al cambiante escenario que una modificación climática puede suponer, estriba en el conocimiento estricto de las pautas biológicas y abióticas que regulan la asociación del parásito, el agente patógeno que pueda transmitir y el ambiente. En este sentido, es absolutamente prioritario el desarrollo de modelos de simulación que expliquen varios datos del comportamiento del agente con respecto al clima, como son capacidad de adaptación al biotopo (mapas de predicción de riesgo por una determinada plaga) y modelos que expliquen la dinámica estacional del proceso a estudiar. De la misma forma, los modelos deben incluir valoraciones de las implicaciones económicas a esperar en el caso de los diversos escenarios de cambio climático evaluables. Igualmente, los modelos de simulación deben incluir la componente del paisaje, entendido como los procesos ecológicos que tienen lugar en la microescala, y que son de gran interés a la hora de evaluar la composición del

hábitat como factor determinante de la existencia y abundancia del parásito. Con ello, se quiere indicar expresamente que los modelos basados en grandes superficies de terreno (modelos macroclimáticos) pueden tener un indudable valor epidemiológico, pero que debemos descender a la escala del microhábitat, con la complejidad que ello entraña, para comprender los verdaderos efectos del cambio climático sobre las poblaciones parasitarias. En lo relativo a los modelos sobre el comportamiento de las poblaciones de garrapatas, se han realizado importantes avances que permiten explicar en buena medida los efectos esperables. Sin embargo, es preciso generalizar estos modelos a otras especies y a todo el entorno geográfico español, amén de aumentar la resolución a la que el modelo es válido.

Es necesaria la imbricación de modelos de comportamiento del hospedador o de las modificaciones que el cambio climático pueda producir en la vegetación, para obtener una panorámica completa de los procesos parasitarios, ecológicos y epidemiológicos, subyacentes al cambio climático y que actúen sobre todos los miembros de la ecuación. De esta forma, se debe disponer de un modelo generalista, acoplado a las grandes predicciones de clima, sus efectos sobre la vegetación y los cambios en la dinámica parasitaria, afectada por estas variables.

En el caso de los nematodos parásitos, tales modelos ya existen, pero no son públicos, sino que han sido desarrollados por empresas privadas como estrategia de mercado. Es importante que tales modelos lleguen al sector de investigación, para poder plantear con ellos estrategias de adaptación adecuadas. Por otro lado, los modelos relativos a las parasitosis transmitidas por caracoles dulceacuícolas han sido convenientemente desarrollados, se han acoplado con tecnologías de información geográfica, y tienen un tratamiento simple en su forma, produciendo resultados claramente comparables con la realidad. Sin embargo, en España jamás se han llevado a cabo estudios aplicativos mediante estas tecnologías, por lo que carecemos del más mínimo dato sobre los efectos que cabría esperar bajo la impronta de diferentes variables ambientales.

10.5.7. Manejo adecuado integrado en resultados de los puntos anteriores, usando razas animales autóctonas.

La utilización de razas autóctonas supone una importante decisión a la hora de optimizar el control frente a las diversas enfermedades parasitarias e infecciosas que aparecen en España. Estas razas presentan una natural adaptación a tales procesos, como consecuencia de una larga coexistencia. Por ello, la sustitución de razas importadas por razas autóctonas debe ser considerada como una interesante estrategia de adaptación al cambio climático y a sus repercusiones sobre las patologías previsibles.

Como se ha mencionado, es importante valorar el impacto que las diversas estrategias de manejo emanadas de estos modelos puedan tener sobre la economía ganadera. Es importante destacar factores tales como el valor nutricional de pastos. Es esperable, como se ha mencionado, que se produzcan cambios en la forma de utilización de los recursos agrarios por los animales y sus propietarios, como adaptación tendente a la búsqueda de nuevas zonas que presenten una carga parasitaria adecuada para el manejo animal. Es preciso pues tener en cuenta los factores económicos que intervienen en las nuevas relaciones de los animales con el hábitat, como parte integrante de los modelos mencionados anteriormente. Es necesario también incluir estudios de las pautas de tratamiento antiparasitario. Este hecho se basa a que, en la actualidad, el ganadero o el veterinario conocen los ciclos vitales parasitarios de la zona en la que tiene lugar la explotación animal. Este conocimiento es casi ancestral, y proviene de la continuada observación de la naturaleza. Si se produce la esperable variación de tales procesos, tanto en el espacio como en el tiempo, las pautas de tratamiento actualmente establecidas van a cambiar radicalmente. Ello implica un proceso de adaptación del profesional

veterinario y del ganadero, en función de la fuerza del impacto, gradual, y del cambio exponencial que cabe esperar en la respuesta evocada por los procesos parasitarios e infecciosos. En otras palabras, el tiempo en el que cabe esperar que se produzca la adaptación es corto, y debemos de tener preparadas las herramientas de evaluación necesarias para poder atender la demanda social que se producirá en esos momentos de reajuste.

10.6. REPERCUSIONES SOBRE OTROS SECTORES O ÁREAS

10.6.1. Impacto ambiental: calidad de la base de los recursos y ecosistemas naturales

La evolución de la materia orgánica en los suelos agrícolas es difícil de predecir dada la interacción entre el manejo del cultivo y de los residuos de cosecha, y, la complejidad de los procesos involucrados (ver capítulo 8). En un escenario futuro las predicciones sobre contenido de agua en el suelo añadirán otra fuente de incertidumbre. La materia orgánica de los suelos afecta directamente a la capacidad de retención de agua y el suministro de nutrientes en un suelo agrícola con implicaciones directas sobre la productividad del sistema. En las zonas donde se pueda producir mayor biomasa, mayores temperaturas en el suelo pueden contrarrestar el incremento de materia orgánica a través de mayores tasas de mineralización.

Las mayores escorrentías asociadas a fenómenos tormentosos o mayor precipitación implican un mayor lavado de nitratos, disminuyendo la eficiencia del sistema, sino pudiendo afectar a ecosistemas y agrosistemas circundantes. Las proyecciones basadas en modelos de circulación general para España, aparecen tanto en zonas con incrementos, como en zonas con disminuciones en la escorrentía anual (IPCC 2001a) por lo que la utilización de mayores resoluciones es el siguiente paso necesario.

10.6.2. Demanda de agua y competencia con el sector industrial, ambiental y urbano

Un incremento en la población mundial y en el desarrollo económico lleva en general a un incremento en el consumo de agua, a pesar de la disminución por una mayor eficiencia en su uso en algunos países (IPCC 2001a). Esto implica que la competencia de estos sectores industrial y urbano, con los regadíos (regadíos tradicionales y futuras zonas que necesiten riegos estratégicos, ver apto 10.1.3.1) vendrá delimitada por los cambios en la demanda evapotranspirativa de los cultivos en repuesta a la temperatura y a las precipitaciones.

Por otro lado, las necesidades asociadas a los suministros de agua para mantener los caudales ecológicos y los recursos necesarios en humedales, lagos, etc. delimitarán también las disponibilidades de agua en los regadíos. No es superfluo insistir que los mercados de agua deberán adaptarse al incremento en la variabilidad que puede presentar la demanda de agua por los cultivos.

10.6.3. Principales repercusiones con los sectores alimentario, seguros

Las repercusiones para el sector alimentario son importantes a nivel mundial, cuando se analiza la capacidad de los sistemas agrarios en suministrar el alimento necesario a una población en expansión. Aquí queremos resaltar las repercusiones a más corto plazo con el sector seguros.

Son previsibles cambios en el tipo de daños que sufran los cultivos. Las mayores temperaturas alejarán el riesgo de heladas en determinadas zonas que habría que acotar, y lo minimizan en otras. Los riesgos asociados a estrés hídrico y de temperaturas tenderán a incrementarse, si bien también habrá que acotar las probabilidades por zonas o cuencas determinadas.

Los cambios en los límites de cultivo pueden llevar a la aparición de plagas y enfermedades en nuevas zonas. Si la frecuencia de años extremos se incrementa será necesario una

colaboración entre los sectores agrario y de seguros para establecer nuevas pautas en las propuestas.

10.6.4. Repercusión de la ganadería sobre el mantenimiento de la población rural y el paisaje

En muchas zonas del país (montaña, dehesa, etc.) la actividad ganadera es prácticamente la única actividad agraria capaz de mantener un tejido económico ya que otras actividades como el cultivo no es posible por condicionantes climáticos, orografía, etc. En la actualidad, la actividad ganadera de estas zonas parece evidente que ha de pasar por la obtención de productos (alimentos, pieles, lana, etc.) diferenciables en el mercado y de una calidad garantizada (trazabilidad), productos con una demanda creciente ya que los consumidores, cada vez más, están dispuestos a adquirir unos productos que hayan sido obtenidos en adecuadas condiciones de bienestar animal y, en el caso de la ganadería pastoril, con un claro efecto beneficioso en la conservación del medio natural utilizando recursos que de otra forma se perderían. No tendría sentido el desarrollo de sistemas de producción masiva en esas zonas por el riesgo medio ambiental que conllevaría y por la menor competitividad al estar alejados de las zonas de producción cerealista.

Una disminución de la disponibilidad de pasto en determinados momentos del año, como consecuencia del cambio climático podría acarrear un sobrepastoreo y riesgo de erosión de estas áreas ya que no fácil variar la presión de pastoreo (carga ganadera) disminuyendo y aumentando el número de animales de la explotación.

El número de explotaciones ganaderas, de carácter familiar, que es posible mantener en una zona determinada es consecuencia de su rentabilidad para permitir unos ingresos mínimos a la unidad familiar. A su vez, la rentabilidad de una explotación depende del número de animales que posea y de la producción de cada animal. En este sentido, como ejemplo, para lograr ingresos similares, una explotación de ganado vacuno de aptitud mixta (carne y leche) requiere un menor número de animales que una explotación dedicada exclusivamente a la producción de carne por la menor producción individual de estas últimas. En los últimos años, en las zonas de montaña de Aragón, Castilla y León, Cataluña, etc. se ha producido la reconversión ganadera con el incremento de las explotaciones de gran tamaño y producción exclusivamente cárnica ya que requieren una menor dedicación en mano de obra y el uso del territorio no es limitante por la despoblación ocurrida.

10.7. PRINCIPALES INCERTIDUMBRES Y DESCONOCIMIENTOS

10.7.1. Efecto incremento de la variabilidad sobre la estabilidad y sostenibilidad de sistemas agrícolas. Efecto de los años extremos

Los sistemas agrícolas más inestables y menos sostenibles en clima actual, pueden desaparecer si la frecuencia de años extremos secos se incrementa. Asimismo el posible incremento de fenómenos tormentosos, más próximos a climas subtropicales, pueden incrementar la erosión de suelos agrícolas todavía manejados con laboreo convencional. Por ejemplo, las estimaciones actuales de erosión en olivar son ya demasiado elevadas, pudiendo llegar a 40 t/ha año.

10.7.2. Capacidad de adaptación de sistemas de baja productividad

En la actualidad, el déficit hídrico, las bajas temperaturas de estaciones invernales largas, el bajo contenido en materia orgánica son los factores que más afectan a los sistemas que presentan en la actualidad una baja productividad. Por lo tanto su capacidad de adaptación

dependerá de las zonas en las que aparezcan estos sistemas y las tendencias previstas en el cambio de las precipitaciones.

10.7.3. Capacidad fijadora de CO₂ de los sistemas agrícolas. Influencia del manejo del suelo y los residuos de cosecha

La mitigación del cambio climático propone disminuir las emisiones de CO₂ (IPCC, 2001b). La fijación de CO₂ por las plantas herbáceas y leñosas a través de la fotosíntesis es una de las procesos considerados. Los estudios actualmente se centran en las estimaciones de la fijación neta de CO₂, la respiración asociada al mantenimiento y crecimiento de la biomasa vegetal, las fijaciones y emisiones del suelo en función del manejo de éste y de los residuos de cosechas.

Otra fuente de emisiones de los gases invernadero está en los arrozales mantenidos bajo inundación (emisión de metano y óxidos de nitrógeno) y las pérdidas de óxidos de nitrógeno asociados a los procesos del ciclo de nitrógeno en los sistemas agrícolas.

10.7.4. Capacidad de adaptación de los animales

Los animales poseen mecanismos de defensa para su adaptación al cambio climático con consecuencias directas en términos productivos. En condiciones intensivas la adaptación pasará por unos menores rendimientos productivos al poder afectar a la capacidad de ingestión si se superan los límites del intervalo de neutralidad térmica. Además, en estas condiciones puede ser necesario una mayor disponibilidad de espacio, sistemas de ventilación o refrigeración, etc. y, en consecuencia, mayores inversiones.

En los sistemas ganaderos extensivos, dependientes de los recursos pastables, la posibilidad, dentro de ciertos límites, de las reservas corporales de los animales como almacenaje de energía en los momentos de máxima disponibilidad de recursos y su utilización en los momentos de carencia, junto con una adaptación de los ritmos fisiológicos haciendo coincidir los momentos de máximas necesidades nutritivas (final de gestación e inicio de lactación) con la máxima disponibilidad de pasto también son mecanismos cuyos límites deberían ser estudiados desde el punto de vista productivo.

10.7.5. Tiempos de reacción al cambio por parte de los parásitos

En estos momentos, se desconoce la velocidad de respuesta de los parásitos al cambio climático aunque se presupone rápida. Algunos estudios de laboratorio indican que esta respuesta podría producirse en el lapso de una o dos generaciones parasitarias (aproximadamente un año), lo que implicaría la desaparición de especies no adaptadas al nuevo clima en este plazo de tiempo, con una sustitución más lenta por las nuevas especies invasoras. Dado que el cambio climático es gradual, cabe esperar que las acentuaciones estacionales mencionadas, así como el desplazamiento de las especies se produzca de forma gradual y continua.

10.7.6. Indicadores

El único indicador de utilidad es la supervisión constante de una serie de “zonas guía” elegidas por sus características de clima, capacidad para albergar determinadas especies parasitarias, y uso ganadero. Muestreos mensuales en tales zonas pueden permitir la monitorización de las actividades parasitarias con objeto de conocer las modificaciones que se están produciendo.

10.7.7. Baja precisión espacial

Este es uno de los problemas más graves a la hora de evaluar modelos que estudien el cambio climático y sus implicaciones en la dinámica de las poblaciones parasitarias. Los actuales modelos de cambio climático evalúan grandes unidades atmosféricas de un tamaño típico de 50 km, lo cual es extremadamente grande para los modelos que actualmente se están evaluando para predecir los cambios en la presión parasitaria. Las características del hábitat tienen una influencia capital en la distribución y abundancia de ciertas parasitosis (por ejemplo, garrapatas, Estrada-Peña, en prensa), por lo que se deben encontrar sistemas para acoplar ambos tipos de modelos, junto con aquellos que evalúen la probabilidad (normalmente con metodologías de tipo Markoviano) de cambio en el tipo de hábitat. Es preciso evaluar la posibilidad de un “*downscaling*” en los modelos de clima atmosférico y su acoplamiento con los de cambio de hábitat y comportamiento parasitario.

10.8. DETECCIÓN DEL CAMBIO

10.8.1. Dificultad para detectar cambios: adaptación tecnológica en agricultura

La adopción de nuevas tecnologías en la agricultura impide que las posibles tendencias o cambios en el clima durante el último siglo se puedan detectar. Las modificaciones hechas en la variedades cultivadas de cereales en los años 60, con la Revolución Verde, permitieron incrementos espectaculares en los rendimientos, elevándose los techos productivos en todos los sistemas agrícolas de la mayor parte del planeta. Las nuevas tecnologías de riego y fertilización, además del control de malas hierbas, enfermedades y plagas han afectado positivamente a los rendimientos alcanzados.

10.8.2. Utilización de modelos dinámicos de simulación de cultivos y clima. Generación de indicadores

Los modelos dinámicos de simulación de cultivos pueden describir diariamente los procesos de intercepción de radiación solar por las hojas, generación de biomasa y reparto entre la parte aérea y las raíces, los balances de agua y de nitrógeno, y finalmente la generación del rendimiento. La posibilidad de cuantificar las interacciones entre el cultivo, especificando la variedad, el suelo y el clima ha hecho de estos modelos unas herramientas potentes tanto en investigación como en planificación y desarrollo agrícola. Estos modelos se han desarrollado para cultivos herbáceos y empiezan a generarse los correspondientes a cultivos leñosos.

Los resultados obtenidos con estos modelos sobre rendimientos, producción de biomasa, consumos de agua, necesidades de riego, fenología, son ya unos indicadores que integran las interacciones a lo largo del ciclo del cultivo (Díaz-Ambrona y Mínguez, en revisión).

10.8.3. Disponibilidad de datos productivos de los sistemas ganaderos en series temporales largas.

Los modelos dinámicos utilizados en los estudios de sistemas ganaderos permiten obtener una predicción de la respuesta animal a cambios en las condiciones ambientales (humedad, temperatura, etc.) en condiciones de estabulación (intensivas).

En condiciones de pastoreo (extensivas) también es posible una predicción del efecto de la climatología (humedad, temperatura, etc.) sobre la respuesta en producción vegetal de una determinada zona a lo largo del año. A partir de la información cuantitativa y cualitativa de la materia vegetal disponible es posible predecir la ingestión que los animales pueden realizar y conocidas las necesidades de los animales a lo largo de su ciclo productivo poder extrapolar en

que grado estas necesidades quedan cubiertas y cuando es necesario realizar una suplementación alimenticia o reducir la carga animal o establecer sistemas de uso del territorio en el que se aproveche la distinta disponibilidad de alimento a lo largo del año (ejemplo: los sistemas clásicos de trashumancia ganadera).

Existe información científico-técnica que permitiría la construcción de los modelos indicados, sin embargo los datos disponibles sobre la respuesta animal en series temporales largas son escasos, prácticamente inexistentes ya que la información disponible, por ejemplo sobre variación en censos animales en las distintas comarcas es consecuencia de multitud de factores que confluyen.

10.8.4. Indicadores (especies clave como mosquitos y garrapatas)

Existen una serie de parásitos que responden rápidamente a los cambios del clima, como son los mosquitos y las garrapatas. Una adecuada monitorización de las poblaciones de estos parásitos, en una serie de lugares clave (escogidos merced a sus características ecológicas) pueden permitir la evaluación real del impacto del cambio climático sobre este grupo de parásitos, además de conocer la importancia de estos hechos sobre la vehiculación de procesos infecciosos por estos vectores.

10.9. IMPLICACIONES PARA LAS POLÍTICAS

10.9.1. Cambios en la Política Agraria Común (PAC). Incentivos para la adopción de tecnologías de menor impacto ambiental en escenarios de clima futuro. Seguros agrarios

La acción coordinada de varios países puede hacer disminuir los costes asociados a paliar el efecto del cambio. La PAC puede considerarse el marco de futuras normas colectivas que potencien las innovaciones necesarias para las adaptaciones (IPCC 2001b).

Los incentivos a la aplicación de operaciones de cultivo que tengan menor impacto ambiental en clima actual, es uno de los primeros pasos a adoptar para facilitar la transición al manejo de cultivos en los escenarios de clima futuro. En efecto, el impacto ambiental del manejo inadecuado del suelo y de los residuos de cultivo, la ineficiente utilización del agua de riego, la contaminación por nitratos, etc. son actualmente fuente de preocupación, por lo que en escenarios de mayor variabilidad estacional e interanual, o de mayor déficit hídrico, seguirían siendo líneas estratégicas de actuación.

Los seguros agrarios en España pueden ser unos de los pilares de la sostenibilidad de determinados sistemas agrícolas en zonas con impacto negativo por el cambio climático.

10.9.2. Ordenación del territorio

La delimitación de grandes zonas de impacto, tanto positivo como negativo, del cambio climático sería básica para la planificación hidrológica y de otros recursos. La productividad de los diferentes sistemas agrícolas y sistemas de cultivos, en cada una de estas zonas, facilitaría el establecimiento de propuestas de actuación.

10.9.3. Optimización del uso de agua. Gestión de los recursos hídricos

Dado que la Península Ibérica y en concreto España, está por un lado en un área de transición entre clima subtropical y mediterráneo, y por otro, en los análisis previos del IPCC (2001a),

aparecen zonas afectadas de manera diferente, la gestión del agua será uno de los asuntos más complejos a tratar. La gestión del reparto de agua entre los sectores en competencia, debería dar prioridad, entre otras consideraciones fundamentalmente económicas y sociales, a los sistemas que mejor optimicen el uso del agua, medido como eficiencia en el uso del agua de lluvia o de riego. En el establecimiento de las transacciones de agua deberán incorporarse al análisis conceptos como el de sostenibilidad, productividad, estabilidad y equidad de los sistemas, todos ellos cuantificables.

10.9.4. Cambios en el manejo de los animales

El efecto del cambio climático en las explotaciones ganaderas tiene la particularidad de coincidir con la tendencia indicada hacia la intensificación de los distintos sistemas ganaderos. En estos sistemas, cada vez más intensificados, es donde la repercusión económica de las variaciones originadas por el cambio climático son más importantes ya que supondrán una reducción de los rendimientos productivos y un incremento de las inversiones para contrarrestar este efecto. Un cambio hacia sistemas extensivos permitiría una mayor capacidad de reacción ante los cambios pero el limitante que supone el factor humano (mano de obra de las explotaciones) en la actualidad hace muy difícil esta reversión de los sistemas ganaderos.

10.10. PRINCIPALES NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN

Es necesario resaltar que la toma de decisiones para paliar el efecto del cambio climático, será un proceso secuencial bajo un entorno de incertidumbres (IPCC 2001b). Estas incertidumbres se están cuantificando y están disminuyendo conforme las investigaciones avanzan.

10.10.1. Los modelos de simulación como herramientas para evaluación de impactos. Conexión con modelos regionales de clima de alta resolución.

La metodología a aplicar se está generando actualmente en el proyecto de investigación dentro del V Programa Marco de la EU (PRUDENCE: *Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining European Climate change Risks and Effects*, EVK2-2001-00156).

10.10.2. Generación de mapas de impacto y propuesta de indicadores para diseño de estrategias

La productividad de los cultivos es uno de los indicadores más importantes al representar la integral de los efectos de factores ambientales soportados a lo largo del crecimiento y desarrollo de éstos. La(s) productividad(es) respecto a la superficie utilizada (rendimiento), respecto a ET (EUA), respecto a la cantidad de agua de riego (EUI) son cuantificables y han plasmado a lo largo de los años los cambios tecnológicos.

El impacto del cambio climático deberá plasmarse con indicadores de este tipo y en mapas en los que los diferentes tipos de suelos y principales cultivos o plantaciones estén representados, facilitándose el análisis económico.

10.10.3. Previsión de cambios en los consumos de agua en secano y regadío. Efecto sobre Plan Nacional de Regadíos y Plan Hidrológico Nacional.

Como se planteó en el apartado 10.4.2, la traslación de las previsiones de variación en las precipitaciones, al suministro de agua que dispondrán los cultivos, en particular los hortofrutícolas es difícil pero abordable. La disponibilidad de agua para las plantaciones

frutales, los olivares y viñas es uno de los temas cruciales a estudiar, también en conexión con los otros sectores involucrados en el presente proyecto. Un paso fundamental es la estimación de las necesidades de agua o ET de los cultivos en clima futuro.

El mayor conocimiento de las respuestas de los cultivos al cambio de concentración del CO₂, la mejora de la simulación de cultivos y de impactos, las bases de datos que se generan actualmente, permite generar los mapas de impactos que acotarían las zonas agrícolas y las tendencias de los cambios.

Estos Planes se pueden considerar como futuras normas colectivas que potencien las innovaciones necesarias para las adaptaciones tal y como se presenta de manera genérica en IPCC (2001b).

10.10.4. Estrategias para la conservación de recursos base

Dada la extensión de los sistemas de secano y de los sistemas de baja productividad se recomienda incluirlos en los estudios de impacto. La calidad de los suelos está directamente relacionada con la capacidad de retención de agua por el suelo, el retorno de los residuos de cosecha al suelo, el mantenimiento de cubiertas en las plantaciones, las tasas de mineralización de materia orgánica, etc. y, todos estos factores se ven afectados por las técnicas de manejo adoptadas por el agricultor.

Se plantearía el establecimiento de grandes líneas de actuación para los diferentes sistemas de cultivos, como unas “Buenas Prácticas Agrícolas” (*Good Agricultural Practices* según la FAO).

10.10.5. Efecto de los años extremos, previsión y adaptaciones

Una evaluación del impacto de los años extremos por la metodología descrita anteriormente, sería la base del análisis económico necesario para optar por la estrategia de mitigación adecuada en el contexto de las necesidades de desarrollo, de sostenibilidad y de equidad (IPCC 2001 a y b).

10.10.6. Respuesta animal (ingestión y bienestar) y capacidad de adaptación a cambios climáticos.

La investigación necesaria para poder predecir con fiabilidad el efecto del cambio climático pasaría por conocer el efecto de las variaciones de temperatura, humedad, etc. sobre la capacidad de ingestión y los parámetros indicativos de bienestar animal y, en consecuencia, sobre la respuesta animal y la calidad de los productos obtenidos en estas condiciones. Con esta información y la ya disponible de experiencias previas sería posible la construcción de modelos dinámicos indicados en el apartado 10.8.3.

10.10.7. Evaluación económica de la repercusión productiva del cambio climático.

La evaluación económica de la repercusión en la productividad y en la implementación de adaptaciones se debe basar en la cuantificación de indicadores propuestos no sólo por este sector agrario sino también por los más relacionados en la actualidad, como por ejemplo: recursos hídricos, recursos edáficos, sector de seguros, sector forestal.

Esto implicará un análisis más completo que el de coste-beneficio, siendo recomendable un análisis multicriterio, aplicando técnicas de programación compromiso.

10.11. BIBLIOGRAFÍA

- Almería de la Merced S. 1994. Influencia de los factores raciales, medio-ambientales y de manejo en la epidemiología de la gastroenteritis parasitaria bovina en sistemas extensivos de montaña. Descripción de la hipobiosis larvaria. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza.
- Díaz-Ambrona C.H. y Mínguez M.I. 2001. Cereal-legume rotations in a Mediterranean environment: Biomass and Yield Production. *Field Crops Research* 70: 139-151.
- Estrada-Peña A. 2001. Distribution, abundance, and habitat preferences of *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae) in northern Spain. *Journal of Medical Entomology* 38: 361-370.
- Estrada-Peña A. (en prensa). An approach to the dynamics of tick populations under the graph theory. *Landscape Ecology*.
- 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.
- Gray J. 1982. The development and questing activity of *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae) under field conditions in Ireland. *Bulletin of Entomological Research* 72: 263-270.
- 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 nº 59.Ch. 13. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin. Pgs. 259-273.
- IPCC 1997. The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability. IPCC Special Report. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC 2001a. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. A Report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers.
- IPCC 2001b. Mitigation. A Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers.
- Jones C.A., Kiniry (eds.) 1986. CERES-Maize: A Simulation model of Maize Growth and Development. Texas A & M University Press. College Station, TX. 194 pgs.
- Lindgren E. 1998. Climate and tickborne encephalitis. *Conservation Ecology* 2: 1-14.
- MAPYA, 2003. Estadísticas agrarias.
<http://www.mapya.es/es/agricultura/pags/hechosydatos/cifras.htm>
- 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., Guereña A., Díaz-Ambrona C.G. y Ruiz-Ramos M. 1998. Impacto en el consumo de agua de los regadíos españoles asociado al cambio climático previsible. CEDEX: P97-0260-329
- Mínguez M.I., Guereña A., Díaz-Ambrona C.G. y Ruiz-Ramos M. 1998. Aplicación de los modelos regionales de clima a la predicción de los posibles efectos del cambio climático en las dotaciones de riego. CEDEX: P97-0260-329B.
- Otter-Nacke, S.J., Ritchie, T., Godwin, D. y Singh, U., 1991. A User's Guide to CERES Barley v. 2.10. International Fertilizer Development Center, Muscle Shoals, A.L.
- PRUDENCE: Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining European Climate change Risks and Effects (EVK2-2001-00156).
- Randolph S.E., Green R.M., Hoodless A.N. y Peacey M.F. 2002. An empirical quantitative framework for the seasonal population dynamics of the tick *Ixodes ricinus*. *International Journal of Parasitology* 32: 979-989.

- Randolph S.E., Miklisova D., Lysy J., Rogers D.J. y Labuda M. 1999. Incidence from coincidence: patterns of ticks infestations on rodents facilitate transmission of tick-borne encephalitis virus. *Parasitology* 118: 177-186.
- Reilly, J., Tubiello, F.N., McCarl, B. y Melillo, J. 2001. Impacts of climate change and variability on agriculture. In : US National Assessment Foundation Document. National Assessment Team, US Global Change Research Program. Washington DC.
- Ritchie J.T. y Otter S. 1985. Description and performance of CERES-wheat: A user orientated Wheat Yield Model. USDA-ARS, ARS-38. Pgs. 159-175.
- Rodriguez D., Ewert F., Goudriaan J., Manderscheid R., Burkart S., Mitchell R.A.C y Weigel H.J. 2001. Modeling the response of wheat canopy assimilation to atmospheric CO₂ concentrations. *New Phytologist* 150: 337-346.
- Rosenzweig C. y Hillel D. 1998. Climate Change and the Global harvest. Oxford University Press, UK.
- Serrano E., Lavín P. y Mantecón A.R. 2002. Caracterización de los sistemas de producción de ganado vacuno de carne de la montaña de León. Valles del Esla, S.A. León (España).
- Soulsby E.J.L. 1982. Helminths, Arthropods and protozoa of domesticated animals. Tea & Febiger Publishers, Philadelphia, USA.
- Stöckle C.O. y Nelson R. 1994. Cropping Systems Simulation Model, User's Online Manual. Washington State University.
- Soulsby, E.J.L. 1982. Helminths, Arthropods and protozoa of domesticated animals. Tea & Febiger Publishers, Philadelphia, USA.
- Tsuji G.Y., Uehara G. y Balas S. (eds). 1994. DSSAt v3, University of Hawaii, Honolulu, Hawaii.

