CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático

Andalucía se mueve con Europa

Sector Ganadero

Unión Europea

Fondo Europeo de Desarrollo Regional

JUNTA DE ANDALUCIA

Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático

Sector Ganadería

Edita:
Consejería de Medio Ambiente, 2012

Consejero de Medio Ambiente:
José Juan Díaz Trillo

Director General de Cambio Climático y Medio Ambiente Urbano:
José Fiscal López

Dirección facultativa:
Miguel Méndez Jiménez

Equipo de trabajo:

Consejería de Medio Ambiente
Miguel Méndez Jiménez
Rafael Barba Salcedo

Agencia de Medio Ambiente y Agua
Carlos Juan Ceacero Ruiz
Eduardo Navarrete Mazariegos
Francisco Manuel Jiménez Brenes
Susana Álvarez Peláez
Ana Isabel Mesas Robles
Jorge Soria Tonda

Fotografías:
Angel Hernández Gómez: portada
José Fernando Maifrén: 15
Luana Fischer Ferreira: 25
Mónica Liger González: 90
No autor: 6, 28, 29, 31, 32, 34, 46, 54, 86, 95, 130

Diseño gráfico y maquetación:
Carlos Manzano Arrondo

Índice

1. Objeto **4**

2. Introducción **7**

3. Objetivos, alcance y limitaciones **10**

4. Metodología **16**

5. Análisis de los escenarios regionalizados de cambio climático **19**

5.1. Temperaturas medias de las máximas y mínimas anuales y precipitación anual 19
5.2. Aumento de temperaturas y variación de la precipitación en 2050 respecto a 1961-90 ... 23

6. Caracterización del sector ganadero en Andalucía **26**

6.1. Características generales 26
6.2. Evolución de la cabaña ganadera 43
6.3. Conclusión caracterización 45

7. Evaluación de la vulnerabilidad **47**

7.1. Análisis de vulnerabilidad asociado a la variación del clima medio 47
7.2. Estrés térmico, bienestar animal y producción ganadera. Revisión bibliográfica 48
7.3. Evaluación de la vulnerabilidad de la cabaña ganadera andaluza 85

8. Identificación y valoración de impactos **96**

8.1. Impactos 96
8.2. Valoración y evaluación de impactos 97

9. Opciones y medidas de adaptación **100**

9.1. Introducción 100
9.2. Principales medidas y opciones adaptativas 101
9.3. Líneas de investigación prioritarias 109

10. Anejo 1: Cartografía **111**

11. Anejo 2: Documentación complementaria **124**

12. Anejo 3: Escenarios regionalizados de Cambio Climático; conceptos básicos **129**

14. Bibliografía **131**

1 Objeto

Tal y como recoge el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPPC) en su Cuarto Informe de Evaluación (IPPC, 2007), el calentamiento del sistema climático a nivel global es inequívoco, habiéndose registrado un incremento de la temperatura de la superficie terrestre de 0,74ºC en los últimos 100 años. Otros cambios observados y asociados con alta incertidumbre al cambio climático son el aumento del promedio mundial del nivel del mar y la fusión generalizada de hielos y nieves. Así mismo, observaciones efectuadas en todos los continentes, y en la mayoría de los océanos, evidencian que numerosos sistemas naturales están siendo afectados por cambios del clima regional, particularmente por un aumento de la temperatura.

El objetivo del Diagnóstico Copenhague (IPPC, 2009) es sintetizar las publicaciones más relevantes relativas al cambio climático desde el cierre de recepción del material para el Quinto Informe de Evaluación del IPPC. Sirve como documento de evaluación continua del estado del arte de la ciencia climática y es la guía de referencia de la actualidad científica relativa a la instauración de un mecanismo de control de las emisiones que reemplace al Protocolo de Kyoto en 2012. Los hallazgos recientes más importantes respecto del cambio Climático recogidos en el Diagnóstico Copenhague son:

- Las emisiones mundiales de dióxido de carbono provenientes de combustibles fósiles fueron casi un 40% más altas que en 1990. El aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero incrementa el forzamiento radiativo y determina que, a causa de la inercia del sistema climático, aunque las tasas de emisiones globales se estabilicen a los niveles actuales, en sólo 20 años más de emisiones habría un 25% de probabilidad de que, aun con cero emisiones después de 2030, el calentamiento exceda los 2ºC por encima de los valores preindustriales, umbral definido por la Unión Europea (Comisión de las Comunidades Europeas, 2007) como punto de inflexión para que no se desencadenen cambios peligrosos en el clima.

- Las recientes temperaturas globales indican calentamiento debido a las actividades humanas: en los últimos 25 años las temperaturas han aumentado a una tasa de 0,19ºC por década. Las fluctuaciones naturales a corto plazo siguen ocurriendo como siempre, pero no ha habido cambios significativos en la tendencia subyacente al calentamiento.

- Un amplio despliegue de mediciones del hielo y satelitales prueba ahora, sin duda alguna, que tanto las capas de hielo de Groenlandia como la de los polos están perdiendo volumen a ritmo acrecentado. El derretimiento de glaciares y casquetes de hielo en otras partes del mundo también ha aumentado desde 1990.

- El derretimiento estival del hielo marino del Ártico se ha acelerado, superando considerablemente los pronósticos de los modelos climáticos. La zona de derretimiento del hielo marino en 2007-2009 fue un 40% mayor que la predicción promedio de los modelos climáticos del IPPC AR4 (IPPC, 2007).

- Los satélites muestran un aumento mundial del nivel del mar (3,4 mm/año en los últimos 15 años) del 80% por encima de las predicciones del IPPC del pasado. Este aumento en el nivel del mar concuerda con la duplicación de la contribución debida a la fundición de los glaciares, casquetes polares y capas de hielo de la Antártida Occidental. Así, hacia el 2100, el nivel del mar promedio probablemente se eleve a por lo menos el doble de lo pronosticado por el IPPC en el AR4 que, para emisiones

no atenuadas, podría bien superar el metro. El límite superior de aumento del nivel del mar para el 2100 se ha estimado en dos metros. El nivel del mar continuará aumentando durante siglos después de estabilizadas las temperaturas globales.

- Muchos elementos vulnerables del sistema climático (las capas de hielo continentales, la selva amazónica, los monzones de África Occidental, etc.) podrían ser forzados a un cambio abrupto e irreversible si el calentamiento continúa como lo ha hecho hasta ahora durante este siglo. La probabilidad de rebasar umbrales críticos aumenta considerablemente con el cambio climático actual. Por consiguiente, seguir esperando una mayor prueba científica podría dar lugar a que algunos puntos críticos se superen antes de que se los reconozca, es decir, la demora en la acción expone a un daño irreversible.

- Si el calentamiento global se limita a un máximo de 2ºC, las emisiones globales deberán alcanzar su nivel pico entre 2015 y 2020, para luego declinar rápidamente. Para estabilizar el clima, una sociedad mundial descarbonatada –con emisiones de CO_2 y otros gases de efecto invernadero perdurables cercanas a cero– deberá alcanzar estos valores durante este siglo. Más específicamente, las emisiones promedio anuales per cápita deberán reducirse considerablemente, a menos de una tonelada métrica de CO_2 para el 2050. Se trata de un 80 - 95% por debajo de las emisiones per cápita de los países desarrollados en el año 2000.

En el Cuarto Informe de Evaluación se indica que la mayor parte del aumento observado del promedio mundial de temperatura desde mediados del siglo XX se debe en su mayor parte, muy probablemente, al aumento observado de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) originados por las actividades humanas, principalmente debido a la utilización de combustibles fósiles, los cambios de uso de la tierra y a la agricultura y a la ganadería. En el caso del sector agrario, las principales fuentes de GEI son las emisiones de óxidos de nitrógeno procedentes del suelo, principalmente por uso de abonos nitrogenados; las emisiones de metano procedentes de las fermentaciones entéricas del ganado y de los arrozales; y las emisiones, tanto de óxidos de nitrógeno como de metano, procedentes de la gestión de estiércol.

Con estas fuentes emisoras, la agricultura y ganadería andaluzas representan conjuntamente el 8% del total de emisiones de GEI de Andalucía (Consejería de Agricultura y Pesca, 2009), un porcentaje de participación bajo si se compara con el 11% que da el Ministerio para el sector agrario en el contexto nacional y el peso del 20% que da el IPPC para el sector agrario mundial.

Es un hecho fehaciente el que las distintas sociedades han tenido que hacer frente desde muy antiguo a los impactos de los fenómenos relacionados con el tiempo y el clima. No obstante, se necesitarán medidas de adaptación adicionales para reducir los impactos adversos del cambio y variabilidad proyectados del clima, con independencia del volumen de medidas de mitigación que se adopten en los próximos años. Además, la vulnerabilidad al cambio climático puede resultar exacerbada por otros factores de estrés como la pérdida de biodiversidad, la contaminación de los suelos y las aguas, etc.

La creciente evidencia internacional acerca de los efectos de la actividad humana sobre las modificaciones del clima ha llevado a los gobiernos a implementar políticas de mitigación

y adaptación de la actividad económica productiva. El gobierno de la Junta de Andalucía ha definido su política en la materia a través de la **Estrategia Andaluza ante el Cambio Climático** (Consejería de Medio Ambiente, 2002), antes que lo hiciese ninguna otra Comunidad Autónoma o incluso de que el Gobierno central elaborase la suya propia (2007).

La Estrategia tenía, entre otros objetivos, el incremento del nivel de conocimiento disponible sobre el cambio climático en Andalucía, la adaptación de nuestras normas legislativas de la temática climática a la europea y española, al mismo tiempo que fomentar una mayor coordinación interadministrativa.

Por otro lado, había otros objetivos más prácticos, como el estudio de los impactos del cambio climático en los distintos sectores socioeconómicos y productivos andaluces y la formulación de políticas sobre la reducción de emisiones de GEI a la atmósfera.

Para completar el marco legislativo iniciado con la Estrategia y hacerla posible, la Junta de Andalucía desarrolló el **Plan de Acción por el Clima**, que, entre otras cosas, muestra la relación estrecha entre el sector ganadero y el cambio climático.

El Plan integra tres programas de trabajo: el de **Mitigación (2007-2012)** (Consejería de Medio Ambiente, 2007a), aprobado en 2007 y orientado a la reducción de emisiones GEI en el ámbito de las competencias de la Junta de Andalucía; el de **Adaptación** (Consejería de Medio Ambiente, 2010), aprobado en 2010; y el de **Comunicación**, cuyo objetivo es la difusión del Plan, fomentando la participación activa de la sociedad en la aplicación de las medidas contempladas en el mismo.

El presente estudio forma parte de los análisis sectoriales realizados en el marco del Programa de Adaptación, siendo su objetivo principal la realización de una evaluación preliminar de los efectos potenciales del cambio climático en el sector de la ganadería andaluza, y en cómo reconvertir esa influencia, en principio adversa, en una oportunidad de aplicar nuevas modalidades de gestión o de negocio.

2 Introducción

La Unión Europea, con el objetivo general de conservar, proteger y mejorar la calidad del medio ambiente, aprobó en 1992 una **Directiva relativa a la Conservación de los Hábitats Naturales y de la Fauna y Flora Silvestres**, considerando como uno de los hábitats a proteger los bosques esclerófilos para pastoreo, siendo uno de los más representativos de ellos la dehesa.

Al valor ya reconocido de la dehesa como formación vegetal a proteger, se añadió su valor paisajístico también por la UE en 2000, en el **Convenio Europeo del Paisaje**, que fomentaba la gestión, ordenación y protección de los paisajes sobresalientes como el que nos ocupa.

Poco después, la UNESCO, en 2002, declaró como Reserva de la Biosfera a las Dehesas de Sierra Morena, reconociendo así sus altos valores ambientales, ecológicos y agrarios, al tiempo que culturales y sociales. Y es que la dehesa es el hábitat por excelencia en el que el hombre convive armónicamente con el medio ambiente, conformando por ello un paisaje humanizado, que ha devenido a lo largo del tiempo en un agrosistema mixto y agrosilvopastoral, definidos por entornos arbolados abiertos, entre los que habita una ganadería extensiva de pastoreo.

A nivel estatal, en 2005, la Oficina Española de Cambio Climático y la Universidad de Castilla La Mancha elaboraron el Proyecto ECCE "Efectos del Cambio Climático en España", que analizaba la influencia predecible de la variabilidad climática en los distintos sectores, entre ellos el agrario, incluyendo la ganadería (capítulo 10), derivando en una **Evaluación Preliminar General de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático**.

Respecto a los efectos del cambio climático en la ganadería, éstos son complejos por la propia diversidad de los sistemas ganaderos, aunque se estima como muy previsible que los altos incrementos de la temperatura repercutirán negativamente en la ingesta y en el tiempo disponible para el pastoreo, así como que se desarrollarán procesos parasitarios e infecciosos cuya etiología estará muy relacionada con los cambios en el clima. Por lo tanto, el pastoreo necesitará adaptarse a la nueva situación, así como una manera de prevenir las patologías infecciosas guardará relación con el control del carácter autóctono del ganado y el control de vectores.

La Junta de Andalucía, consciente de la importancia de estos ecosistemas singulares, y tan característicos de nuestra región, promovió en 2005 el Pacto Andaluz por la Dehesa, que supuso un amplio consenso de la sociedad andaluza en torno a los valores ecológicos, socioeconómicos y culturales de nuestras dehesas, y un firme compromiso de toda ella de evitar su desaparición, gestionando sosteniblemente la realidad multifuncional que representan.

La consecuencia más inmediata del Pacto fue la aprobación por el Parlamento andaluz de la **Ley de la Dehesa de Andalucía** en 2010, llamada a convertirse en la norma básica de conservación, posibilitando su viabilidad económica, haciendo posible que se gestione de manera integral y sostenible, teniendo muy en cuenta su característica de identidad agrosilvopastoral, con el predominio neto de la ganadería.

Esta acentuación de la vertiente ganadera hizo que, entre los motivos que justificaba el Pacto a ojos de los agentes socioeconómicos que lo hicieron posible, estaba el hecho de reconocer como valor propio de Andalucía el proteger y promover una ganadería extensiva autóctona, así como uno de los fines de la Ley era el de preservar el patrimonio genético animal, además del vegetal, lo que ayudará a la conservación de ese carácter autóctono de la ganadería que pasta en la dehesa.

La Ley contempla un *Plan Director de las Dehesas de Andalucía*, que se constituye en el instrumento de planificación general de las mismas, a elaborar por las Consejerías de Medio Ambiente y Agricultura y Pesca, con una vigencia de veinte años, y revisiones cada cinco. Igualmente, en la Ley se aborda también la necesidad de elaborar Planes de Gestión Integral, que ordenen la explotación de las dehesas de manera integral, y de manera especial la producción ganadera, además, lógicamente, de otros aprovechamientos cinegéticos, agrícolas o forestales.

En esa línea de gestión integrada de la producción ganadera, y de conservar el carácter autónomo de la ganadería, el gobierno andaluz aprobó en 2011 la **Ley de la Calidad Agroalimentaria y Pesquera de Andalucía**, que, entre otros objetivos, regula la denominación de calidad de los productos agroalimentarios y pesqueros de la región, para garantizar su origen y calidad, defendiendo, a su vez, los derechos de los agentes económicos que intervienen en todo el proceso de producción y comercialización de los productos, así como los de los consumidores. Se trataría, en definitiva, de fomentar la calidad de los productos agroalimentarios y pesqueros, exigiendo en paralelo la información de su trazabilidad.

Esta promoción de la calidad agroalimentaria adquiere un valor especial en el caso de la ganadería, con la caracterización de una calidad diferenciada expresada en la llamada "producción ecológica", con una gestión de la producción ganadera basada en sistemas que utilizan los recursos naturales propios, teniendo muy en cuenta la situación sanitaria, las diferencias regionales climáticas y las prácticas de explotaciones ganaderas autóctonas y específicas de cada ámbito territorial, muy en consonancia con el objetivo de la Ley de la Dehesa de conservar el carácter propio de la ganadería andaluza.

El **Programa de Desarrollo Rural de Andalucía 2007-2013 (PDRA)**, aprobado por el Gobierno andaluz, nació con el objetivo de conseguir el desarrollo sostenible de las zonas rurales andaluzas, al mismo tiempo que para mejorar las condiciones de vida de las poblaciones que habitan y trabajan en ellas. En definitiva, se trataría de aumentar la competitividad de la agricultura, la ganadería y la silvicultura, mejorando las condiciones de vida de las poblaciones autóctonas, generando, a su vez, el mayor número de empleo.

Para cumplir estos objetivos, el PDRA contempla una serie de medidas, algunas de las cuales guardan una vinculación más directa con la atenuación o adaptación al cambio climático en el sector ganadero, destacando en este sentido la 121, *Modernización de explotaciones agrícolas*, que incluye acciones que promuevan las mejores tecnologías disponibles para el sector agrícola y ganadero, entre las que se prestará especial atención a las inversiones que pretendan una reducción neta de CO_2, adicionalmente a las que se adopten en el marco de programas de reestructuración. Este objetivo se podrá conseguir mediante la renovación de la maquinaria, tanto de uso agrícola como ganadero, la incorporación de tecnología más eficiente desde el punto de vista energético y económico, el apoyo específico en la adquisición en común de maquinaria y la incorporación de nuevas tecnologías en las explotaciones ganaderas para el aumento de las condiciones de calidad y seguridad alimentaria.

También se podrán incluir acciones que mejoren la sostenibilidad del sector agrícola y ganadero fomentando la agricultura de conservación y los sistemas de cultivos que aumenten la materia orgánica en el suelo, como, por ejemplo, la rotación con leguminosas y las que pretendan la mejora de la gestión de residuos agrarios, la reducción de su generación y el impulso de su aprovechamiento como recurso.

Igualmente, incluye inversiones encaminadas a la reducción de las fuentes de contaminación difusa, que fomenten sistemas de precisión, que permitan la adaptación de las explotaciones andaluzas al cambio climático, así como la conservación de los elementos estructurales singulares del paisaje agrario.

Las inversiones deberán suponer una innovación tecnológica, una mejora de la ordenación del territorio o una mejora de la sostenibilidad de las explotaciones o la introducción de producciones innovadoras, con respecto de la situación inicial de la explotación.

Las ayudas se destinarán a las inversiones tangibles e intangibles, que permitan desarrollar las acciones enunciadas en el apartado "Acciones", así como cumplir con los objetivos referidos a la mejora del rendimiento global de las explotaciones agrarias.

En concreto, podrán financiarse:

- Construcción de nuevas instalaciones de acuerdo con las nuevas tecnologías disponibles.

- Otras actuaciones de mejora y modernización encaminadas a proteger la salud pública y el bienestar social y animal, además de proteger el medioambiente.

- Obras de construcción y mejora de las estructuras de la explotación agraria.

- Inversiones en equipamiento y maquinaria.

Aparte de esta medida, hay otras en cuyo desarrollo tiene cabida incluir específicamente actuaciones ligadas al cambio climático:

Medida 111: *Formación, información y difusión del conocimiento*, entre cuyos objetivos está mejorar el conocimiento medioambiental de los propietarios y trabajadores del sector agrario y forestal, mediante ayudas a la transferencia de conocimiento y acciones formativas.

Medida 115: *Establecimiento de sistemas de gestión, sustitución y asesoramiento agrario, así como de servicios de asesoramiento forestal*, entre cuyos objetivos podrá estar mejorar el manejo sostenible de las explotaciones agrícolas, ganaderas y forestales, así como la mejora de las condiciones de producción y sanitarias de las mismas y prestar asesoramientos específicos, incluidos, entre otros, los dirigidos a la gestión y uso sostenible de los medios de producción empleados en las explotaciones agrícolas y ganaderas, como sistemas de agricultura ecológica o los que permiten una gestión más sostenible del agua de riego.

Medida 124: *Cooperación para el desarrollo de nuevos procesos y tecnologías.*

Medida 125: *Infraestructuras relacionadas con el desarrollo y adaptación de la agricultura y la silvicultura*, que pueden incluir las actuaciones destinadas a mejorar el impacto ambiental de los residuos generados en las explotaciones agrícolas y ganaderas, incentivando su gestión y conversión en materias aprovechables por las explotaciones agrícolas y ganaderas, especialmente en las explotaciones ecológicas.

Medida 214: *Ayudas agroambientales*, específicamente las submedidas 4 (ganadería ecológica) y 8 (gestión sostenible de las dehesas).

3 Objetivos, alcance y limitaciones

Como acabamos de ver, el cambio climático generará importantes impactos ambientales en la ganadería andaluza (Duarte, 2006; AIACC, 2006), al tiempo que, como se deriva del informe Stern (2006), en la economía andaluza; es por ello que, cuanto antes se oriente la política ambiental hacia una rápida adaptación, más barato resultará en términos monetarios asumir las nuevas condiciones ambientales en el futuro.

Estas consideraciones van a definir los objetivos del presente trabajo. Así, se pretende contribuir al estudio de los impactos del cambio climático sobre el sistema ganadero en Andalucía, a fin de identificar herramientas que permitan paliar dichos efectos en un contexto climático cambiante. El objetivo último será asegurar el bienestar animal, la productividad ganadera y la conservación de los ecosistemas asociados, de modo que en el futuro puedan seguir produciendo de manera sostenible bienes y servicios para la sociedad andaluza (EME, 2005).

Es muy importante señalar que este trabajo de identificación de pautas para la adaptación debe considerarse como el inicio de un proceso iterativo y continuo, que sea capaz de incorporar el conocimiento científico y técnico futuro. Sólo de esta manera será posible ir ajustando las medidas de adaptación a las necesidades reales de los sistemas ganaderos de Andalucía.

Concretamente, los objetivos generales del estudio son:

- Evaluar los posibles impactos asociados al cambio climático sobre las principales especies ganaderas en Andalucía, lo que implica conocer la sensibilidad de las mismas frente a dichos cambios, y determinar el nivel de exposición al que se ven sometidas en función del clima previsto en el futuro.

- Realizar una propuesta de medidas adaptativas que permitan hacer frente a estos impactos, ayudando a reducir los daños y aprovechando las oportunidades que se puedan originar en el nuevo contexto climático, en el marco temporal más propicio.

En líneas generales, los resultados de este trabajo deben servir de base para la definición de las estrategias de adaptación aplicables a este sector de actividad, así como impulsar la investigación relativa a la determinación de las relaciones de causa y efecto entre bienestar animal, ganadera y cambio climático.

El alcance del presente trabajo viene dado por la complejidad de las implicaciones del cambio climático sobre la ganadería, por la diversidad de los sistemas ganaderos, en los que los impactos de las mismas variaciones climáticas pueden tener distintos resultados. No obstante, a pesar de esta diversidad, se pretende aunar el efecto del cambio climático en parámetros comunes a todos ellos, tratando de establecer algunas peculiaridades de los sistemas intensivos (explotaciones donde las condiciones ambientales pueden ser mucho más controladas) y los extensivos (explotaciones dependientes de los recursos vegetales disponibles, 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.

A tenor de lo expresado, la evaluación de los efectos del cambio climático sobre la ganadería andaluza se ha orientado hacia el análisis del bienestar animal y de la ingestión, entendiendo por ello el estado de salud de las distintas especies animales en relación con las condiciones climáticas, en primer lugar, y lo relacionado con la disponibilidad de recursos alimenticios, en segundo.

El efecto del clima en el bienestar y en la producción animal se estudia desde no hace muchos años, si bien se han logrado importantes avances en el entendimiento de los aspectos fisiológicos y del comportamiento animal bajo condiciones termoneutrales y de estés climático. Así, en este trabajo se analizará el comportamiento de las distintas especies animales respecto del incremento térmico asociado al cambio climático.

Por otro lado, el cambio climático, caracterizado entre otras cosas por una alteración del patrón de precipitaciones, afectará a priori a la disponibilidad de recursos forrajeros a lo largo del año, lo cual es una variable fundamental para conocer el potencial económico y la rentabilidad de las explotaciones ganaderas. En este sentido, un cambio en la distribución de las precipitaciones o períodos prolongados de sequía en las zonas de pastoreo, llevarían a una menor cantidad de pasto y a una reducción en el tiempo de aprovechamiento potencial.

En base a estos objetivos y planteamientos generales, se ha estructurado el presente trabajo, que parte de unos capítulos introductorios que dan cuenta de las políticas contra el cambio climático emprendidas por la Junta de Andalucía, encuadradas también en el contexto nacional e internacional, y este propio capítulo sobre los objetivos, alcance y limitaciones del estudio.

Otro capítulo preliminar sería el dedicado a la metodología, que ha seguido los criterios establecidos por los distintos planes y estrategias de los principales organismos nacionales e internacionales en materia de Adaptación al Cambio Climático: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), Oficina Española de Cambio Climático, Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, etc., así como por los artículos científicos más relevantes y actuales.

La herramienta principal empleada para el análisis de la vulnerabilidad es un Sistema de Información Geográfica (SIG), debido a la utilidad que presentan este tipo de instrumentos en cualquier proceso con una componente espacial muy marcada. Además, al tratarse de programas que posibilitan la integración de bases de datos numéricas e información espacial asociada, permiten la obtención de resultados fiables para cada punto del territorio y la adecuación de la planificación ganadera en función de dichos resultados.

Tras la metodología abordaremos el **análisis de los escenarios regionalizados del cambio climático**, considerando como clima de referencia el correspondiente al período 1961-1990 y como año objetivo el 2050, bajo dos de los escenarios del IPCC: A2 y B2. En los Anejos 1 (cartografía climática) y 3 (escenarios regionalizados de cambio climático) se recogen los resultados del trabajo de regionalización para Andalucía.

Se ha llevado a cabo la elaboración de una cartografía climática que expresa los principales cambios modelizados para las variables de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima, en términos comparativos, para el período de referencia y el año 2050 bajo el escenario de emisiones A2 y B2. Para el período de referencia se han empleado los datos del

estudio “Generación de Escenarios Regionalizados de Cambio Climático para España”, de la Agencia Estatal de Meteorología (Brunet *et al.*, 2009). Los datos climáticos modelizados para el año 2050, bajo ambos escenarios de emisiones, son tratados del mismo modo que los de la serie de valores climatológicos normales 1961-90; a partir de los mismos se realiza un análisis comparativo. En este caso, los datos regionalizados de cambio climático proceden de las modelizaciones realizadas por la Consejería de Medio Ambiente en el marco del estudio *Generación de Escenarios de Cambio Climático en Andalucía*, realizado por la Fundación para la Investigación del Clima (FIC, 2006).

Los resultados obtenidos comprenden variables climáticas de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima bajo los escenarios de emisiones A2, B2 y el Modelo de Circulación General (MCGs) ECHAM4. La metodología planteada por la FIC para la obtención de escenarios climáticos para el siglo XXI en Andalucía se basa en la utilización del método de downscaling estadístico. Con los datos de las estaciones meteorológicas que integran la red de Andalucía se generaron los escenarios a partir de las salidas de los MCGs para el siglo XXI, obteniéndose escenarios climáticos en Andalucía para precipitación acumulada en 24 horas, temperatura máxima diaria y temperatura mínima diaria.

En el Anejo 3 se incluye una explicación sencilla de los escenarios de cambio climático, donde se describen las principales características de los mismos, su utilidad y la metodología de trabajo.

Puesto que los datos corresponden con observaciones puntuales de las estaciones meteorológicas, se opta por la aplicación de métodos geoestadísticos de Kriging para la obtención de mapas de superficie que interpolen los datos puntuales a todo el territorio. Los Sistemas de Información Geográfica son el instrumento que permite la obtención de información geográfica climática en cada punto del territorio.

Tras los escenarios regionalizados del cambio climático, haríamos una **caracterización del sector ganadero en Andalucía**, de gran incidencia en nuestra región, con el fin de profundizar en el conocimiento de su estructura territorial referida a la ganadería. Para ello se procedería a una identificación y descripción de la cabaña ganadera y sus producciones desde una óptica territorial y económica. La pretensión es identificar los sistemas y especies ganaderas más importantes y de mayor peso económico en la región, de manera que se puedan establecer prioridades en la evaluación de impactos.

Para llevar a cabo la caracterización se hará un tratamiento estadístico de los datos extraídos del Anuario de Estadísticas Agrarias y Pesqueras de Andalucía (Consejería de Agricultura y Pesca, 2006), unido al análisis de la información de distribución de las explotaciones ganaderas, procedente de los estudios de caracterización sectoriales elaborados por la misma Consejería, que a su vez procede del Sistema Integrado de Gestión Ganadera (SIGGAN), que proporciona información sobre la ubicación geográfica de las explotaciones ganaderas, la orientación de cada explotación (leche o carne) y el número de cabezas de ganado existentes en las mismas.

A continuación de la caracterización haríamos una **evaluación de la vulnerabilidad**, cuyo objetivo sería conocer en qué medida los cambios en las variables de temperatura y precipitación pueden afectar a los diferentes sistemas ganaderos de Andalucía. La vulnerabilidad la definimos como “el nivel al que un sistema es susceptible o no es capaz de soportar los efectos adversos del cambio climático, incluida la variabilidad climática y los

fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática al que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación" (UNFCCC, 2005). Así, tras exponer los resultados de las evidencias científicas a partir de bibliografía especializada, se determinan los umbrales de temperatura que determinan el límite superior de la zona de confort climático para las distintas especies ganaderas analizadas.

A partir de la información cartográfica climática obtenida, se detectarán, con ayuda de un SIG, las zonas donde se prevén superaciones de los umbrales de confort climático en 2050 bajo los escenarios de emisiones A2 y B2. Esto se realizará para los distintos meses del año y para cada una de las especies ganaderas analizadas, y se comparará con las tres décadas del período de referencia: 1961-1970, 1971-1980 y 1981-1990.

Por otro lado, se analizará la incidencia de los cambios en la precipitación y su relación con los pastos. Aprovechando el trabajo realizado para el sector agrícola, se determinarán las zonas susceptibles de sufrir sequía y se relacionará con el desarrollo de los pastos.

Evaluada la vulnerabilidad, haríamos la **identificación de impactos**, en función de los niveles de exposición futura a elevadas temperaturas responsables de episodios de estrés térmico donde se prevean episodios de sequía severos, en combinación con zonas con abundante ganado vulnerable. A priori, es razonable pensar que no todas las regiones de Andalucía estarán expuestas por igual a estos factores climáticos, y también que no todas las especies ganaderas y sus razas son igual de sensibles, siendo variable la susceptibilidad a olas de calor y a temperaturas ambientales muy altas, es decir, que los impactos surgen de encontrar circunstancias de poblaciones animales expuestas a condiciones desfavorables. A partir de estos factores, se procede a una revisión bibliográfica de los impactos probables en la ganadería a consecuencia del cambio climático, considerando los resultados obtenidos, así como las características intrínsecas del sector ganadero andaluz.

Finalmente, se abordará el capítulo de las **medidas de adaptación y líneas de investigación.** En cuanto a las primeras, se haría una propuesta de medidas y actuaciones de adaptación al cambio climático que podrían ser de aplicación en el sector ganadero, en función de la vulnerabilidad bruta detectada y de los impactos previsibles, y han de ser consideradas como directrices o posibles líneas de actuación que serían de aplicación por parte de los agentes sociales, administraciones u otras entidades con competencia en la materia.

El ámbito de las medidas es doble, ya que por un lado se trata de proporcionar herramientas para realizar una planificación preventiva y realizar una adecuación progresiva del sector a los cambios del clima y, por otro, se suministran ideas para una gestión de explotaciones ganaderas que minimice el efecto de estrés térmico.

Las medidas de adaptación contempladas en este trabajo presentan un carácter general para el conjunto regional de Andalucía, y pretenden servir de referencia al conjunto de agentes locales que han de llevar a cabo y poner en marcha los planes en zonas concretas de la geografía andaluza.

En su elaboración ha predominado como metodología principal la revisión bibliográfica de los documentos de adaptación con un mayor peso a nivel internacional y nacional, así como diversos estudios relacionados con el campo y las directrices y líneas de actuación

establecidas por el IPCC, la Unión Europea y el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. A partir de dichas fuentes, se han adaptado las directrices y actuaciones a las circunstancia particulares de la Comunidad Autónoma de Andalucía y a los resultados de los análisis de vulnerabilidad.

Por último, en cuanto a las líneas de investigación, se hace una propuesta de los estudios prioritarios que deberían llevarse a cabo para aumentar el conocimiento de todos los factores que inciden en la gestión ganadera relacionada con la variabilidad climática.

Como se mencionaba con anterioridad, durante el desarrollo del presente trabajo, se han detectado una serie de consideraciones que constituyen ciertos límites de los resultados que se presentan. Algunas son puramente metodológicas y otras son de orden conceptual. Su explicación sucinta pretende servir como punto de reflexión tanto para la comprensión del alcance del trabajo, como de argumento para la mejora a realizar en futuras actualizaciones del programa.

En lo relativo a la relación entre sequía y afecciones sobre prados, es necesario hacer saber que no se ha dispuesto de una adecuada cartografía de prados en el territorio andaluz en el que se pueda determinar la composición florística y, por ende, conocer con precisión sus requerimientos climáticos. La base cartográfica empleada es el Corine Land Cover 2000 (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2000), que no tiene suficiente resolución como para ofrecer buenos resultados en el ámbito de este trabajo.

A pesar de haber sondeado la literatura científica relativa al establecimiento de los limitantes térmicos de las distintas cabañas ganaderas, no se han obtenido datos específicos para Andalucía, habiéndose utilizado aquellos valores de temperatura de zonas parecidas en términos climáticos. Además, los estudios de estrés calórico se refieren a determinadas especies, con lo que los valores empleados no consideran las particularidades de las especies andaluzas y sus variantes autóctonas. En el futuro, será necesario contar con valores umbrales regionalizados para Andalucía, de modo que se pueda evaluar más correctamente la exposición. En la misma línea cabe comentar que los umbrales de estrés térmico se han tomado considerando que son igual de válidos para todos los animales que forman parte de las cabañas, independientemente de su edad o etapa de desarrollo. Es razonable pensar que el calor no afectará de la misma manera a un animal adulto sano que a una cría, a hembras embarazadas o que estén amamantando crías, etc. En la medida de lo posible será necesario, en futuros estudios, abordar la estimación de la variabilidad de los rangos de afección al ganado en función de su estado de desarrollo.

Un aspecto importante en la evaluación del futuro de la ganadería en Andalucía y que no ha sido considerado en este trabajo, es el relativo al de las enfermedades parasitarias. Esto se debe a la falta de datos tanto de la distribución de las enfermedades como de la ecología de vectores y hospedadores en el marco del cambio climático. Por tanto, en futuras actualizaciones, debe tratarse de incorporar en el estudio un análisis del impacto de las modificaciones del clima en la epidemiología de las enfermedades que afectan al ganado (Fiebre aftosa, estomatitis vesicular, dermatosis nodular, fiebre del Valle del Rift, Lengua Azul, carbunco bacteriano, triquinelosis, equinococosis, hidatosis, leptospirosis, paratuberculosis, etc.).

Por otro lado, a nivel global la ganadería genera más emisiones de gases (18%) causantes del efecto invernadero que el sector del transporte, según un informe de la Organización

de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2009b). No obstante, según los datos de los últimos inventarios de emisiones para el conjunto español y para Andalucía, el dato de emisiones de transporte supera al de la ganadería. Ésta es, además, una de las principales causas de la degradación del suelo y de los recursos hídricos. Se desconoce cuál va a ser la política ganadera futura considerando la importante contribución del sector a las emisiones globales de GEI, por lo que los resultados expuestos deben entenderse en el contexto actual de número de animales y producción ganadera. Los bucles de retroalimentación existentes complican el entendimiento de los procesos que relacionan clima y ganadería.

No se dispone de datos relativos a variables climáticas con especial relevancia en el fenómeno del estrés térmico, como la humedad relativa o la velocidad del viento. En el futuro, será posible contar con mayor cantidad de datos, lo que facilitará el uso de índices más robustos para medir las condiciones ambientales críticas para la supervivencia animal.

4 Metodología

Según la definición del IPCC (2001), la adaptación es el conjunto de iniciativas y medidas llevadas a cabo para reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o esperados del cambio climático.

El objetivo del Programa Andaluz de Adaptación al Cambio Climático y sus planes sectoriales es el establecimiento de este conjunto de iniciativas y medidas (medidas de adaptación). Para ello, y en base a esta definición, es necesario analizar la vulnerabilidad y conocer los impactos asociados al cambio climático de cada uno de los sectores de interés, en este caso, en el sector ganadero en el territorio de Andalucía.

Partiendo de la caracterización climática de la región que se expone en el apartado 5 y siguiendo la metodología planteada en el Programa Andaluz de Adaptación al Cambio Climático, el presente trabajo desarrolla dos objetivos fundamentales: por un lado, un **análisis de la vulnerabilidad** del sector ganadero frente al cambio climático y por otro, plantear una serie de **medidas de adaptación** para el sector.

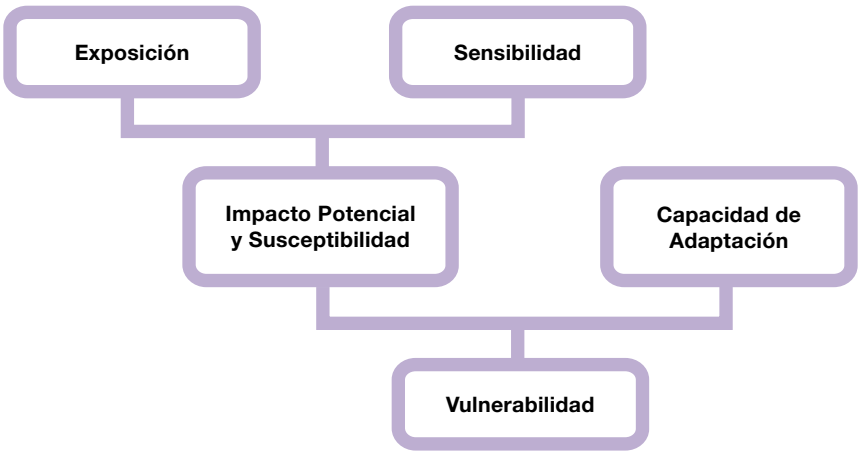
En 2001, el IPCC expone la siguiente definición de vulnerabilidad en el contexto del cambio climático: "Vulnerabilidad es el grado en que un sistema, subsistema o componente de ellos es susceptible o incapaz de afrontar los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y fenómenos extremos".

En base a esta definición, se puede decir que los estudios de vulnerabilidad proporcionan una idea de la susceptibilidad o predisposición intrínseca a sufrir un daño o una pérdida, de los elementos expuestos a un peligro. Además, introduce también la necesidad de llevar a cabo medidas de adaptación debido a la incapacidad del sistema de hacer frente a los efectos negativos del cambio climático.

Esquema Metodológico

Para evaluar la vulnerabilidad se ha desarrollado una metodología basada en el desarrollo del IPCC (2001) y en lo ilustrado por Schröter *et al.* (2004).

Figura 1. *Modelo conceptual de vulnerabilidad.*



Fuente: Adaptado de Schröter *et al.* (2004).

La vulnerabilidad, entendida como una medida del daño potencial que se producirá en el futuro, puede descomponerse en los siguientes tres elementos:

Exposición

Especifica el cambio proyectado del clima que va a afectar al sistema y por tanto, indica el grado en que un sector o sistema (en este caso el sector ganadero) está expuesto a estímulos externos que actúan sobre el mismo. Los estímulos son los asociados al cambio climático en cualquiera de sus componentes: subida de temperatura, pérdida de precipitaciones, elevación del nivel del mar, etc. A mayor exposición, mayor vulnerabilidad.

Sensibilidad

Hace referencia a la reacción del sistema ante el cambio climático, es decir, es el grado de afectación del sector. Cuanto más sensible es un sistema, mayor es la magnitud de la respuesta adversa ante un cambio y, por lo tanto, mayor será su vulnerabilidad.

Capacidad de adaptación

Define la habilidad de un sistema para ajustarse a los cambios del clima con objeto de reducir daños potenciales, aprovechar oportunidades y hacer frente a las consecuencias derivadas del mismo. Mide el grado en el que un sistema está mejor preparado para afrontar su exposición al cambio y la sensibilidad del mismo en el nuevo contexto climático. La mayor parte de los estudios de vulnerabilidad revelan la dificultad de evaluar la capacidad de adaptación debido a la complejidad en la toma de decisiones así como la incertidumbre en la evolución de contexto físico, social y económico.

Relacionado con este esquema metodológico, el estudio realizado para la Unión Europea Design of guidelines for the elaboration of regional climate change adaptation strategies (Ribeiro *et al.*, 2009), utiliza la siguiente relación entre estos términos:

Vulnerabilidad = Función [exposición (+); sensibilidad (+); capacidad de adaptación (-)]

Una gran parte de los análisis de vulnerabilidad se construye analizando estos tres términos. Algunos de ellos agrupan el término de exposición y sensibilidad y diferencian así entre vulnerabilidad bruta y neta. La vulnerabilidad bruta la conforman los términos de exposición y sensibilidad y es entendida como un indicador de la susceptibilidad potencial del sistema ante impactos adversos antes de la aplicación de las medidas de adaptación. Por otro lado, la capacidad de adaptación refleja el grado en que el sistema puede contrarrestar la vulnerabilidad bruta asociada al mismo. La integración de los tres componentes es lo que se define como vulnerabilidad neta.

Un sistema puede tener una vulnerabilidad bruta alta y una vulnerabilidad neta moderada debido a su elevada capacidad de adaptación o por el contrario, una alta vulnerabilidad neta asociada a una limitada capacidad de adaptación.

Opciones de Adaptación

La capacidad de adaptación es diferente entre sectores, además de cambiante, dependiendo de las opciones y los recursos disponibles para su desarrollo. A nivel teórico, las opciones de adaptación se clasifican como aquellas que:

1. **Soportan el daño:** sucede cuando los afectados no tienen capacidad de responder o cuando los costes de la adaptación son considerados altos en relación a los daños previstos.
2. **Comparten el daño:** reconstrucción y rehabilitación mediante inversión pública o seguros.
3. **Modifican la amenaza:** suelen abarcar obras de infraestructura como presas y diques para la contención de la subida del nivel del mar o inundaciones.
4. **Previenen los efectos:** en agricultura, por ejemplo, el control del riego o del uso de fertilizantes y el control de enfermedades y plagas.
5. **Cambian de uso:** como por ejemplo, los cambios de forma de riego o de cultivo.
6. **Cambian la localización:** traslado de áreas de mayor a menor aridez.
7. **Promueven la investigación:** son las que permiten avanzar en investigación sobre nuevas tecnologías y nuevos métodos de adaptación.
8. **Promueven la educación, información y cambio de comportamiento.**

Tipos de respuestas adaptativas

Cada sector o sistema requiere un paquete de medidas de adaptación diferente atendiendo a las diferentes opciones y posibilidades del mismo. Las respuestas adaptativas pueden ser de tipo autónomo o planificado. Las primeras son aquellas que se llevan a cabo en el momento en que tienen lugar los impactos y las planificadas son las que atienden al principio de prevención. Las medidas recogidas en este trabajo son medidas planificadas, las cuales permitirán que el sector Seguro sea menos vulnerable y como consecuencia, se minimicen los impactos asociados.

Sin embargo, la adaptación autónoma será requerida en su momento debido a la imposibilidad de predecir con exactitud la vulnerabilidad del sector y los impactos futuros.

La adaptación planificada procura una mayor capacidad de minimizar daños potenciales y maximizar las oportunidades que se puedan presentar. Para ello, las medidas de adaptación planificadas deberán tener asociadas estudios de viabilidad económica integrales que permitan tomar las decisiones más eficientes en los momentos adecuados. Para asegurar la elección de las mejores opciones adaptativas deben tenerse en cuenta los siguientes criterios:

- Minimizar los mayores daños o pérdidas.
- Maximizar las menores oportunidades o ganancias.
- Minimizar los (mayores) costes por la elección de la alternativa incorrecta.
- Primar objetivos para minimizar daños o pérdidas y maximizar las oportunidades o ganancias.

5 Análisis de los escenarios regionalizados de cambio climático

El objetivo de este apartado es la comparación de las características climáticas de Andalucía, en una situación previa al desarrollo de las políticas de mitigación y adaptación al cambio climático (datos de la serie 1961–1990) y en una situación futura marcada por el año horizonte 2050, atendiendo a estudios previos y a la duración mínima de las series climáticas (30 años), en línea del análisis de Moreira (2008).

Mediante el uso de los sistemas de información geográfica (SIG), se han elaborado para Andalucía, mapas de precipitación anual y de temperatura media máxima y mínima anual tanto para la serie climática 1961-1990 (periodo de referencia) como para el año horizonte 2050 bajo los escenarios A2 y B2. En el Anejo 1 se incluye información relativa al concepto de escenario de emisiones y a las características de los escenarios seleccionados.

Para los mapas asociados a la serie 1961-1990, se han interpolado los datos de precipitación anual y temperatura media máxima y mínima anual obtenidos de los modelos desarrollados por la Agencia Estatal de Meteorología (Brunet *et al.*, 2009; Ribalaygua *et al.*, 2008). Para la elaboración de los mapas del año horizonte 2050 correspondientes a los escenarios A2 y B2 se han usado datos modelizados obtenidos del trabajo que la Fundación para la Investigación sobre el Clima realizó para la Consejería de Medio Ambiente en 2006 (FIC, 2006).

Como dichos datos se corresponden con las observaciones puntuales de temperaturas y precipitación de estaciones meteorológicas del territorio andaluz, en un SIG, se ha aplicado el método geoestadístico Kriging para la obtención de mapas de superficie. Este método interpola los datos puntuales de las estaciones al resto del territorio (Peña, 2006). Los resultados obtenidos se explican a continuación:

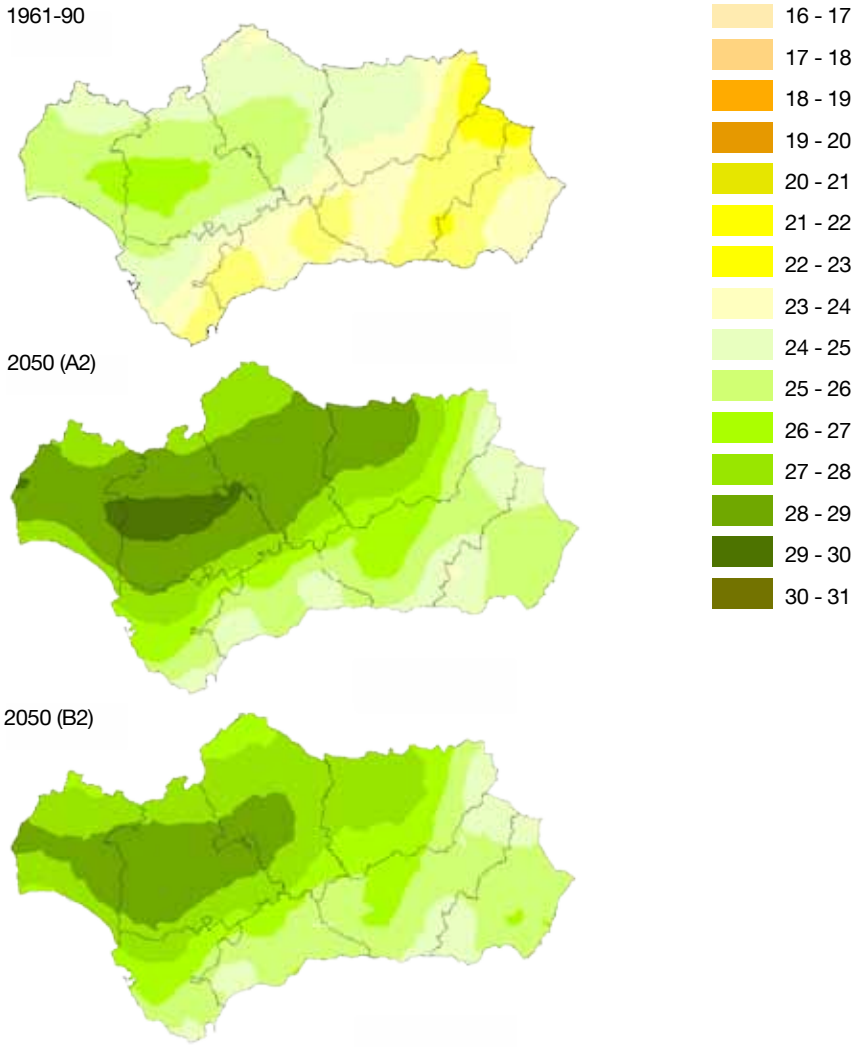
5.1. Temperaturas medias de las máximas y mínimas anuales y precipitación anual

5.1.1. Temperatura media de las máximas anuales

Las isotermas de las máximas anuales durante el periodo 1961-90 presentan unos rangos de temperatura entre 26 a 27ºC en la zona central del Valle del Guadalquivir, y entre 21 a 22ºC en la Sierra de Segura y Altiplanicie Norte (Figura 2). En este caso, las máximas más frías coinciden con las mínimas más frías. Sin embargo, las máximas más elevadas no se producen en el mismo espacio geográfico que las mínimas más elevadas, que en este caso se producen en las tierras centrales del Valle del Guadalquivir.

Las temperaturas medias de las máximas anuales modelizadas para el año 2050 bajo el escenario A2 presentan un aumento respecto a 1961-90 de 2,8ºC de promedio. En el Valle del Guadalquivir, el umbral de temperatura máxima se ha estimado en 29 a 30ºC, mientras que en la Sierra de Segura y Altiplanicie Norte se dibuja la isoterma de 24 a 25ºC.

Figura 2. *Temperatura media (ºC) de las máximas en 1961-90 y 2050 (A2 y B2).*



Fuente: Elaboración propia.

Bajo el escenario de emisiones B2, las temperaturas máximas modelizadas son, en promedio, 0,25ºC más bajas respecto al escenario de emisiones A2. No obstante, existen diferencias, tanto al alza como a la baja, según las distintas localizaciones. En líneas generales, las máximas más elevadas, localizadas en el Valle del Guadalquivir, presentan una tendencia a la baja en el escenario B2 respecto al A2, mientras que en donde las máximas son más frías, éstas se muestran más elevadas en el B2 respecto al A2.

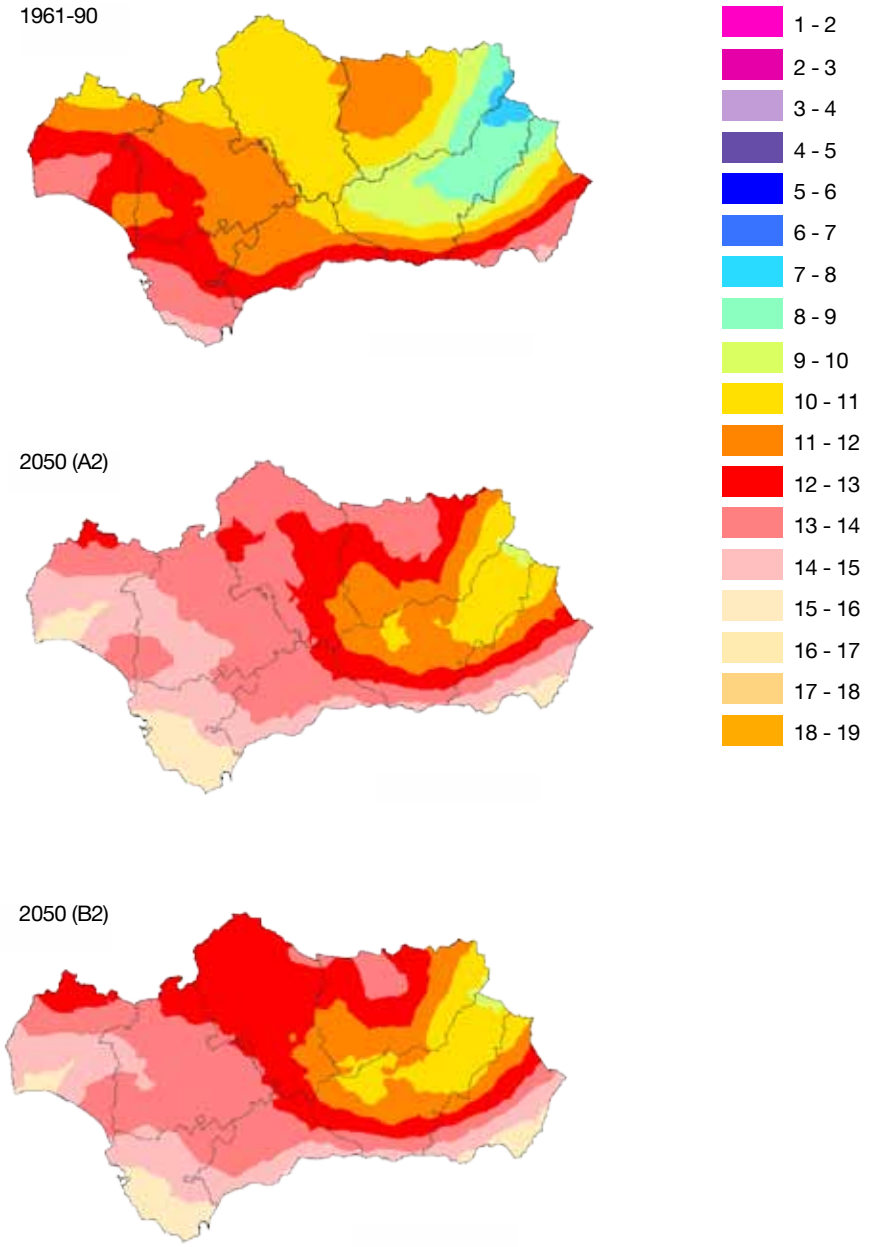
5.1.2. Temperatura media de las mínimas anuales

Las temperaturas medias de las mínimas anuales correspondientes al periodo 1961-90 oscilan entre 7 - 8ºC en la zona de Sierra de Segura en Jaén y Altiplanicie Norte en el área septentrional de Granada, y 14 - 15ºC en el litoral atlántico de Cádiz. En líneas generales, se puede confirmar el efecto atemperador de las aguas marinas, siendo más suaves y cálidas las temperaturas mínimas en todo el litoral andaluz, mientras que las tierras más alejadas y aisladas del mar, tanto por distancia, como por la existencia de obstáculos orográficos, se ven afectadas por unas mínimas más extremas y frías.

En cuanto a las mínimas modelizadas para el año 2050 bajo el escenario de emisiones A2, éstas presentan un aumento generalizado respecto a las registradas en el periodo 1961-90, en torno a 2,5ºC. El patrón espacial que seguirían las mínimas es igual que en la actualidad, siendo más suaves en las zonas costeras y más frías en las zonas serranas o muy continentalizadas.

Las temperaturas medias de las mínimas modelizadas para el 2050 bajo el escenario B2 son algo superiores que para el A2, con diferencias que oscilan entre 0,3ºC aproximadamente en las áreas de mínimas más bajas, como la Sierra de Segura, y 0,7ºC en las tierras con mínimas más elevadas (Figura 3).

Figura 3. *Temperatura media (ºC) de las mínimas en 1961-90 y 2050 (A2 y B2).*

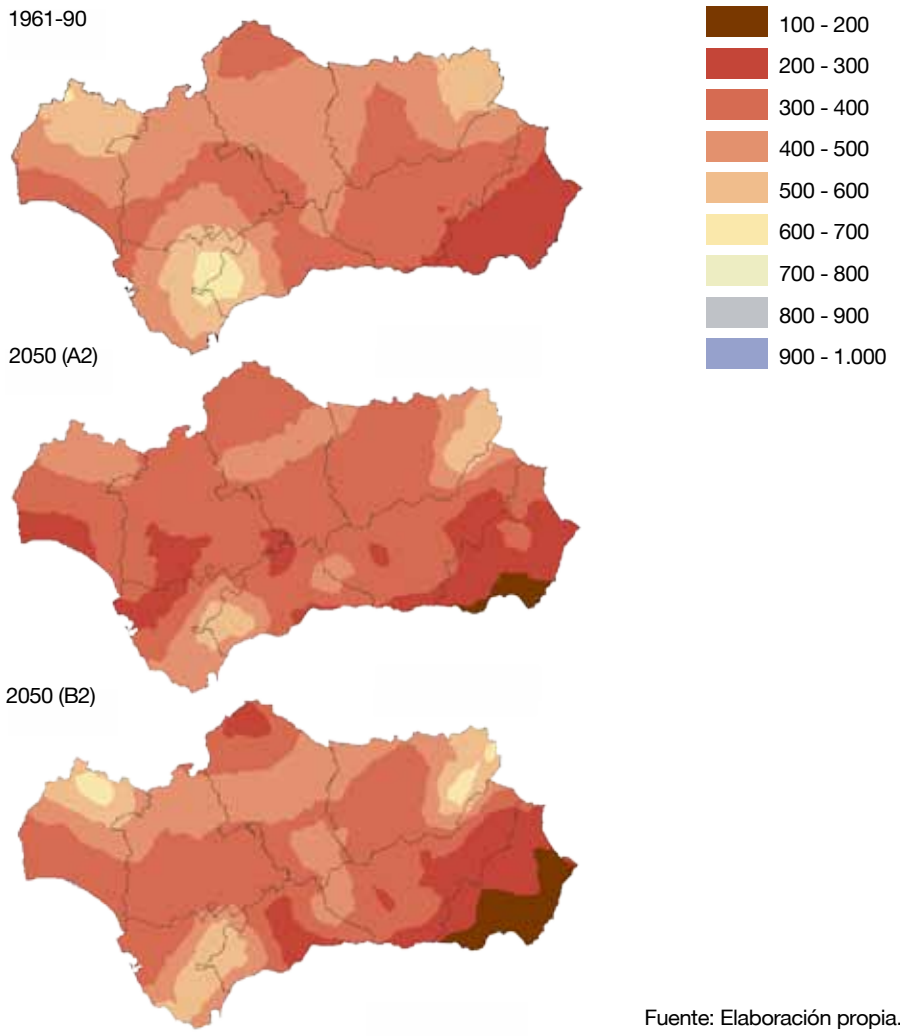


Fuente: Elaboración propia.

5.1.3. Precipitación anual

La precipitación anual presenta una distribución espacial que difiere entre Andalucía Oriental y Occidental (Figura 4). Durante el periodo 1961-90, la provincia de Almería es la que se ve sometida a una escasez mayor de precipitaciones, marcada por la isoyeta de los 200 mm anuales y con localizaciones en donde las precipitaciones no llegan a superar los 140 mm.

Figura 4. *Precipitación anual (mm) en 1961-90 y 2050 (A2 y B2).*



Fuente: Elaboración propia.

Por el contrario, en la Janda y la Campiña de la provincia de Cádiz, así como en la Serranía de Ronda en Málaga, se llegan a sobrepasar en determinadas localizaciones más de 1.000 mm anuales, estando la zona bajo la isoyeta de 700 mm.

Bajo el escenario A2, para el año 2050, los valores de precipitación anual modelizados indican una tendencia a la disminución para el conjunto de la región. También bajo este escenario se repiten las zonas con los máximos y mínimos pluviométricos de toda Andalucía, así como otros sectores destacados por su mayor precipitación respecto a su entorno, como es el caso de la Sierra de Aracena en Huelva, o la Sierra de Segura en Jaén.

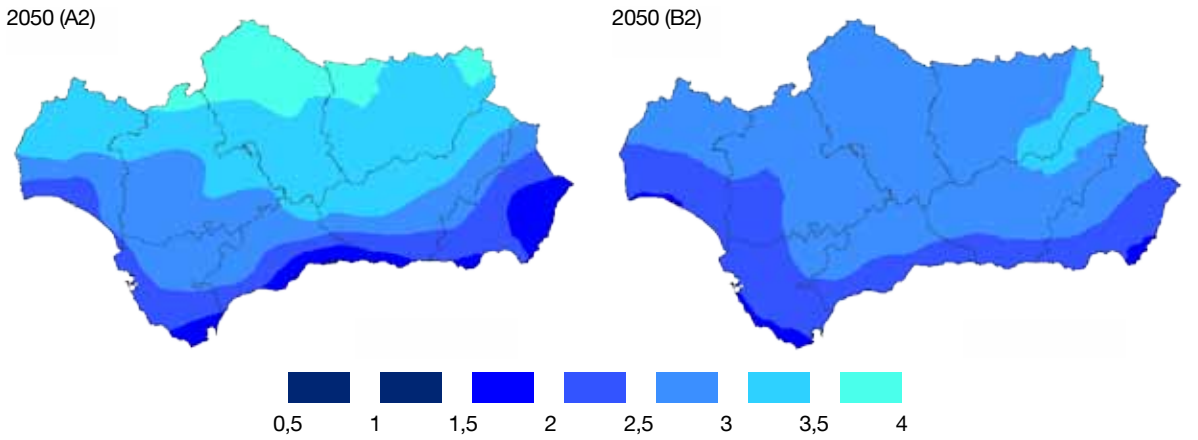
Bajo el escenario B2, la tendencia para la precipitación también muestra una reducción respecto a 1961-90, aunque más moderada que la del escenario A2. El esquema espacial de la pluviometría anual también es el mismo, aunque en este caso, algunas zonas como el litoral almeriense, presentan una disminución de la precipitación más acusada incluso que en el escenario A2. Es decir, allí donde la precipitación es menor, la modelización realizada indica un descenso más drástico en el B2 que en el A2.

5.2. Aumento de temperaturas y variación de la precipitación en 2050 respecto a 1961-90

5.2.1. Aumento de las temperaturas medias de las máximas anuales

En la siguiente figura se ha reflejado el aumento de las temperaturas máximas en el año 2050 respecto al periodo de referencia 1961-90, bajo el escenario de emisiones A2 y B2, respectivamente.

Figura 5. *Aumento de temperatura máxima (ºC) modelizada para el 2050 (A2 y B2) respecto a 1961-90.*



Fuente: Elaboración propia.

Los aumentos más importantes se han modelizado en las áreas más continentalizadas; bajo el escenario A2, el norte de la provincia de Córdoba y algunas tierras septentrionales de Jaén se encuentran bajo la isoterma que representa un aumento de 3,5 a 4ºC. Bajo el escenario B2, son las provincias de Jaén, en el extremo nororiental, y el noreste de Granada, en donde se prevé que se produzca el mayor aumento de temperatura, que oscilaría entre 3 a 3,5ºC.

Las zonas litorales son las que se verían menos afectadas por el ascenso de las temperaturas máximas, con rangos entre 1,5 a 2ºC en el litoral mediterráneo y 2 a 2,5ºC en el litoral atlántico bajo el escenario A2. Bajo el escenario B2, el umbral de 1,5º a 2ºC se sitúa sobre las aguas atlánticas gaditanas, mientras que el resto de las zonas costeras estarían expuestas a un aumento térmico en 2050 entre 2 y 2,5ºC.

El patrón seguido para la magnitud del cambio respecto a las temperaturas máximas presenta una gradación norte-sur, con aumentos de casi 4ºC hasta 0,5ºC en las zonas meridionales litorales, tanto para el escenario A2 como para el B2.

Entre ambos escenarios las diferencias no son considerables, si bien bajo el escenario B2 los cambios son algo más modestos.

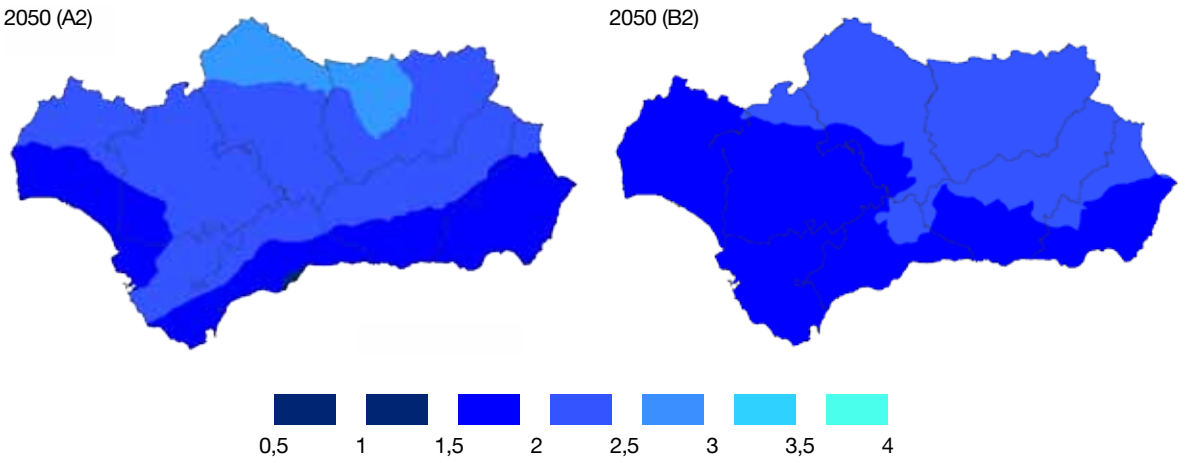
5.2.2. Aumento de las temperaturas medias de las mínimas anuales

Las temperaturas mínimas presentan el mismo esquema espacial que las temperaturas máximas (Figura 6), con una gradación desde las costas, en donde los aumentos son moderados, hacia las tierras interiores, en donde los aumentos son más significativos.

Es probable que las temperaturas mínimas aumenten, bajo el escenario A2, entre 1ºC en la costa malagueña y 3ºC en el norte de las provincias de Córdoba y Jaén.

Bajo el escenario B2, la magnitud del cambio térmico se ha modelizado entre 1,5ºC en toda la mitad meridional de la comunidad, y 2,5ºC en la mitad septentrional, con un cambio respecto a 1961-90 caracterizado por una relativa homogeneidad para el conjunto del territorio regional.

***Figura 6**. Aumento de temperatura mínima (ºC) modelizada para el 2050 (A2 y B2) respecto a 1961-90.*



Fuente: Elaboración propia.

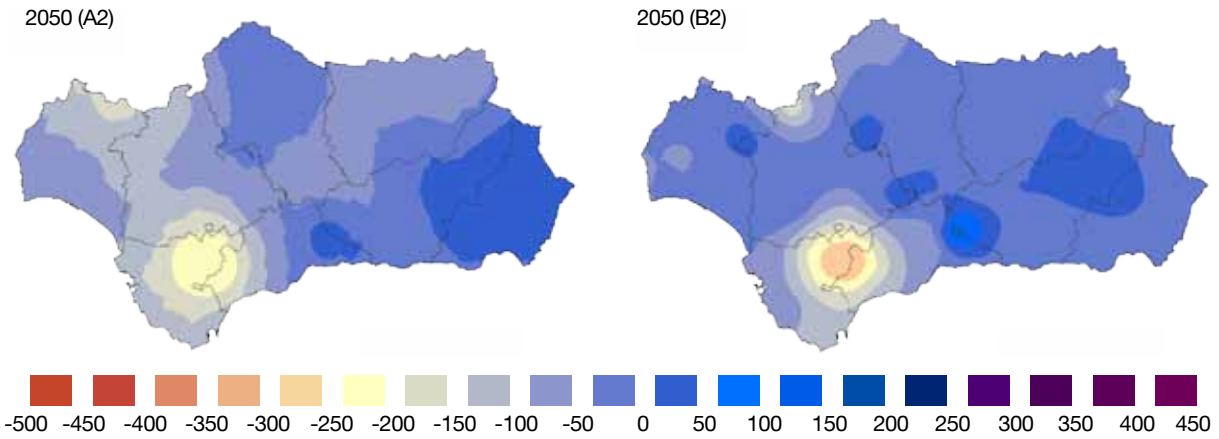
5.2.3. Variación de la precipitación anual

La precipitación modelizada para el año 2050 presenta tendencias opuestas según los distintos territorios de la Comunidad, que apuntan tanto a un descenso de las mismas como a un aumento respecto a 1961-90 (Figura 7).

Bajo el escenario A2, en Andalucía Occidental se prevé, en líneas generales un descenso de la precipitación en 2050, que oscilaría entre -250 mm en el noreste de la provincia de Cádiz, y -50 mm, afectando este umbral a las provincias de Huelva, Sevilla y Cádiz. Por el contrario,

en Andalucía Oriental se prevé un aumento de las precipitaciones, siendo Almería la provincia que alcanzaría los aumentos más elevados, llegando a superarse en algunas estaciones unos aumentos superiores a los 100 mm anuales. En Granada, la precipitación se mantendría en el mismo orden de magnitud, con un aumento generalizado en su mitad nororiental y una disminución moderada en la mitad suroccidental.

Figura 7. *Variación de la precipitación (mm) en el año 2050 (A2 y B2) respecto a 1961-90.*



Fuente: Elaboración propia.

Bajo el escenario B2, los resultados muestran un descenso general de las precipitaciones para toda la Comunidad de Andalucía, a excepción del norte de Granada, en donde se observan algunos observatorios en donde la precipitación aumenta de manera modesta. En general, la mayor parte del territorio andaluz se encuentra bajo la isolínea de disminución de 0 a -50 mm. Únicamente en la provincia de Cádiz (Sierra de Grazalema) y en el norte de Sevilla se observan descensos más acusados.

6 Caracterización del sector ganadero en Andalucía

6.1. Características generales

El sector ganadero tiene gran relevancia en Andalucía, tanto en su vertiente económica como en su vertiente social y territorial. Según el Anuario de Estadísticas Agrarias y Pesqueras de Andalucía (Consejería de Agricultura y Pesca, 2006), supone el 15% de la Producción Final Agraria, y supone la principal fuente de ingresos para muchas familias. La Producción Final Ganadera andaluza supera los 1.400 millones de euros, siendo Sevilla la provincia que más contribuye, con casi un tercio de la misma. Los sectores con mayor peso específico en Andalucía son el porcino, sector lácteo y vacuno de carne. Es además un sector estratégico para el desarrollo rural, ya que permite la fijación de población en las zonas rurales de Andalucía.

La cabaña de ganado mayor para Andalucía en 2006 se componía de 753.829 animales, de los que el 89,32% correspondía a especies bovinas y el resto a equinas.

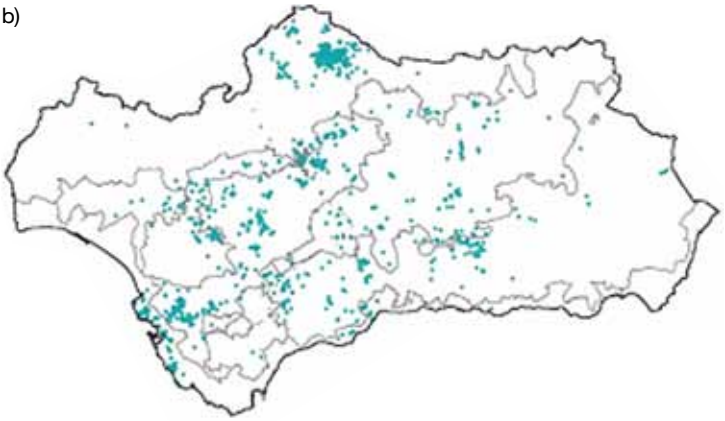
La cabaña de ganado menor se componía en Andalucía de 7.818.189 animales en 2006. De ellos, el 44,52% eran porcinos, el 39,68% ovinos y el 15,81% caprinos.

6.1.1. Cabaña ganadera bovina

El ganado bovino contaba en 2006 con 673.321 animales, localizados mayoritariamente en la parte occidental de la Comunidad (Figura 8): Cádiz (33,74%), Córdoba (24,45%) y Sevilla (20,63%). Las provincias orientales apenas poseen ganado vacuno: Granada (3,86%), Jaén (3,17%), Málaga (1,70%) y Almería (0,24%). Andalucía contó en 2005 con un total de 90.120 cabezas de ganado vacuno lechero censadas, siendo Córdoba, con el 39,3% del censo vacuno lechero en Andalucía, la provincia donde más abunda este tipo de ganado, seguida de Jaén (19,1%), Sevilla (15,8%) y Cádiz (14,3%). El total de las explotaciones dedicadas a la producción de leche de vaca son de manejo intensivo. En cuanto a la distribución censal de vacuno de carne existente por provincias dentro de la Comunidad Autónoma de Andalucía, Cádiz, Córdoba y Sevilla aglutinan el 80,79% del censo. El 73% del censo bovino de carne se localiza en explotaciones de tipo extensivo, principalmente en zonas de dehesa, mientras que el 27% restante se maneja de manera intensiva.

Figura 8. *(a) Sistemas agrarios de Andalucia y mapas de distribución de las explotaciones de ganado vacuno lácteo (b) y carne extensivo (c) e intensivo (d) en Andalucía.*

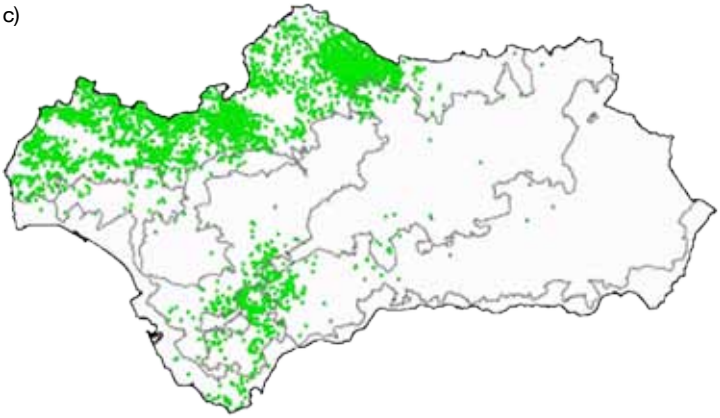
b)



Espacios agrarios de Andalucía

Explotaciones de vacuno lechero

c)



Espacios agrarios de Andalucía

Explotaciones extensivas vacuno carne

d)

Espacios agrarios de Andalucía

Explotaciones Intensivas vacuno carne

Fuente: Consejería de Agricultura y Pesca (2007a y 2007b).

Según la caracterización de explotaciones andaluzas de agosto de 2007 (Consejería de Agricultura y Pesca, 2007a y 2007b), la raza de vacuno lácteo preponderante en Andalucía era la Frisona o Holstein, que suponía el 95% de las cabezas de ganado, siendo el resto de razas, limusina, charolesa, mixta u otras. Así mismo, según la caracterización de explotaciones andaluzas de junio de 2007, relativa al sector vacuno de carne, dentro de las razas de origen autóctono destacan la raza Retinta, que representa el 14% del total del vacuno de carne explotado en Andalucía, la Berrenda Colorada, la Berrenda en Negro, la Mostrenca, la Negra Andaluza y la Pajuna. En cuanto a las razas foráneas, destaca la explotación de vacuno de las razas Limusina, Frisona y Charolesa, aunque el porcentaje más numeroso (61%), corresponde a un grupo formado por animales mestizos.

6.1.2. Cabaña ganadera caballar

El ganado caballar, mucho menos numeroso, contaba en 2006 con 80.508 animales (69.372 caballos, 6.546 mulas, 4.590 asnos). La provincia con mayor número de animales fue Sevilla (36,57%), seguida de Huelva (14,74%), Málaga (12,50%), Granada (11,22%), Cádiz (9,24%) y Jaén (8,83%). Este ganado es escaso en Córdoba (4,07%) y en Almería (2,83%).

6.1.3. Cabaña ganadera porcina

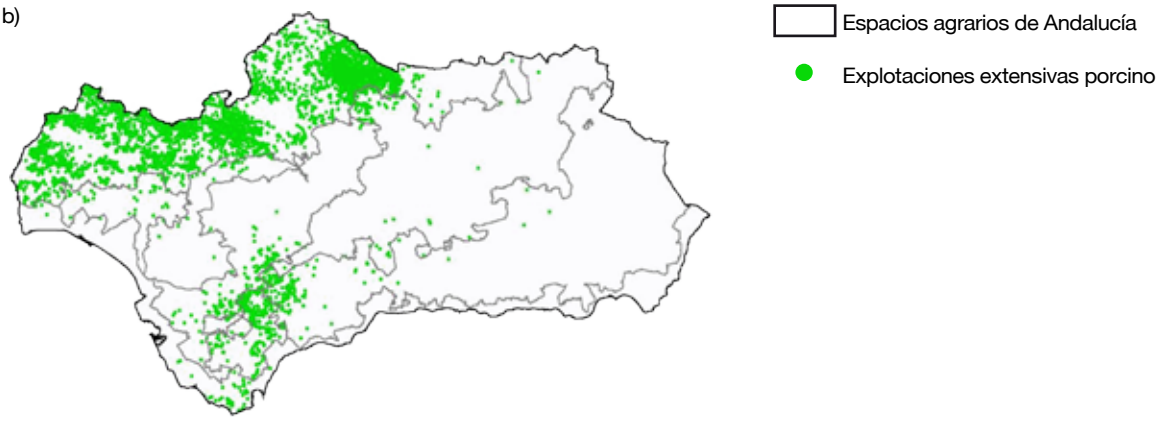
El ganado porcino en 2006 contaba con 3.480.479 animales, de los cuales el 75,63% se criaban de forma intensiva, y el 24,37% de forma extensiva. Así, la cabaña intensiva contaba con 2.632.254 animales, la mayor parte de los cuales se localizaban en la provincia de Sevilla (24,49%), seguida de Almería (17,17%), Cádiz (13,10%), Málaga (12,62%), Córdoba (11,15%), Huelva (9,16%), Jaén (6,84%) y Granada (5,46%). El ganado porcino extensivo, (848.225 animales) se encontraba bastante repartido entre las provincias occidentales: Huelva (27,18%), Sevilla (25,14%), Cádiz (23,40%) y Córdoba (21,11%). En el oriente de Andalucía, tan sólo se localizaban en Málaga (3,15%). Dentro del sector porcino bajo la modalidad extensiva, la principal raza explotada es el cerdo Ibérico cuyo papel en el mantenimiento de los ecosistemas naturales como la dehesa, justifican sobradamente su explotación desde el punto de vista económico y ecológico.

Según la caracterización de explotaciones andaluzas de septiembre de 2007 (Consejería de Agricultura y Pesca, 2007c), las razas porcinas presentes en Andalucía se dividen entre razas precoces (Large White, Landrace, Pietrain y Duroc) y la raza Ibérica y sus cruces.

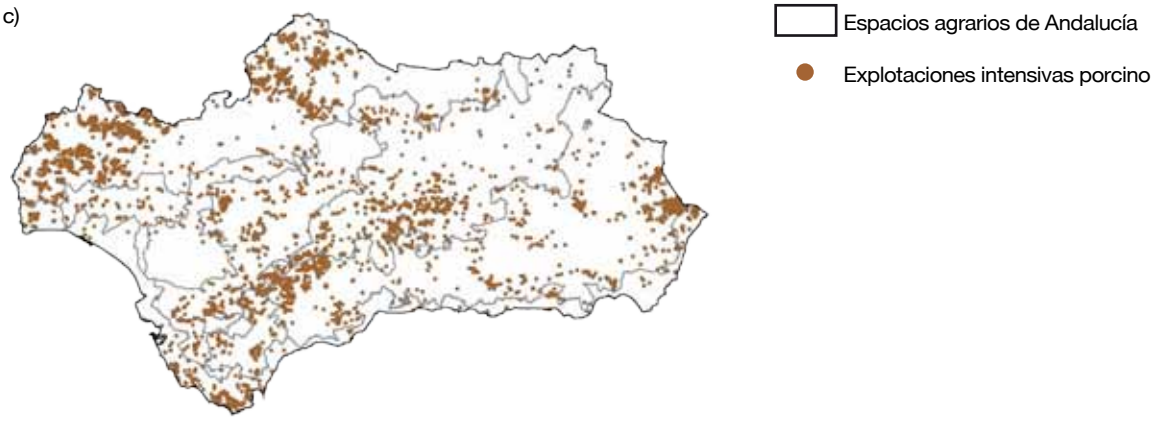
En la Figura 9 se puede observar la distribución de las explotaciones tanto extensivas como intensivas de ganado porcino. Las principales zonas de ganado porcino en extensivo se sitúan en las dehesas del norte de las provincias de Huelva, Sevilla y Córdoba, así como en las serranías de Ronda y Grazalema en Cádiz. En cuanto al porcino en intensivo, éste se distribuye tanto por el norte como por el sur del Valle del Guadalquivir, estando ausente en el litoral mediterráneo andaluz.

Figura 9. *(a) Sistemas agrarios de Andalucia y mapas de distribución de las explotaciones de porcino extensivas (b) e intensivas (c) en Andalucía.*

b)



c)



Fuente: Consejería de Agricultura y Pesca (2007a y 2007b).

6.1.4. Cabaña ganadera ovina

El ganado ovino se componía en 2006 por 3.101.955 ovejas, que se repartían principalmente entre las provincias de Granada (20,78%), Córdoba (18,88%), Sevilla (18,12%) y Huelva (14,56%), y en bastante menor medida en Almería (9,14%), Cádiz (6,47%), Málaga (6,07%) y Jaén (5,98%).

Según la caracterización de explotaciones andaluzas de agosto de 2007 (Consejería de Agricultura y Pesca, 2007d), las razas ovinas presentes en Andalucía son: Merina, Segureña, Montesina, Churra Lebrijana y Merina de Grazalema. En la Tabla 1 se recoge su localización preferente dentro del territorio autonómico y sus aptitudes en cuanto a tipo de materia obtenida.

Tabla 1. *Razas ovinas de Andalucía.*

Raza	Aptitud	Localización
Merina	Lana / Carne / Leche	Zona norte de las provincias de Córdoba, Sevilla y Huelva
Segureña	Carne	Granada, Jaén, Almería y Sevilla
Montesina	Carne / Lana	Sierra Mágina (Jaén) y Montes de Granada
Churra Lebrijana	Carne / Lana	Valle del Guadalquivir y marismas
Merina de Grazalema	Carne / Leche	Sierra de Ronda (Málaga) y Sierra de Grazalema (Cádiz)

Fuente: Sánchez Belda (1986).

6.1.5. Cabaña ganadera caprina

En cuanto al ganado caprino, el número total de animales en 2006 era de 1.235.755. La provincia con mayor número de animales fue Almería (21,40%), seguida de Granada (17,66%), Sevilla (17,36%), Málaga (16,40%) y Cádiz (15,03%). Las provincias con menos cabezas de ganado caprino fueron Córdoba (5,34%), Huelva (4,25%) y Jaén (2,56%).

Según la caracterización de explotaciones andaluzas de agosto de 2007 (Consejería de Agricultura y Pesca, 2007d), las razas caprinas presentes en Andalucía son: Murciano-Granadina, Malagueña, Blanca Serrana Andaluza, Negra Serrana o Castiza, Florida y Payoya. En la Tabla 2 se recoge su localización preferente dentro del territorio autonómico y sus producciones.

Tabla 2. *Razas caprinas de Andalucía.*

Raza	Aptitud	Localización
Murciano-Granadina	Leche / Carne / Piel	Ampliamente distribuida por Andalucía
Malagueña	Leche / Carne	Provincias de Málaga, Granada, Sevilla, Cádiz y Córdoba
Blanca Serrana Andaluza	Leche / Carne	Sierra Morena (Jaén), Sierra de Aracena (Huelva) y Campo de Níjar (Almería)
Negra Serrana o Castiza	Carne	Tercio norte de la provincia de Jaén
Florida	Leche / Carne	Valle del Guadalquivir
Payoya	Leche / Carne	Provincias de Cádiz y Málaga

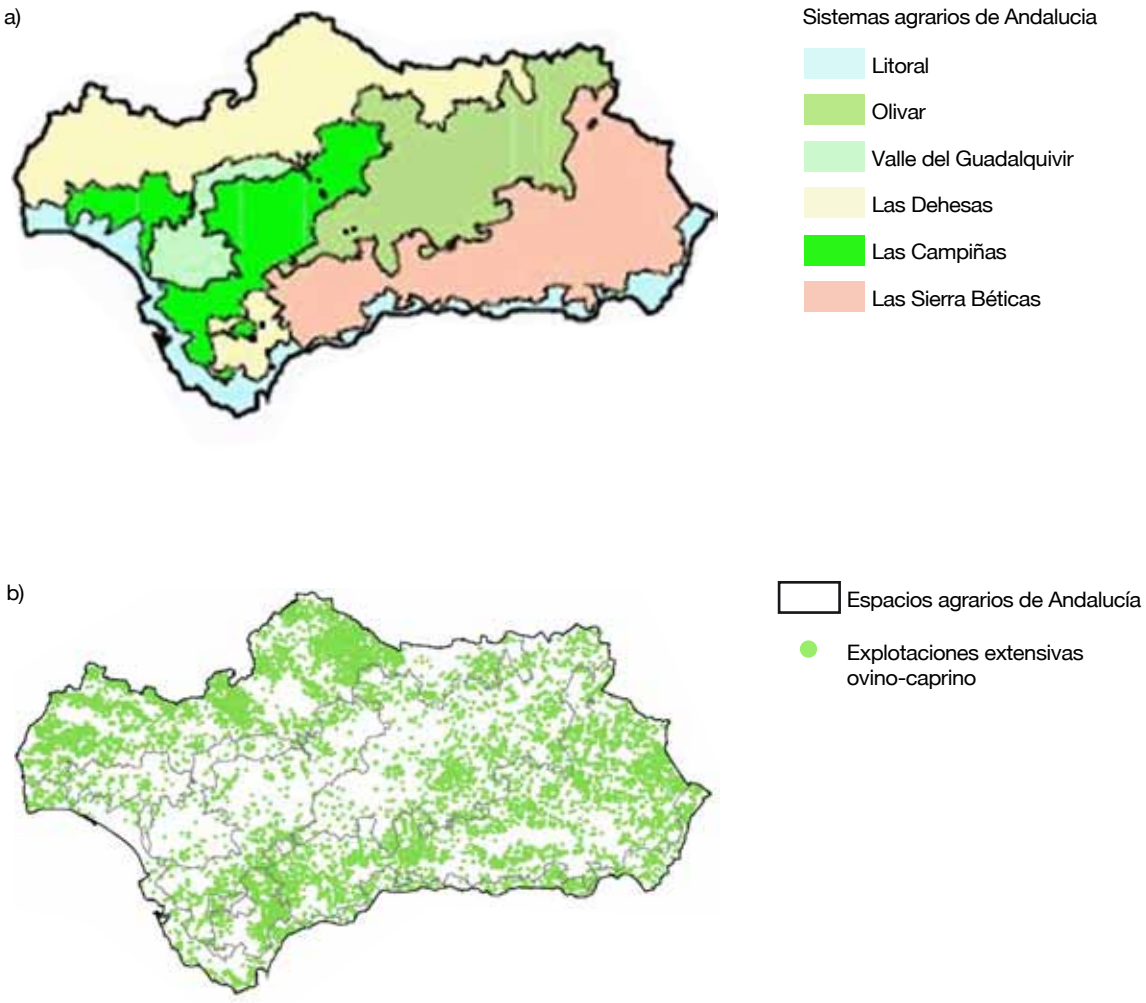
Fuente: Masjuán y Planas (2002).

Ganado vacuno carne intensivo

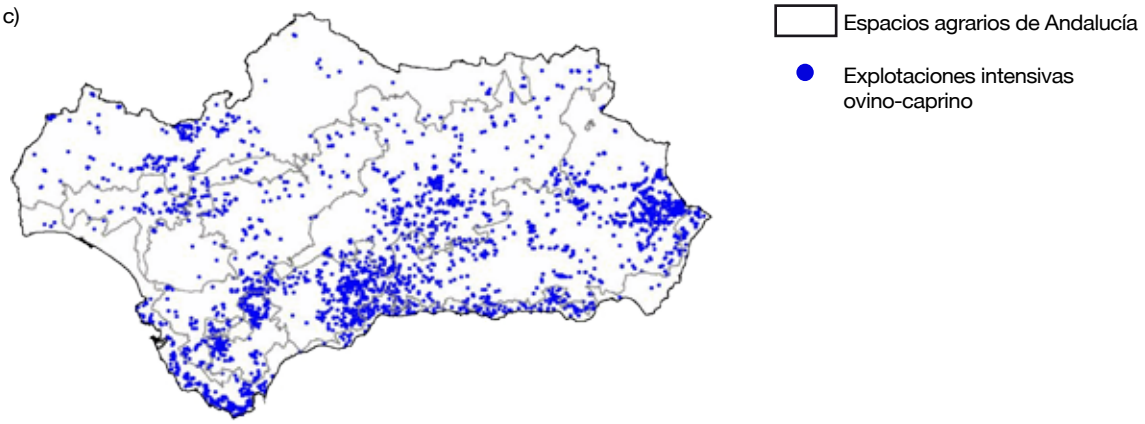
En la Figura 10 se puede observar la distribución de las explotaciones tanto extensivas como intensivas de ganado ovino, caprino y mixto (ovino-caprino) en Andalucía. Salvo en el Valle del Guadalquivir, territorio eminentemente agrícola, el ganado ovino y caprino extensivo se distribuye ampliamente en todas las provincias, mientras que en intensivo, es especialmente abundante en Almería, Granada, Málaga y Cádiz. Cabe decir que en 2006 se contabilizaron un total de 23.886 explotaciones de ganado ovino y caprino en sus diversas modalidades, de las cuales el 34,5% eran de ovino, el 23,7% de caprino y el 41,8% mixtas. En conjunto, las explotaciones en extensivo suponen el 82,7% mientras que las explotaciones intensivas representan el 17,3%.

El sector productor de la carne de ovino y caprino en Andalucía presenta una elevada complejidad, debido a la gran diversidad de sistemas de producción existentes, los cuales se encuentran condicionados por factores como los cultivos de la zona, el acceso a los montes, a los pastos, a los barbechos, etc. En relación a la producción de ganado ovino en Andalucía, la gran mayoría de las explotaciones existentes se encuentran dedicadas a producción de carne, utilizando para ello razas de orientación claramente cárnicas, como la Merina o la Segureña. En el caso del ganado caprino, éste se encuentra fundamentalmente dedicado a la producción láctea, siendo escasa la orientación a la producción de carne.

Figura 10. *(a) Sistemas agrarios de Andalucia y mapas de distribución de las explotaciones de ganado ovino, caprino y mixto ovino-caprino extensivo (b) e intensivo (c) en Andalucía.*



c)



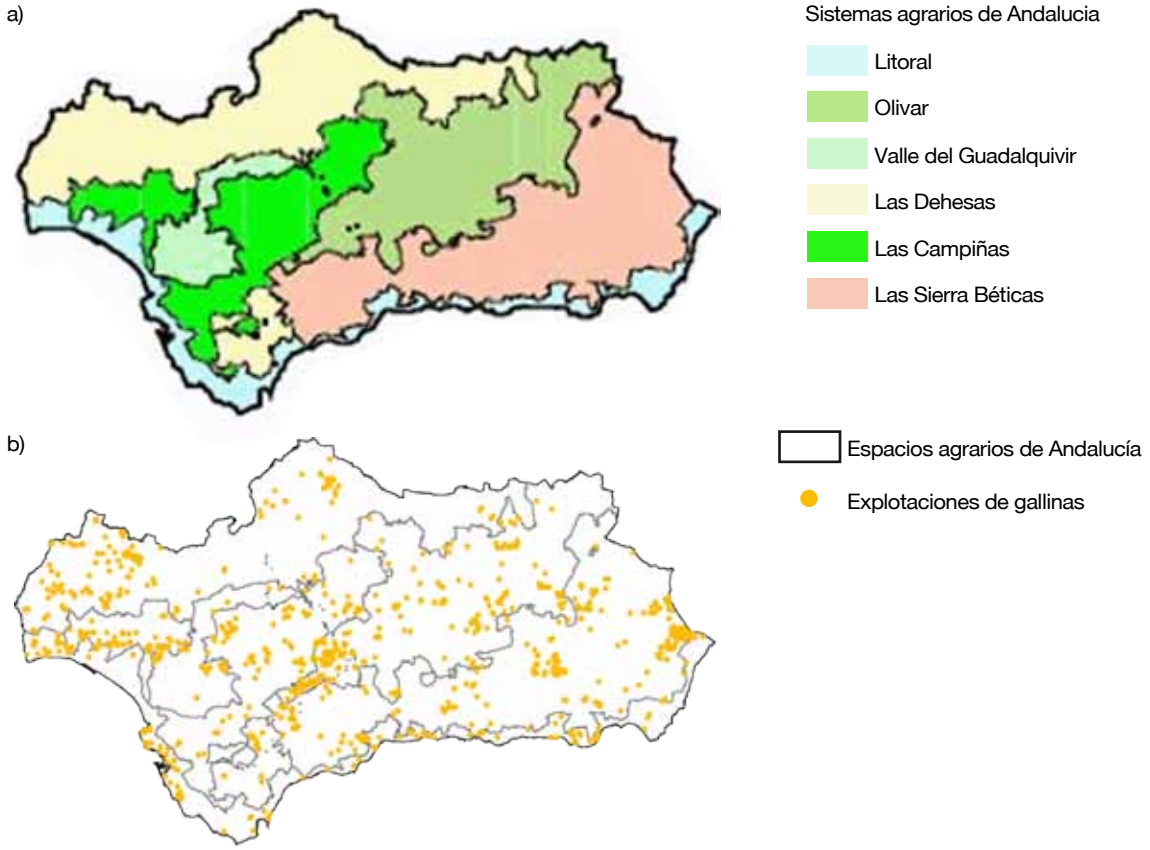
Fuente: Consejería de Agricultura y Pesca (2007a y 2007b).

6.1.6. Otras cabañas ganaderas

Según los datos aportados por la encuesta nacional de cunicultura (Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, 2009), el número de conejos (incluyendo gazapos de engorde, machos reproductores y conejas) en Andalucía era de 157.902, lo que suponía apenas el 2,3% del total nacional, muy lejos de los 1,7 millones de animales en Cataluña.

En cuanto a la avicultura en 2004, se censaron en Andalucía un total de 6,07 millones de aves de puesta, de las cuales el 95,5% fueron gallinas ponedoras selectas, el 4,2% gallinas ponedoras camperas, y el 0,3% otras aves (pavas, patas y ocas), estando el censo distribuido provincialmente principalmente en Sevilla (39,9%), seguido de Málaga (16,9%) y Granada (15,7%). La Figura 11 presenta la distribución de las explotaciones de gallinas y pollos en Andalucía en 2006. Se observa la existencia de explotaciones en la totalidad del territorio andaluz, siendo la densidad elevada en la provincia de Huelva, Sur de Sevilla, Málaga y parte oriental de Almería. Las principales razas ponedoras que se cruzan entre sí para la obtención de híbridos son, dentro de las ligeras, la raza Leghorn, y dentro de las pesadas, las razas Plymouth Rock, Rhode Island, Sussex y New Hampshire.

Figura 11. *(a) Sistemas agrarios de Andalucia y (b) mapa de distribución de las explotaciones de gallinas y pollos en Andalucía.*

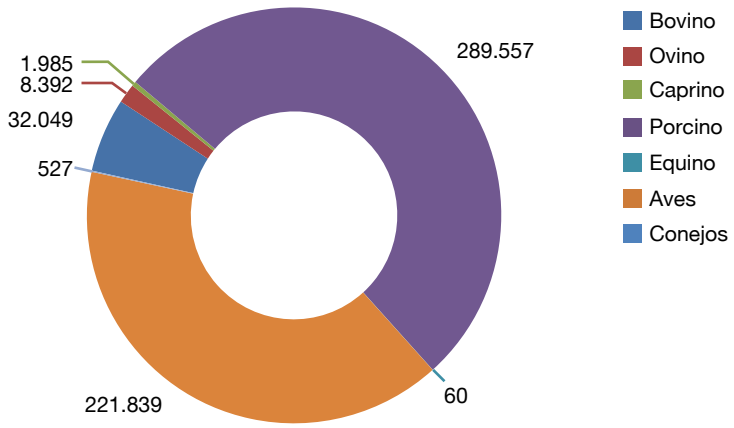


Fuente: Consejería de Agricultura y Pesca (2007a y 2007b).

6.1.7. Producción

La producción total de carne en Andalucía en 2006 fue de 554.409 toneladas que se repartían principalmente entre el ganado porcino (52,23%) y el avícola (40,01%), y en bastante menor medida el bovino (5,78%), ovino (1,51%), caprino (0,36%), cunícola (0,10%) y equino (0,01%) (Figura 12).

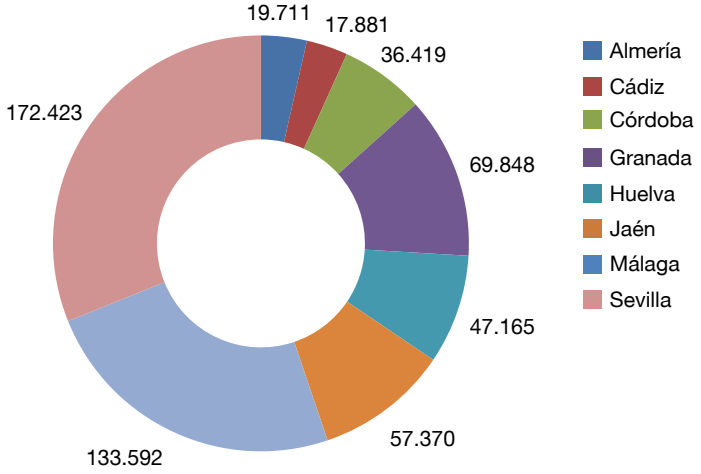
Figura 12. *Producción cárnica por especies (t).*



Fuente: Elaboración propia a partir de Consejería de Agricultura y Pesca (2006).

La distribución provincial de la producción de carne se repartía principalmente entre Sevilla (31,10%) y Málaga (24,10%) y, en menor medida, en Granada (12,60%), Jaén (10,35%), Huelva (8,51%), Córdoba (6,57%), Cádiz (3,23%) y Almería (3,56%) (Figura 13).

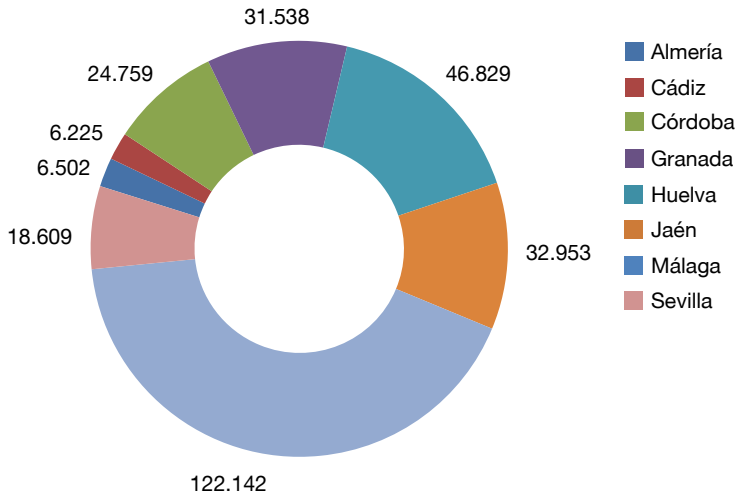
Figura 13. *Producción cárnica por provincias (t).*



Fuente: Elaboración propia a partir de Consejería de Agricultura y Pesca (2006).

Como se puede observar en la Figura 14, la producción cárnica porcina es de 289.557 toneladas, que se concentran principalmente en las provincias de Málaga (42,18%), Huelva (16,17%) y, en menor medida, en Jaén (11,38%), Granada (10,89%), Córdoba (8,55%) y Sevilla (6,43%). La producción de Almería (2,25%) y Cádiz (2,15%) es muy reducida. No obstante, al igual que con las demás especies ganaderas, estos datos cuantitativos no contemplan la diferencia de calidad y precio entre la producción intensiva y la extensiva, que en el sector porcino es especialmente importante. Así es adecuado tener en cuenta que la ganadería extensiva de porcino no existe en las provincias de Jaén, Granada y Almería, siendo en Málaga muy reducida.

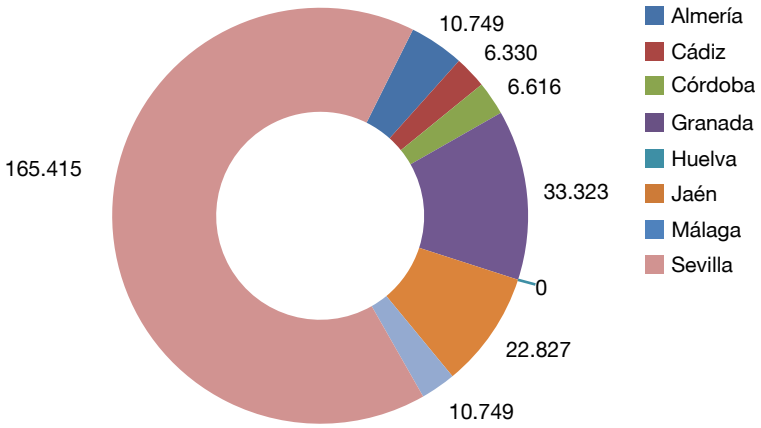
Figura 14. *Producción cárnica porcina por provincias (t).*



Fuente: Elaboración propia a partir de Consejería de Agricultura y Pesca (2006).

La producción cárnica avícola es de 221.839 toneladas, principalmente correspondiente a la provincia de Sevilla (61,04%) y, en menor medida, a las de Granada (15,02%) y Jaén (10,29%) (Figura 15). La especie utilizada principalmente en la producción de carne de ave es el pollo de la especie *Gallus gallus*, conocido de manera comercial como pollo de carne o broiler. En términos macroeconómicos, la Producción Final Ganadera del sector de la carne de ave en Andalucía en 2004 fue de 143,28 millones de €, representando esta cifra el 8,5% del total nacional. Respecto al sector de la avicultura de puesta, se trata de un sector orientado fundamentalmente a la producción de huevos de gallina destinados al consumo humano. En 2004 el número de docenas fue de 129 millones, siendo la Producción Final Ganadera del sector de la avicultura de puesta en Andalucía de 91 millones de €, el 8,4% del total nacional.

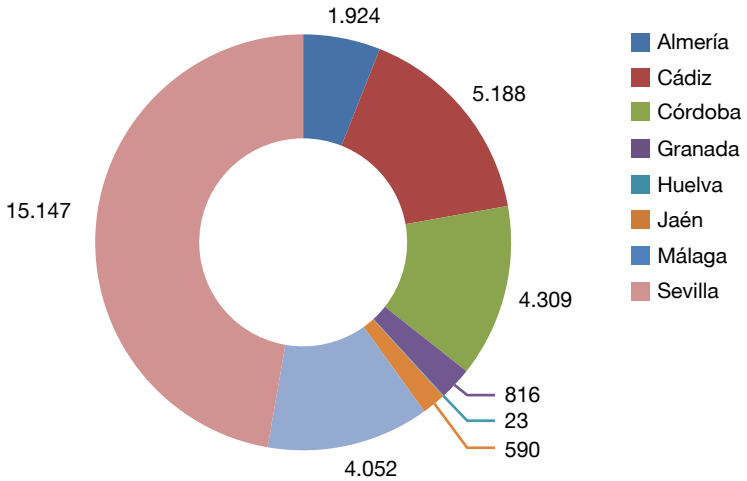
Figura 15. *Producción cárnica avícola por provincias (t).*



Fuente: Elaboración propia a partir de Consejería de Agricultura y Pesca (2006).

La producción cárnica de vacuno es de 32.049 toneladas, que se concentra principalmente en la provincia de Sevilla (47,26%) y en menor medida en Cádiz (16,19%) y Córdoba (13,45%) (Figura 16).

Figura 16. *Producción cárnica vacuna por provincias (t).*



Fuente: Elaboración propia a partir de Consejería de Agricultura y Pesca (2006).

La producción cárnica ovina es de 8.392 toneladas, principalmente en la provincia de Granada (43,62%), y en menor medida Sevilla (20,46%), Córdoba (12,20%) y Jaén (10,02%).

La producción cárnica caprina es de 1.985 toneladas, principalmente en la provincia de Sevilla (74,31%) y, en menor medida, en Granada (8,61%), Jaén (8,01%) y Almería (5,24%). La producción de Huelva (1,26%), Málaga (1,16%), Córdoba (0,76%) y Cádiz (0,65%) es muy reducida.

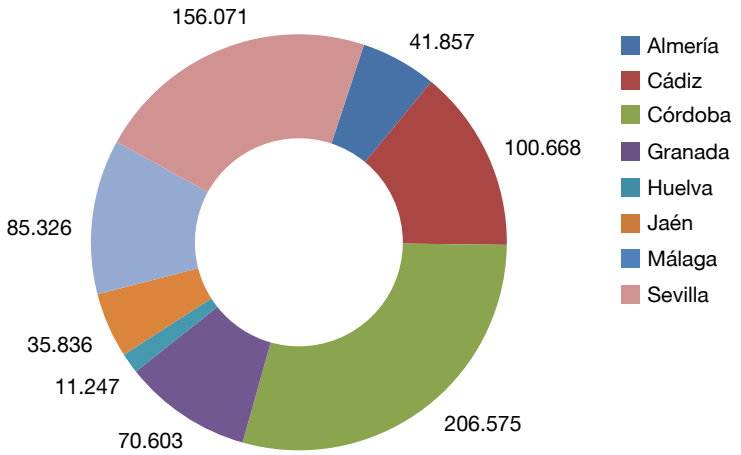
La producción cárnica cunícola es de 527 toneladas, en las provincias de Granada (64,52%) y Málaga (35,48%). En las demás provincias no existe producción censada, aunque es posible que exista cierta cría de conejos destinados básicamente al autoconsumo. Prácticamente la totalidad de la carne producida en mataderos andaluces se queda íntegramente en la propia comunidad. A pesar de ello, se consume más carne de la producida. El déficit lo suplen las comunidades de Galicia, Castilla la Mancha, Castilla-León y Comunidad Valenciana.

La producción cárnica equina censada es de 60 toneladas, íntegramente en la provincia de Sevilla.

La producción total de leche de Andalucía es de 708.184.000 litros. Aproximadamente, dos tercios de la producción láctea corresponden al ganado bovino (66,60%), y el otro tercio al caprino (33,21%). El ganado ovino también produce leche, aunque en muchísima menor cantidad (0,19%).

La distribución provincial de la producción de leche se reparte principalmente entre Córdoba (29,17%), Sevilla (22,04%), Cádiz (14,21%) y Málaga (12,05%) y Granada (9,97%). En menor medida, Almería (5,91%), Jaén (5,06%) y Huelva (1,59%) (Figura 17).

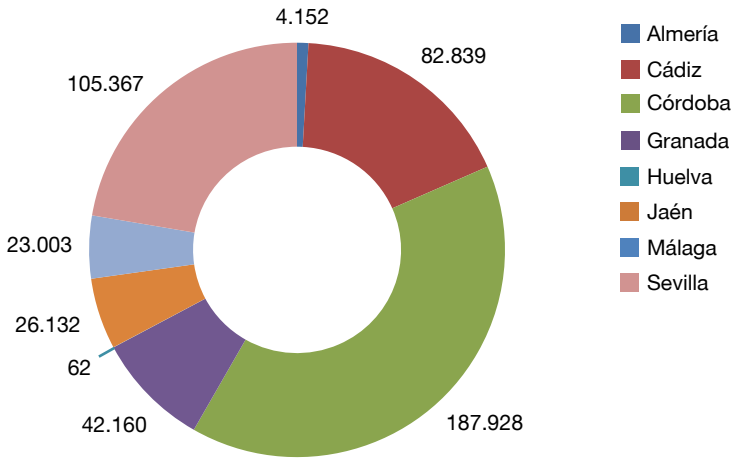
Figura 17. *Producción láctea por provincias (miles de litros).*



Fuente: Elaboración propia a partir de Consejería de Agricultura y Pesca (2006).

La producción láctea vacuna es de 471.645.000 litros, que se concentra principalmente en las provincias de Córdoba (39,85%), Sevilla (22,34%) y Cádiz (17,56%) y, en menor medida, en Granada (8,94%), Jaén (5,54%) y Málaga (4,88%). La producción de Almería (0,88%) y Huelva (0,01%) es muy reducida (Figura 18).

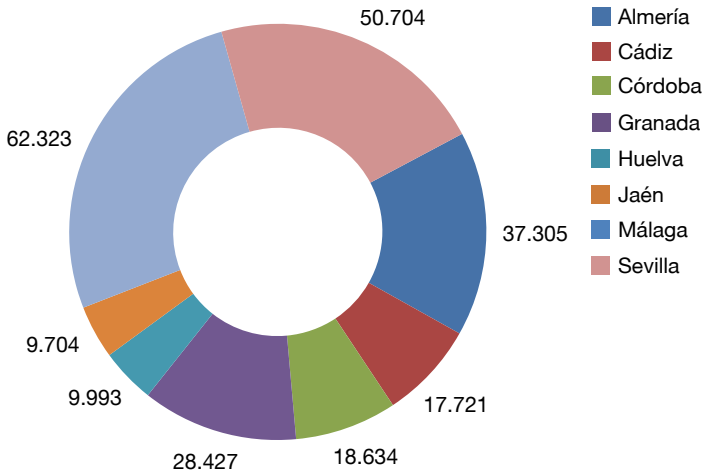
Figura 18. *Producción láctea vacuna (miles de litros).*



Fuente: Elaboración propia a partir de Consejería de Agricultura y Pesca (2006).

La producción láctea caprina es de 235.210.000 litros, que se concentra principalmente en las provincias de Málaga (26,50%), Sevilla (21,56%), Almería (16,03%) y, en menor medida, en Córdoba (7,92%), Cádiz (7,53%), Huelva (4,25%) y Jaén (4,13%) (Figura 19).

Figura 19. *Producción láctea caprina (miles de litros).*



Fuente: Elaboración propia a partir de Consejería de Agricultura y Pesca (2006).

La producción láctea ovina es de 1.329.000 litros, principalmente en la provincia de Huelva (89,69%) y, en menor medida, en Cádiz (8,13%), Granada (8,94%) y Córdoba (0,98%). En el resto de las provincias no se ha censado producción.

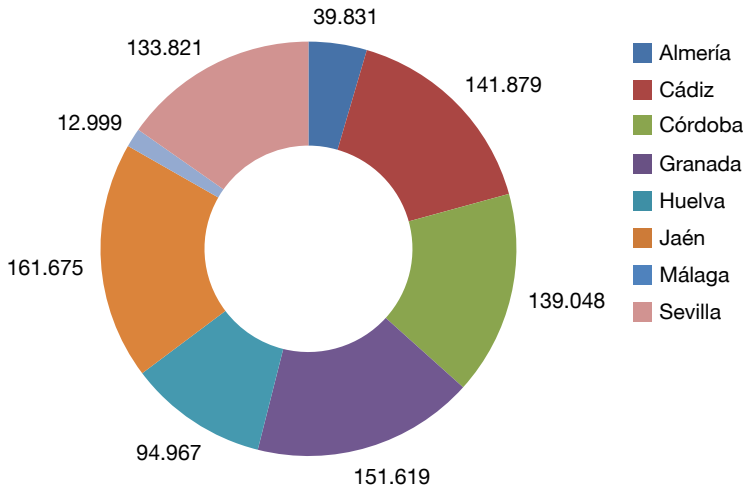
Otros productos ganaderos como la miel, las pieles o los derivados de la avicultura de avestruces o pavos, suponen una pequeña contribución tanto a la Producción Final Ganadera como al número de trabajadores y explotaciones existentes.

6.1.8. Pastos

La ganadería extensiva tiene una gran repercusión en el territorio por su influencia en el paisaje y por su importancia socio-económica en el medio rural. La superficie dedicada a prados y pastizales en Andalucía es de 8.744 Km^2, mientras que la Comunidad Autónoma se extiende en 87.599 Km^2, lo que supone una superficie de pastos herbáceos de casi un 10% del territorio andaluz. A esta superficie de uso ganadero, hay que añadir también las dehesas, los pastos arbustivos y los bosques, así como las zonas agrícolas y rastrojeras que son pastados por el ganado.

La superficie de pastizales por provincias, se reparte de forma bastante uniforme entre Jaén (18,46%), Granada (17,31%), Cádiz (16,20%), Córdoba (15,88%), Sevilla (15,28%) y Huelva (10,48%). Las provincias de Almería (4,55%) y Málaga (1,29%), apenas aportan pastos herbáceos al total (Figura 20).

Figura 20. *Superficie de prados naturales y pastizales por provincias (ha).*



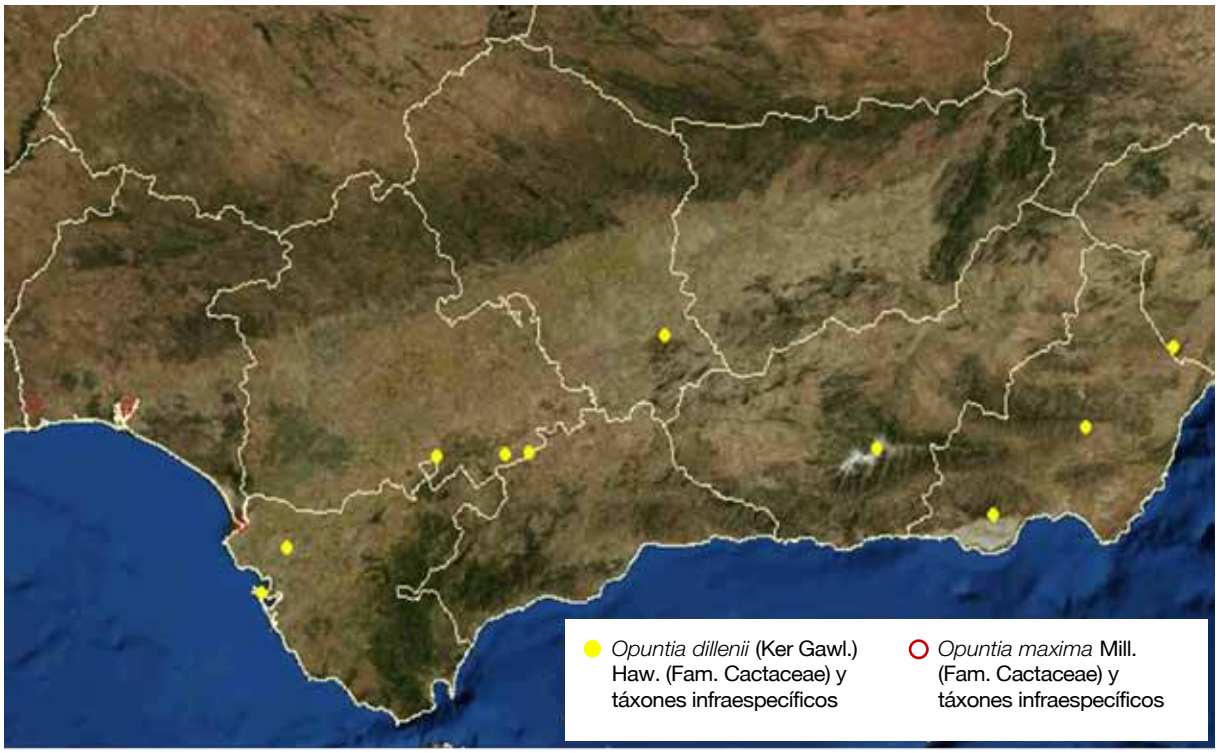
Fuente: Elaboración propia a partir de Consejería de Agricultura y Pesca (2006).

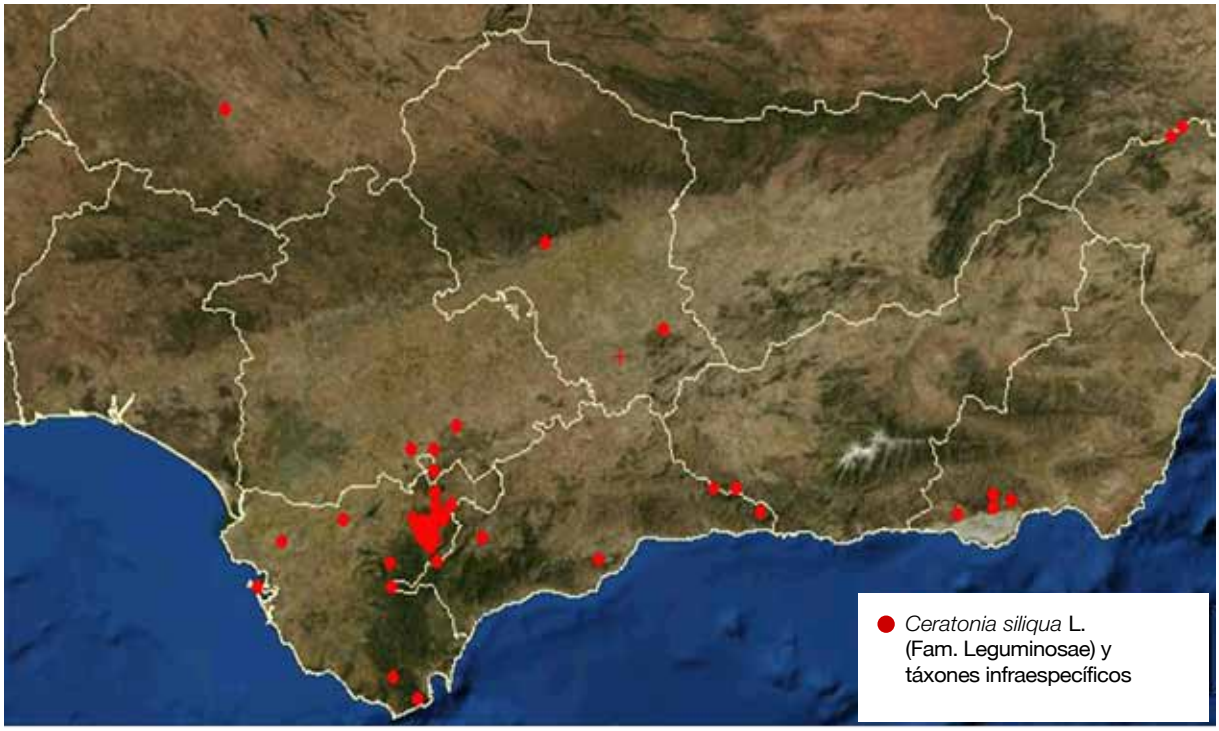
Las formaciones de matorrales y matas ocupan 642.412 ha en Andalucía; los pastos arbustivos también constituyen un recurso alimenticio para el ganado extensivo. Aunque generalmente de menor valor pastoral que el herbáceo, en ocasiones puede tener cierta importancia como en el caso del algarrobo (*Ceratonia siliqua* L.) o la chumbera (*Opuntia* spp.) para el ganado caprino.

En los mapas presentados en la Figura 21 se recoge la distribución de estas especies en Andalucía.

Para el ganado, los bosques en espesura son otro recurso alimenticio y también un refugio, especialmente en las zonas de invierno más duro. Los bosques maderables suponen 985.238 ha en Andalucía y se encuentran mayoritariamente en Huelva (30,64%), Jaén (20,86%) y Granada (16,34%). No obstante, hay que tener en cuenta la gran diversidad de formaciones boscosas y de matorrales existentes en Andalucía y la gran diferencia existente entre sus valores pastorales.

Figura 21. *Distribución en Andalucía de la chumbera (Opuntia spp.) y el algarrobo (Ceratonia siliqua).*

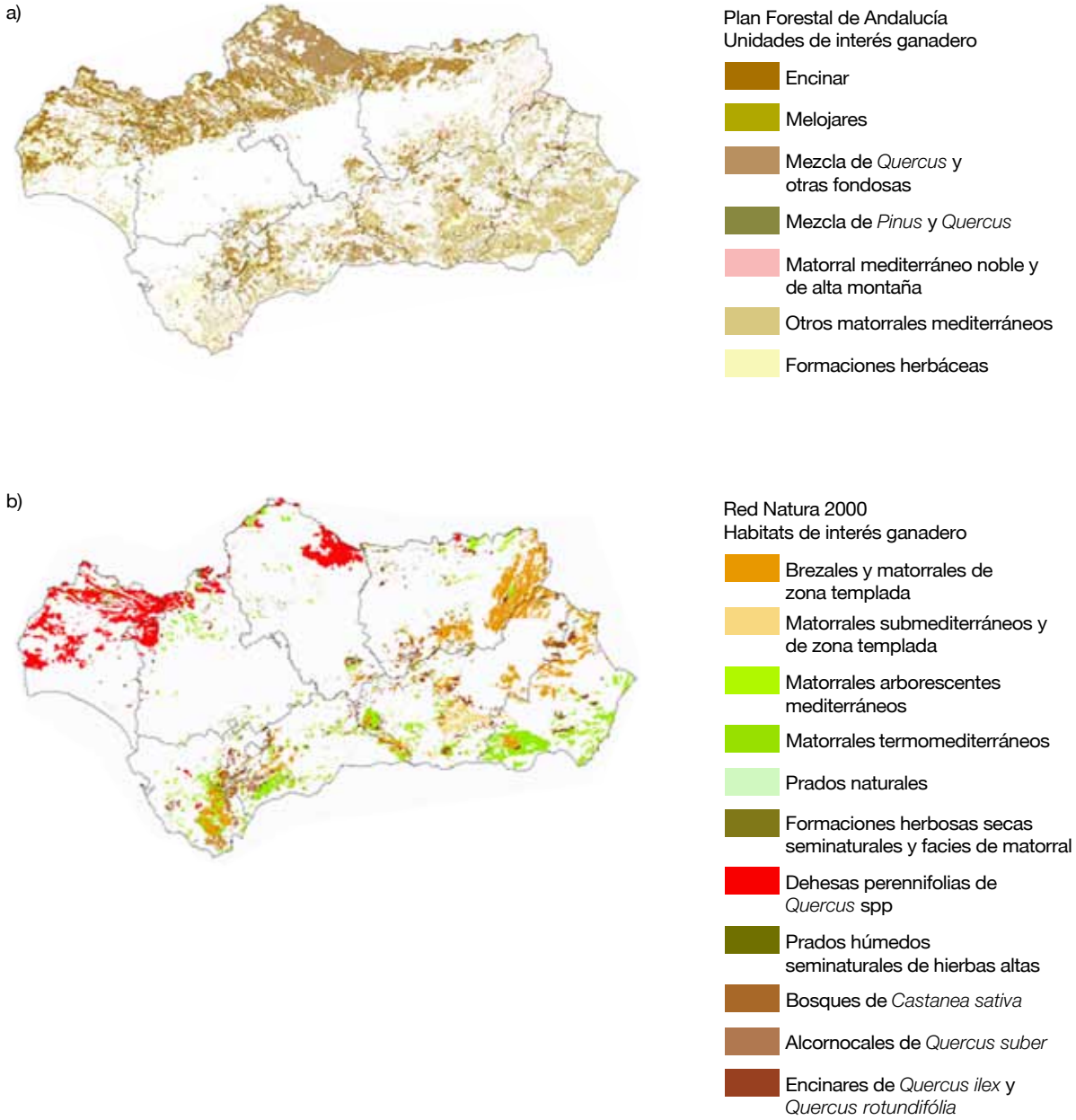




Fuente: Castroviejo y Aedo (Dir.) (2010).

A falta de una cartografía de pastos en Andalucía, se ha querido dar una idea de la distribución y abundancia de los distintos ecosistemas de interés pascícola en la Figura 22. Se presenta el mapa de unidades del Plan Forestal de Andalucía, y el mapa de distribución de hábitats de interés natural. En ambos, se observa la ausencia de sistemas de interés para el ganado extensivo en el Valle del Guadalquivir, zona eminentemente agrícola y que éstos se sitúan en las provincias más occidentales, especialmente al Norte de las provincias de Huelva y Sevilla, así como en la parte oriental de Cádiz, el Parque Natural de Los Alcornocales y las sierras de Ronda y Cazorla.

Figura 22. *Zonas de interés pascícola en Andalucía.*



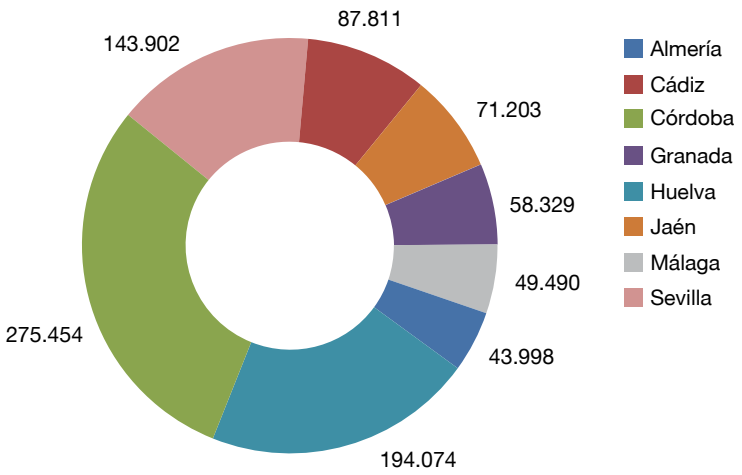
Fuente: a) Consejería de Medio Ambiente (2007b).
b) Consejería de Medio Ambiente (2006).

6.1.9. Dehesa

La dehesa es un sistema multifuncional y multiproductivo basado en el aprovechamiento armónico de recursos naturales para la obtención de productos ganaderos, agrícolas y forestales, proveyendo a su vez a la sociedad de bienes y servicios ambientales.

Las dehesas constituyen un tipo de aprovechamiento ganadero, en combinación con las producciones forestales y agrícolas, de gran importancia ecológica y en la estructura del paisaje. En Andalucía existen 924.261 ha de montes abiertos. Son un paisaje asociado a suelos pobres en nutrientes y a la existencia de una marcada sequía estival, por lo que dentro de la Península Ibérica son típicos del cuadrante Suroccidental. Siguiendo esta tendencia, en Andalucía, el 75,87% de los montes abiertos están en las provincias occidentales: Córdoba (29,80%), Huelva (21,00%), Sevilla (15,57%) y Cádiz (9,50%) (Figura 23). Para dar una idea de la importancia ganadera de las dehesas, obsérvese cómo en estas mismas cuatro provincias se concentra el 91,03% de toda la ganadería bovina y el 96,83% de la ganadería porcina extensiva.

Figura 23. *Aprovechamiento en monte abierto (ha) por provincia.*



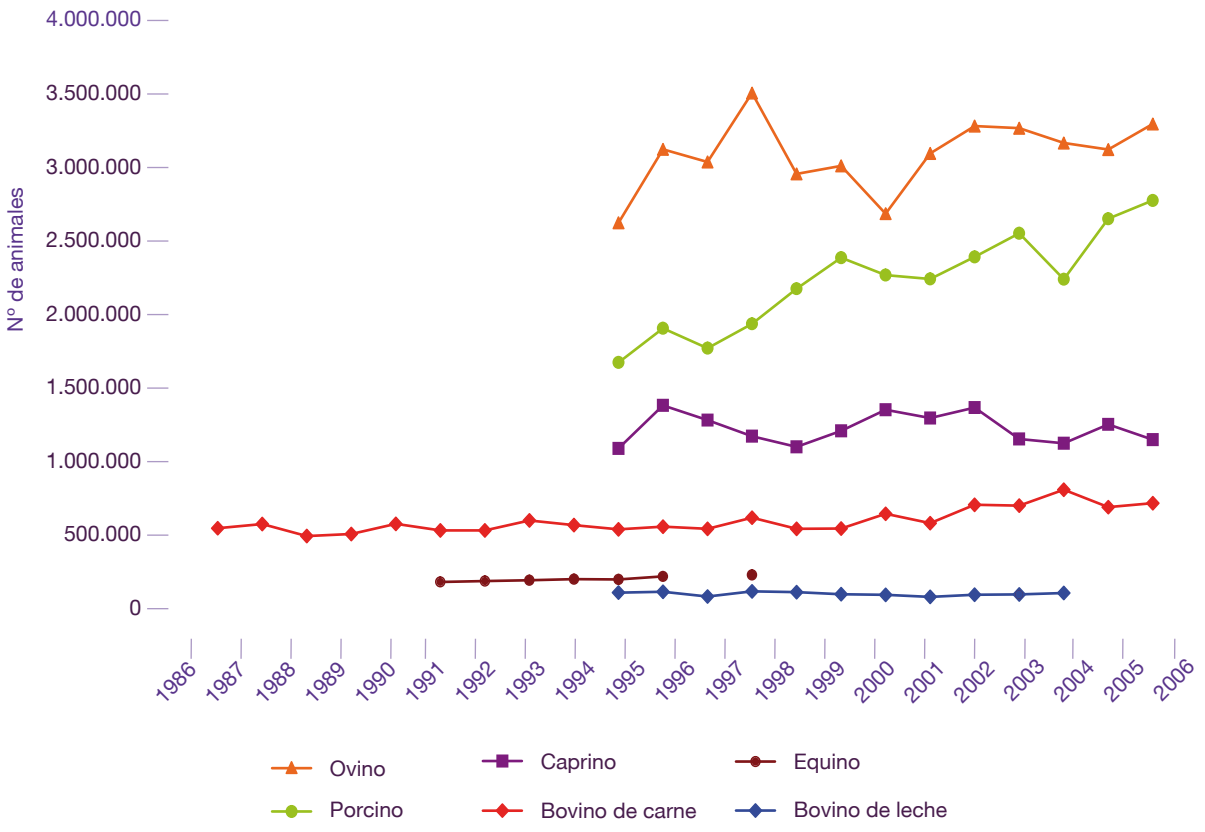
Fuente: Elaboración propia a partir de Consejería de Agricultura y Pesca (2006).

La propia complejidad y el delicado equilibrio de este sistema lo hacen especialmente vulnerable ante las previsiones del cambio climático. No obstante, de cara a mitigar sus posibles efectos, la dehesa tiene un papel importante, como sumidero de carbono y como sistema referente en la utilización sostenible de los insumos.

6.2. Evolución de la cabaña ganadera

Con objeto de mostrar una perspectiva dinámica de la ganadería en Andalucía, se han elaborado una serie de gráficos (Figuras 24 y 25) que representan la evolución del número de animales por especie de las principales cabañas ganaderas en los últimos años. De esta manera, se pretende ilustrar cómo el comportamiento actual, descrito en el apartado anterior, es extensible a un contexto temporal más amplio.

Figura 24. *Evolución de la cabaña ganadera andaluza de bovinos de carne y leche, ovinos, porcinos, caprinos y equinos.*

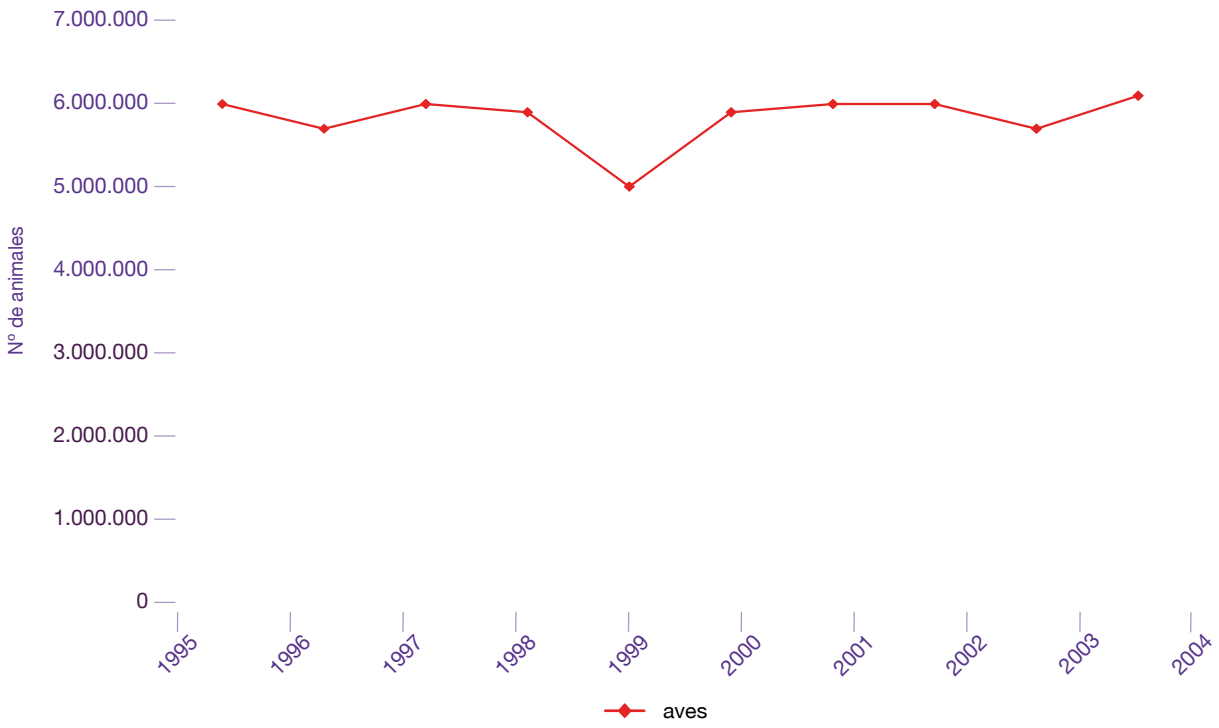


Fuente: Consejería de Agricultura y Pesca (2006, 2007a, 2007b, 2007c y 2007d).

El censo bovino de carne, del que se tiene una serie relativamente larga de datos, no ha experimentado grandes cambios a lo largo del periodo evaluado, situándose en torno a medio millón de cabezas, si bien ha ido incrementando paulatinamente hasta la actualidad, especialmente desde el año 2001. El cálculo del incremento entre el año 2007 y el 1985 arroja una cifra de 30%, lo que supone unos 170.000 animales más. En cuanto al vacuno lácteo, el cálculo del incremento entre los años 1995-2005, es inferior al 3% si bien el número de animales mostró tendencias diversas a lo largo del mismo destacando el descenso sufrido en 1997, que le llevó a registrar un mínimo de 67.113 cabezas, y el ascenso sufrido al año siguiente, superando las 100.000 cabezas y alcanzando la cifra más alta del censo para todo el período. A partir de 1998 comienza un descenso progresivo en el número de efectivos que dura hasta 2002, donde se registra el valor más pequeño del censo, de 63.891 cabezas. Finalmente, se cambia esta tendencia y se produce un ascenso al final del período estudiado. En el periodo para el que hay datos, tanto el censo caprino como el ovino muestran una elevada variabilidad interanual con una tendencia hacia el incremento del número de cabezas de ganado, muy marcado en el caso del ganado ovino y menos en el del caprino. El censo ovino osciló entre los 3 millones de cabezas, mostrando un comportamiento en dientes de sierra, para iniciar posteriormente una tendencia al alza hasta 2003, año en que se estabiliza la cabaña ovina hasta 2004. Por su parte, el censo de caprino mostró ligeras variaciones que oscilaron entre 1 y 1,5 millones de cabezas.

En cuanto al ganado porcino, el número de cabezas censadas aumentó durante el período 1995-2005 en un 40%, mostrando una tendencia global creciente, con algunos altibajos. Es sin duda, la especie que muestra una tendencia más clara ya que se incrementa en más de un millón de animales la cabaña en una década. En el análisis que sigue, se ha considerado que esta tendencia puede ir en aumento, siendo necesario prestar especial atención a esta especie en cuanto a su importancia relativa tanto en la Producción Ganadera Final como en el número total de animales.

Figura 25. *Evolución del número de aves en explotaciones ganaderas andaluzas.*



Fuente: Consejería de Agricultura y Pesca (2008a).

En cuanto a la avicultura, la evolución del censo ha presentado altibajos a lo largo del período 1995-2004, no mostrándose cambios muy significativos en el número total de animales. El incremento en el número de aves es inferior al 2%.

6.3. Conclusiones de la caracterización

La caracterización del sector ganadero en Andalucía realizada permite definir los sectores ganaderos prioritarios a analizar en base al número de cabezas de ganado, su contribución a la producción de leche y carne, a su evolución histórica y al peso relativo en el carácter económico del sector. Así, pese a ser conscientes de la necesidad de evaluar todas y cada una de las especies de interés ganadero en el marco del cambio climático, considerando las limitaciones de medios y tiempo existentes para llevar a cabo el presente trabajo, se ha optado por seleccionar al ganado vacuno de leche y carne, al porcino y al caprino y ovino (conjuntamente) como objetos de estudio. Es necesario señalar, sin embargo, que muchas de

las consideraciones realizadas aquí son válidas para el resto de especies y que, en términos generales, los impactos del cambio climático previstos afectarán a todas las especies sin excepción, aunque en distintos órdenes de magnitud.

Además de las especies consideradas en la caracterización, existen otros sectores ganaderos, que no necesariamente ocupan amplias extensiones, pero que sí son importantes debido a la influencia que presentan sobre la población, el territorio, el paisaje y/o las actividades socioeconómicas como, por ejemplo, la ganadería de gran tradición histórica en Andalucía como la caballar o la ganadería, con categoría de patrimonial, del toro de lidia. Aunque no se analicen en esta memoria, se considera importante abordar su estudio en futuros trabajos de adaptación al cambio climático.

Entre las zonas donde se concentra un importante número de explotaciones y animales y donde mayores son las contribuciones en la producción láctea y de carne, destaca la provincia de Sevilla, el norte de Huelva y Córdoba, Cádiz y Málaga. La evaluación realizada de impactos asociados al cambio climático ha tenido en cuenta la existencia de estas zonas especialmente valiosas.

7 Evaluación de la vulnerabilidad

7.1. Introducción

Según el IPCC (2007), *"Los estudios científicos muestran que la salud humana, los sistemas ecológicos y los sectores socioeconómicos, todos los cuales son vitales para un desarrollo sostenible, son sensibles a los cambios del clima –y en particular, a la magnitud y rapidez del cambio climático– y a los cambios de variabilidad climática [...]. El cambio climático supone un importante factor adicional de desgaste de los sistemas ya afectados por una creciente demanda de recursos, por unas prácticas de gestión insostenibles y por la contaminación...".*

Uno de los principales retos que afronta la industria de producción de alimentos de origen animal es el de aumentar la capacidad de producción para satisfacer las necesidades de alimento que exige la creciente población humana. De hecho, uno de los programas de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) de la ONU en marcha, se titula "Alimentando a un hambriento y caliente planeta: el reto de crear más comida con menos emisiones de gases de efecto invernadero" y tiene por objeto dar cumplimiento con el reto comentado.

Estas afirmaciones indican la necesidad de evaluar la vulnerabilidad bruta del sector ganadero y analizar el impacto del cambio climático, estableciendo medidas de adaptación que sean además concordantes con las políticas existentes en materia de desarrollo sostenible, contaminación y políticas sectoriales aplicables a cada sistema o sector.

El análisis de la vulnerabilidad bruta se basa en la evaluación de los efectos del cambio climático sobre la ganadería andaluza, tanto directos (bienestar animal y producción en función del exceso de calor), como indirectos (disponibilidad de forraje y pastos), proporcionando información sobre la sensibilidad climática de las distintas cabañas y el nivel de exposición al que se verán sometidas en el futuro. De esta manera, se podrá iniciar un proceso que favorezca la puesta en marcha de medidas de adaptación que reduzcan la vulnerabilidad neta y aseguren la competitividad de la ganadería en el futuro, en línea de lo indicado por la FAO (2009a).

Con la evaluación de la vulnerabilidad de la cabaña ganadera frente al calentamiento previsto y el análisis de la incidencia de eventos meteorológicos extremos en Andalucía (episodios de sequía y lluvias torrenciales), se pretende alcanzar una serie de conclusiones que permitan la definición y desarrollo de medidas de adaptación del sector ganadero al cambio climático y la identificación de líneas de investigación prioritarias.

El objetivo del presente capítulo es evaluar de qué manera los cambios previstos en las variables temperatura y precipitación (comportamiento medio y extremo) afectarán al ganado andaluz en el futuro. Para ello se evalúa, en primer lugar, la vulnerabilidad asociada al efecto de las temperaturas demasiado elevadas sobre las distintas especies animales consideradas en este estudio. Tal y como se recoge en el apartado siguiente, de esta exposición a condiciones estresantes depende, no sólo el estado de salud de la población ganadera, sino también su producción de leche y carne. Por otro lado, se evalúa la vulnerabilidad asociada a eventos meteorológicos extremos: la sequía y su relación con la disponibilidad de pastos en Andalucía y el régimen del potencial erosivo de la lluvia del que depende en buena medida la capacidad del suelo para albergar pastos. De la integración de ambos análisis es posible identificar las zonas más vulnerables e identificar impactos potenciales sobre el sector.

7.2. Estrés térmico, bienestar animal y producción ganadera. Revisión bibliográfica

El medio ambiente actúa sobre el comportamiento, la fisiología, la salud y los rendimientos de los animales domésticos, siendo la temperatura uno de los parámetros más relevantes a considerar. Teniendo en cuenta los posibles escenarios de cambio climático comentados en el apartado 5, la exposición a elevadas temperaturas supone una importante fuente de vulnerabilidad para las distintas cabañas ganaderas en Andalucía. Se ha optado por considerar este parámetro como central en la evaluación de la vulnerabilidad, pues se tienen registros tanto de la temperatura pasada como de previsiones para 2050. A continuación, se realiza una revisión bibliográfica de diferentes documentos internacionales y nacionales que evalúan el estrés térmico en los diferentes tipos de ganado considerados. Esta exposición de evidencias científicas pretende ser un compendio relativamente exhaustivo del conocimiento actual y servir de base para establecer los criterios de la evaluación de la vulnerabilidad de los animales en situaciones de estrés por altas temperaturas. Se trata aquí de evaluar la importancia del estrés por exceso de temperatura ambiental sobre el bienestar y producción del ganado, de manera que se puedan 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.

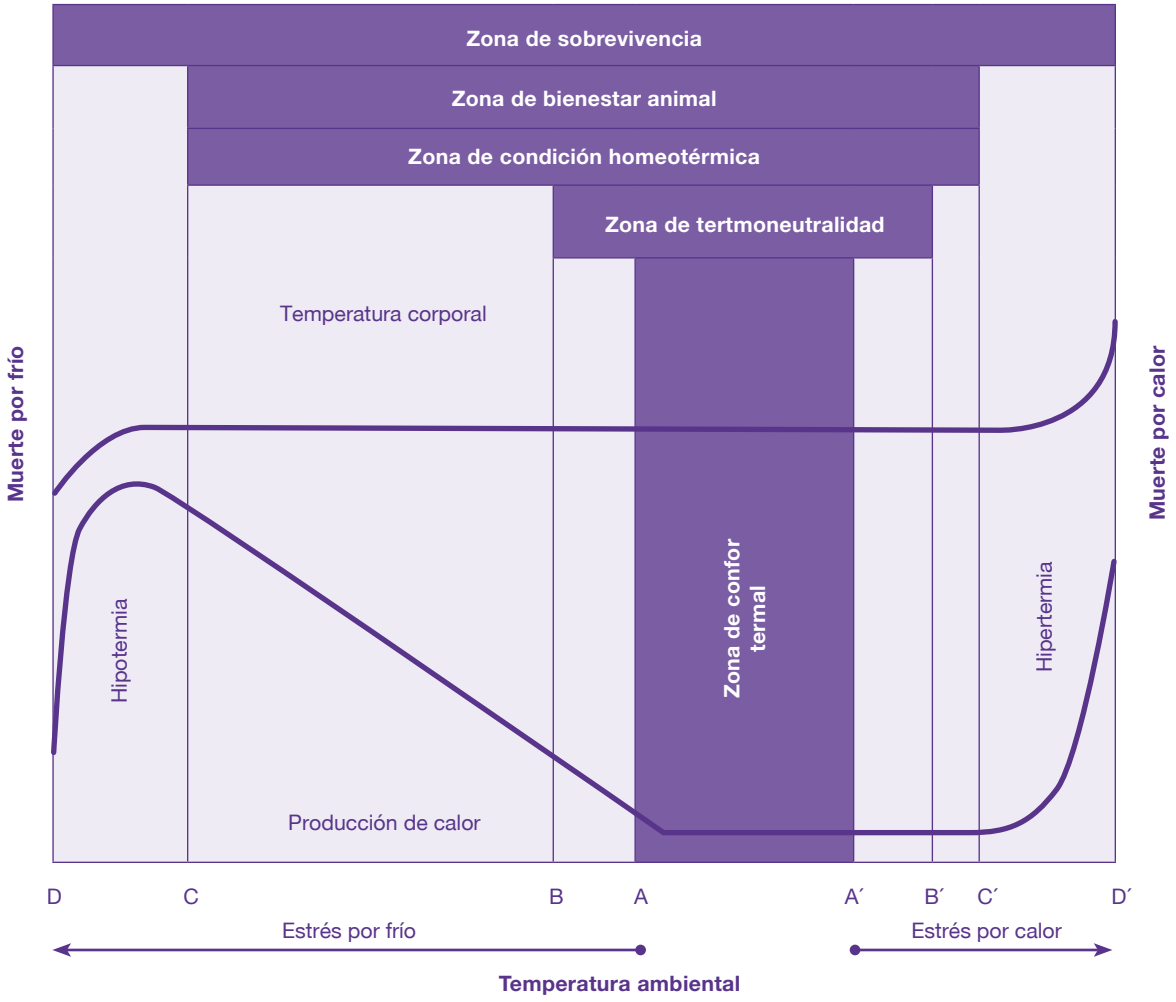
El estrés térmico

Para todos los mamíferos es posible definir una zona de bienestar térmico. La constancia de las pérdidas térmicas se debe a la vasodilatación periférica, sin que otros mecanismos se pongan en marcha. Más allá de esta zona, la evaporación de los líquidos corporales permite regular las pérdidas térmicas a medida que la temperatura exterior aumenta. Una vez alcanzada la vasodilatación máxima, la evaporación cutánea y respiratoria aumenta de manera lineal en relación a la temperatura ambiente, permitiendo un equilibrio de los cambios térmicos. La eficiencia de la evaporación se debe a la importante cantidad de energía necesaria para permitir el paso del agua del estado líquido al estado gaseoso. El incremento de la evaporación cutánea se obtiene por la emisión de sudor a nivel de las glándulas sudoríparas y de la evaporación respiratoria por el incremento de la frecuencia respiratoria.

Ni la emisión de sudor ni la frecuencia respiratoria pueden aumentar indefinidamente y, por lo tanto, la cantidad de líquido que puede evaporarse está limitada por la humedad del aire. La temperatura corporal aumenta, produciéndose la hipertermia, estrés calórico o estrés térmico (Berbigier, 1988) (Figura 26).

Sin embargo, en las condiciones naturales de los rebaños la situación no es tan simple. El medio térmico no se reduce a la temperatura ambiente, la radiación solar o la humedad del aire, que pueden acentuar la carga térmica, sino también a la circulación del aire o las bajas temperaturas nocturnas que pueden aligerarla. No todos los animales responden de igual manera a un mismo medio térmico; las razas locales son generalmente más resistentes o están mejor equipadas para la termólisis, mientras que los animales altos productores de leche o de carne tienen que evacuar más calor metabólico.

Figura 26. *Representación esquemática de las condiciones ambientales críticas para la supervivencia animal.*

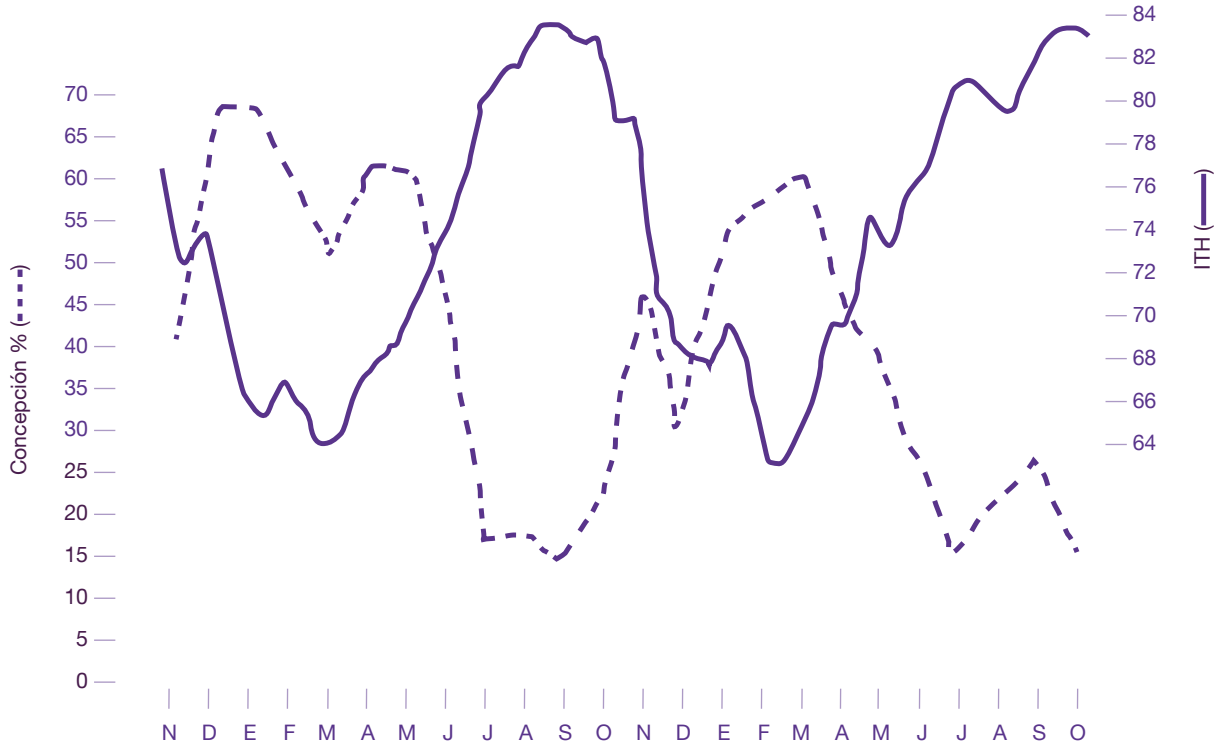


Fuente: Arias *et al.* (2008).

Los elementos climáticos más importantes que afectan al desarrollo de los animales domésticos son: temperatura del aire, humedad relativa, radiación neta, movimiento del aire y presión barométrica. La temperatura del aire a través de sus efectos directos o indirectos es considerada como el elemento climático más importante. El factor humedad es tanto más importante cuanto mayor es la temperatura del aire. La radiación solar contribuye a impartir una cantidad adicional significante de carga de calor en los animales.

Otro de los aspectos de las altas temperaturas sobre el bienestar animal tiene que ver con la fertilidad, sobre todo en las hembras. En vacas lecheras lactantes, a altas temperaturas estivales, la tasa de concepción es menor y la tasa de mortalidad embrionaria es mayor (Figura 27). Se observa que para los periodos estivales de los dos años analizados, el porcentaje de concepción disminuye considerablemente respecto de los meses invernales y primaverales, recuperándose paulatinamente a lo largo de los meses de otoño.

Figura 27. *Asociación del índice de temperatura humedad (ITH) con el porcentaje de concepción en vacas lecheras. Comportamiento también observado en vacas de carne.*



Fuente: Román Ponce (1978).

7.2.1. Ganado bovino

Respuestas del ganado bovino a condiciones de estrés climático

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) (Schimmelpfennig *et al.*, 1996) llevó a cabo experimentos para determinar los efectos del estrés térmico de 32ºC durante un largo periodo de tiempo sobre el comportamiento reproductivo en vacas de diferentes razas productoras de carne. Se recogen a continuación, los principales resultados obtenidos en éste y en otros estudios similares. Puede considerarse que pese a existir diferencias climáticas entre Andalucía y las regiones ganaderas estadounidenses, las observaciones registradas son de carácter general y son válidas con cierto margen de seguridad para la cabaña ganadera bovina frisona de Andalucía. En la actualidad no se dispone de datos propios para el territorio autonómico, si bien, en el futuro, no se descarta realizar una actualización de los análisis en el caso de disponer de datos más específicos. Se presentan las observaciones agrupadas por tipo de cambio registrado como respuesta al estrés térmico.

Cambios hormonales

Durante períodos de condiciones climáticas adversas se han reportado variaciones en el consumo de alimento, reducciones en las ganancias de peso y en casos más extremos, hasta la muerte del ganado (Hahn y Mader, 1997; Mader, 2003). West (2003) señala que numerosos cambios fisiológicos ocurren en el sistema digestivo, química ácido-base y concentración de hormonas en la sangre del ganado bovino durante el período estival. Diversas investigaciones sugieren que las altas temperaturas decrecen la actividad de la glándula tiroides, mientras

que condiciones frías incrementan su actividad, afectando la motilidad y la tasa de pasaje de los alimentos (Habeeb *et al.*, 1992). La glándula tiroides produce las hormonas tiroxina y triyodotironina, las que influencian diferentes procesos celulares, en particular la termogénesis que representa cerca del 50% de la tasa metabólica basal de animales en condiciones normales. Las concentraciones de estas hormonas en el plasma sanguíneo se reducen en 25% en animales bajo condiciones de estrés por calor (Beede y Collier, 1986). Estas modificaciones en la actividad de la glándula tiroides son consistentes con la menor tasa metabólica, menor consumo de alimento, menor crecimiento y menor producción de leche en condiciones de estrés térmico.

En animales expuestos a temperaturas de 35ºC, después de 20 minutos, la concentración de cortisol en el plasma sanguíneo aumentó de 30 a 37µg/L, para alcanzar finalmente después de 2 a 4 horas, un valor estable de 43µg/L (Christison y Johnson, 1972). Sin embargo, después de prolongados períodos de exposición al calor los animales ajustaron la secreción de cortisol. Similares respuestas fueron encontradas por Abilay *et al.* (1975) utilizando novillos Holstein, quienes además reportaron la existencia de una estrecha relación entre la concentración de cortisol en el plasma sanguíneo y la temperatura rectal y ambiental. La secreción de cortisol estimula ajustes fisiológicos que permiten al animal tolerar el estrés causado por un calor excesivo. Respecto de la afección de la combinación de temperatura y humedad, Igono *et al.* (1988) reportaron que las concentraciones de la hormona de crecimiento en vacas lecheras de distintos niveles de producción se redujeron cuando el índice de temperatura humedad (ITH) era mayor que 70 y sugirieron que esta reducción es una estrategia del animal para reducir la producción de calor metabólico.

Cambios en los patrones de alimentación

El ganado expuesto a cortos períodos de calor disminuye su consumo diario de materia seca (CMS), especialmente cuando se utilizan dietas de alta densidad energética (Nienaber *et al.*, 2003). El efecto del medioambiente en el consumo voluntario de alimento ha sido bien documentado (NRC, 1981; Beede y Collier, 1986; Mader, 2003), destacando una relación inversa entre temperatura ambiental y consumo voluntario de alimento. Sin embargo, la información respecto del efecto de otros factores ambientales sobre el consumo voluntario de alimento es limitada. Las condiciones ambientales afectan directamente la demanda de energía para mantenimiento, así como también para la activación de algunas respuestas fisiológicas y de comportamiento animal necesarias para hacer frente a las condiciones adversas del clima (NRC, 1981; Beede *et al.*, 1985). La reducción del CMS durante la época estival es un intento del animal por alinear sus demandas energéticas con su capacidad de perder calor. Esta reducción del CMS es sin duda la mayor influencia en la disminución de la productividad del ganado. La temperatura y el ITH de los días previos son los que tienen una mayor influencia en el CMS y en la producción de leche (West *et al.*, 2003).

Cambios fisiológicos

Entre los principales cambios fisiológicos observados es posible mencionar el aumento en la tasa de respiración, pulso, sudoración y vasodilatación. El aumento en la tasa de respiración tiene por objeto aumentar la pérdida de calor por las vías respiratorias y es una de las vías más importantes para mantener el balance térmico durante el verano. Silanikove (2000) planteó que la medición de la tasa de respiración de los animales y la determinación de si éste se encuentra en proceso de jadeo, así como también la cuantificación del jadeo es

la forma más fácil y asequible de evaluar el estrés por calor en el ganado en condiciones comerciales de producción. Brown-Brandl *et al.* (2005), agregan que para su medición no se requiere de equipos sofisticados, además, a diferencia de la temperatura corporal, su respuesta es prácticamente inmediata en el animal y sigue casi el mismo patrón de la temperatura ambiental. Así, la tasa de respiración es uno de los mecanismos más importantes a considerar al momento de evaluar el nivel de estrés por calor del ganado, ya que es una de las principales respuestas observables en el animal cuando está expuesto a temperaturas por encima de su umbral de confort.

Se estima que sobre los 25 °C comienza a registrarse un incremento en la tasa de respiración, sin embargo, ésta es una respuesta individual que varía según la raza y estado fisiológico de cada animal (Gaughan *et al.*, 1999) para distintas variedades de bueyes. En ganado bovino, valores de 20 a 60 exhalaciones por minuto (epm) son consideradas normales, pero cuando la temperatura ambiental aumenta por encima de los 25 °C aumenta también la tasa de respiración pudiendo llegar a valores superiores a las 200 epm. Estos valores decrecen a un rango de 120-150 epm bajo condiciones extremas de calor, es decir, con temperaturas ambientales mayores a 40 °C (McGovern y Bruce, 2000). La mayor tasa de respiración en una primera instancia ayuda al animal a lograr una mayor disipación del exceso de calor por las vías respiratorias, gracias a un incremento en la frecuencia y a una disminución del volumen de aire inspirado (McGovern y Bruce, 2000). Sin embargo, en condiciones más extremas esto no resulta suficiente para lograr refrescar al animal, por lo que la respiración vuelve a ser un poco más lenta y profunda. La mayor tasa de respiración implica una mayor actividad muscular, lo que contribuye a una mayor producción de calor. Así, el jadeo demanda un aumento en los requerimientos de mantenimiento en aproximadamente un 7%, mientras que un incremento del 18% es asociado a tasas de respiración más pausadas y profundas (NRC, 1981). Nienaber *et al.* (2003) indican que tanto la tasa de respiración como la temperatura corporal son las principales variables afectadas en relación con los procesos termorregulatorios, indicando además que la temperatura ambiental y el ITH tienen un marcado efecto sobre la temperatura rectal, la tasa de respiración y el pulso del animal. Brown-Brandl *et al.* (2005) determinan que la tasa de respiración, la temperatura corporal y el consumo de alimento fueron afectados por temperaturas cíclicas (32 ± 7 °C) y que los animales sufren devastadoras consecuencias cuando no tienen un período de aclimatación a las condiciones de calor. Hahn *et al.* (1997) reportaron un incremento en la tasa de respiración del ganado de 4 epm por cada grado de incremento sobre 21 °C, con una línea de base de 60 epm en condiciones de termoneutralidad. Eigenberg *et al.* (2000) señalaron que la tasa de respiración responde a la temperatura ambiente, con una tasa de cambio lineal de 6,4 ± 0,8 epm por grado Celsius para novillos expuestos al sol, y de 1,6 ± 0,8 epm por grado Celsius para novillos bajo sombra. Brown-Brandl *et al.* (2005) corroboraron que el aumento en la tasa de respiración es menor cuando el ganado se encuentra bajo la sombra. La tasa de respiración incrementa en forma no lineal como respuesta al incremento de temperatura ambiental con un punto de inflexión que se alcanza entre los 20 y 25 °C (Hahn *et al.*, 1997; Eigenberg *et al.*, 2000).

La evaluación de Aiken (2006) indica que el uso de implantes anabólicos que contienen estradiol ayudaría a los animales a reducir los problemas de estrés por calor en los engordes a corral, ya que investigaciones en seres humanos indican que el estradiol tendría un efecto vasodilatador, mientras que existen evidencias de que la progesterona tendría un efecto vasoconstrictor.

Cambios de comportamiento

Para evitar los efectos del exceso de calor los animales también modifican su comportamiento habitual. Bajo condiciones de estrés térmico los animales disminuyen el tiempo dedicado a consumir alimento y al que permanecen echados. También se reduce la agresividad del ganado. Por otra parte, aumenta el tiempo dedicado a beber agua y el que permanecen de pie cerca de los bebederos. También es posible observar cambios en la distribución del ganado dentro de los corrales, permaneciendo más tiempo en aquellos lugares con mejor ventilación (Álvarez Nogal, 2002).

Estrés calórico en vacas lecheras

En el vacuno lechero se ha comprobado que una sensación térmica estresante es el factor que mayor influencia negativa ejerce sobre la producción lechera, especialmente en animales de gran mérito genético (Kadzere *et al.*, 2002). Como animales de sangre caliente que son, las vacas lecheras deben mantener constante su temperatura corporal interna, cuyo mejor exponente desde un punto de vista práctico es la temperatura rectal (TºR: 38,6 ± 0,6°C). Gracias a los mecanismos de regulación térmica de que disponen, estas hembras se muestran en general más tolerantes al frío que al calor o, dicho de otro modo, mantienen la homeotermia más fácilmente con temperaturas bajas que con las altas, lo que implica pérdidas de productividad más prematuras y acusadas con exceso de temperatura. Si a la subida de la temperatura ambiental se une el abundante calor producido a consecuencia de la intensa actividad metabólica que caracteriza a las vacas lecheras, más difícil aún les resulta a estas hembras mantener el equilibrio térmico, prueba evidente de su especial sensibilidad al calor ambiental. En este contexto, tres hechos son de obligada mención: a) la intensificación del metabolismo y, subsiguientemente, de la termogénesis que traen consigo las cada vez más altas exigencias productivas a las vacas lecheras; b) sobre todo en zonas cálidas, la confrontación de las vacas a las altas temperaturas caniculares o a condiciones climáticas incluso más extremas, como ocurre ante una ola de calor y también tras una tormenta estival que deja abundante calor y humedad ambiental; c) el calentamiento global del planeta asociado al cambio climático. La suma de estos hechos hace más vulnerables aún al calor a las vacas lecheras y las predispone al padecimiento de estrés calórico o térmico.

Reacciones de las vacas lecheras a la subida de la temperatura ambiental

Entre los 5-15ºC de temperatura ambiental, las vacas apenas encuentran dificultad para mantener su temperatura corporal constante; se dice que se encuentran en el intervalo de neutralidad térmica. Por encima de los 15ºC, comienzan a activarse los mecanismos termorreguladores del organismo, identificados en primer lugar con la intensificación de la expulsión del calor corporal y en segundo, con la reducción de la producción de éste mismo. Del cuerpo de una vaca el calor se libera espontáneamente por radiación, conducción y convección y para que así siga ocurriendo a pesar de la dificultad que entraña la elevación de la temperatura ambiental, se hace necesaria cierta adaptación que implica diversas modificaciones fisiológicas y etológicas, como las comentadas anteriormente, que contribuyen al mantenimiento de la homeotermia.

Conforme la temperatura sigue subiendo, se da paso en la disipación del calor, a las llamadas pérdidas evaporativas, no en vano se basan en la absorción del calor subyacente con que discurre la evaporación del agua corporal, fenómeno que se desarrolla tanto en los pulmones

(inspiración/espiración del aire) como en la cara externa de la piel (sudoración), si bien la acción refrigerante es más efectiva en este segundo asentamiento en el caso de la especie vacuna; así se explica, por ejemplo, otra de las modificaciones etológicas de las vacas enfrentadas a una situación de calor, el humedecimiento voluntario de su cuerpo con agua o incluso con fango como si de un complemento del sudor natural se tratara (Figura 28). La intensificación de las pérdidas de calor posibilita el equilibrio térmico del organismo a pesar de la subida de la temperatura ambiental pero sólo hasta determinado valor de ésta, sobrepasado el cual el calor no llega a eliminarse en cuantía suficiente quedando retenido en el propio cuerpo. Se establece así un estado de hipertermia (TºR > 38,6ºC) que identifica lo que es ya una situación declarada de estrés térmico en que se ven inmersas las vacas y que desencadena en éstas las necesarias respuestas orgánicas.

Figura 28. *Efecto del barro en animales en engorda a corral. El barro afecta al consumo de materia seca, así como la demanda y distribución de la energía consumida en la dieta.*

Fuente: Arias, R. A., Marder T. L. y Excobar, P. C. (2008).

Existe una temperatura ambiental asociada al estrés calórico que no es fija, sino que varía con factores como la propia raza (sabido es que el ganado cebuíno es más tolerante al calor que cualquier otra raza vacuna), el nivel de producción (los altos niveles llevan aparejados una copiosa termogénesis que hace a los animales más susceptibles al estrés) y otras condiciones ambientales (lluvia, viento, incidencia directa de los rayos solares). En cualquier caso, resulta mejor referente del estrés térmico el índice de temperatura humedad ambiental (ITH), lógico si se tiene en cuenta que las pérdidas evaporativas de calor, las más eficientes en la regulación de la temperatura corporal, se verán limitadas en su desarrollo y efectividad en proporción directa a la tasa de humedad en el aire. Se puede estimar el ITH a partir de la ecuación:

$$ITH = 0{,}81T + HR\,(T-14{,}4) + 46{,}4$$

Siendo T la temperatura ambiental expresada en grados centígrados y HR la humedad relativa expresada en forma decimal (Bohmanova *et al.,* 2007).

Ha sido propuesto, a título orientativo, un ITH de 74 como valor por encima del cual procede hablar ya de estrés calórico. Considerando que los escenarios de clima futuro no suministran datos de humedad relativa, no ha sido posible el uso de este índice, optándose por operar con la temperatura únicamente. Existen combinaciones de temperatura ambiental y humedad relativa que permiten ver cómo la temperatura desencadenante de una situación de estrés térmico oscila entre 24 y 35ºC según sea la humedad relativa del aire, lo que ayuda a entender la disparidad entre autores a la hora de señalar la temperatura ambiental vinculada a situaciones de hipertermia (Tabla 3).

En la franja de temperaturas ambientales conocida como intervalo de neutralidad térmica (5-15ºC), no desatándose reacción termorreguladora alguna en el organismo de las vacas, el nivel productivo de éstas es ajeno a todo aquello que no sea su propio potencial genético y el manejo a que se ven sometidas. A partir de los 16ºC, y en tanto no se llegue a la situación de estrés, sufren unas pérdidas de productividad moderadas como consecuencia de un incremento aproximado del 30% en sus necesidades energéticas de mantenimiento, atribuible a la elevación de los ritmos cardíaco y respiratorio con que reaccionan para impulsar la eliminación del calor y tratar así de mantener constante su temperatura corporal. El verdadero problema surge cuando, consumado el estado de hipertermia y con el fin de restablecer la normalidad homeostática, el organismo reacciona promoviendo una reducción de la termogénesis que, si por un lado resulta esencial para la supervivencia de los animales, resulta en una importante merma productiva.

Tabla 3. *Valores de las variables temperatura ambiente y humedad relativa compatibles con ITH de estrés térmico.*

Temperatura ambiente (ºC)	HR (tanto por uno)	ITH
25	0,8	75,13
25	0,9	76,19
30	0,5	78,50
30	0,6	80,06
30	0,7	81,62
30	0,8	83,18
30	0,9	84,74
35	0,5	85,05
35	0,6	87,11
35	0,7	89,17
35	0,8	91,23
35	0,9	93,29
40	0,5	91,60
40	0,6	94,16
40	0,7	96,72
40	0,8	99,28
40	0,9	101,84

Fuente: Elaboración propia.

Sabido es que el calor se genera en el transcurso de los procesos digestivos y metabólicos, lo que explica las dos clases de respuestas de las vacas incapaces de eliminar en su justa medida todo ese calor. La primera consiste en una disminución del consumo de alimento para aminorar la termogénesis asociada a su digestión (calor de fermentación ruminal) y posterior asimilación de sus constituyentes; obviamente, cuanto más altas son la temperatura y humedad ambientales, más intensa es la disminución, pudiendo variar de moderada a drástica. Además de esta variación cuantitativa de la ingestión tiene lugar otra de tipo cualitativo, concretamente desciende el consumo de alimentos fibrosos, tanto más cuanto peor sea la calidad de la fibra, dada la sobrecarga de calor adicional que la digestión de este componente alimenticio acarrea. La segunda respuesta se identifica con la reducción de la actividad metabólica en su más amplia extensión, sobre todo recordando que algunas de las funciones básicas de mantenimiento del organismo (respiratoria y cardiaca) se hallan aceleradas y con ello, la correspondiente producción de calor. Afecta dicha reducción a la actividad muscular voluntaria y al metabolismo subyacente a las distintas formas de producción, y obedece a un descenso en la secreción de la hormona del crecimiento y de las hormonas tiroideas. Así se explica que en situación de estrés, las vacas entren en una especie de aletargamiento o pereza generalizada para toda clase de movimientos y que, como consecuencia de la ralentización del metabolismo productivo, experimenten un descenso de su productividad.

El estrés térmico repercute negativamente sobre la producción de leche, la función reproductiva y el estado de salud de las vacas. La disminución en la producción láctea es el resultado conjunto de los tres hechos siguientes: el descenso en el consumo de alimento; la reducción de la actividad metabólica concomitante con una secreción rebajada de la hormona del crecimiento y la menor llegada de nutrientes a la glándula mamaria, a causa de la redistribución de la circulación sanguínea que concentra la sangre en la periferia del cuerpo tratando de facilitar la evacuación del calor corporal.

Por un lado sabemos que, en la primera fase de la lactación, la producción de leche se sostiene gracias al alimento consumido y, en gran medida, gracias a las reservas grasas movilizadas al efecto; por otro lado, la síntesis de leche a partir bien de éstas, bien del propio alimento, cursa con una liberación de calor doble en el segundo caso respecto al primero. Por estos motivos, no es extraño que la disminución de la producción de leche, motivada por situaciones de hipertermia, sea más acusada en vacas que se encuentran en las fases media o final de la lactación.

La alteración de la función reproductiva no es sino la consecuencia de ver cómo los distintos parámetros afectos se resienten del estrés calórico. Se refieren a la expresión del celo (coartada por el aletargamiento de las vacas), el desarrollo folicular (inhibido ante la menor secreción de hormona luteinizante, lo que explica la inferior calidad de los óvulos desprendidos y la consiguiente merma de la fertilidad), la viabilidad de los espermatozoides (sensibles a la elevación de la temperatura del tracto genital de las hembras), la viabilidad embrionaria (la hipertermia resulta letal para los embriones en sus dos primeros días de crecimiento), el crecimiento fetal (la redistribución del flujo sanguíneo antes aludida reduce la llegada de nutrientes plasmáticos también a la placenta, comprometiendo el crecimiento fetal), la duración de la gestación (puede llegar a acortarse con el fin de evitar la sobrecarga de calor que supone el incremento térmico de la gestación), y la calidad del calostro (en vacas sometidas a estrés calórico durante las tres últimas semanas de gestación, el calostro producido posee un menor contenido no sólo en proteína sino también, y lo que es más

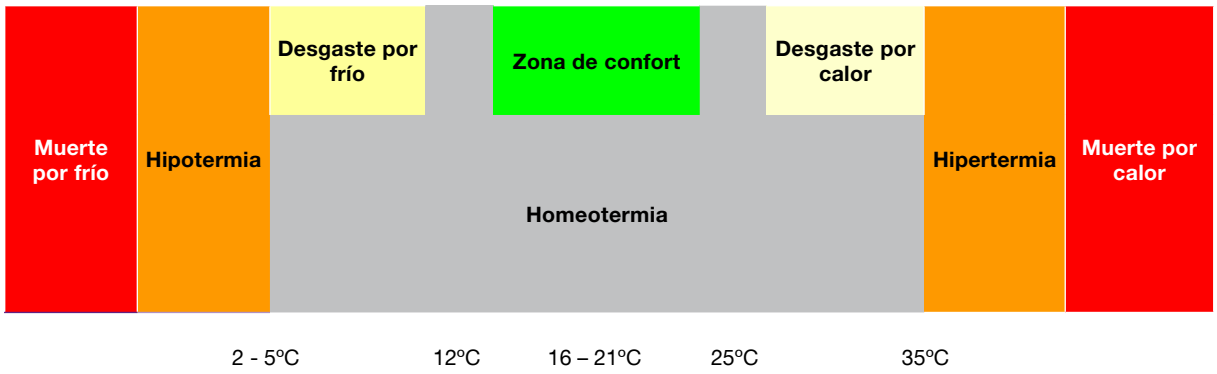
importante, en inmunoglobulinas, con todo lo que ello implica sobre la viabilidad de los terneros recién nacidos).

Que el estado de salud se vea debilitado por el exceso de calor tiene su explicación en una alteración de la función inmunológica que en tal situación acontece, más concretamente en una reducción en la producción de leucocitos y linfocitos que propicia la activación de virus latentes y favorece la instalación de infecciones bacterianas secundarias. En este mismo ámbito, hay que citar la mayor tendencia de las vacas a la acidosis ruminal (con todas sus manifestaciones clínicas) que tres hechos constatados en situación de estrés contribuyen a explicar: la preferencia por el consumo de alimentos concentrados en perjuicio de los fibrosos, el mayor tiempo de permanencia del alimento en el rumen como consecuencia del enlentecimiento del tránsito gastrointestinal y, finalmente, la reducción en la acción neutralizante de la saliva dado que las vacas rumian menos y babean más.

7.2.2. Ganado porcino

El cerdo es un animal homeotermo, es decir, con capacidad para mantener su temperatura interna con bastante uniformidad en un amplio rango de temperaturas ambientales. Sin embargo, esta capacidad sólo es eficiente, siempre que la temperatura ambiente no supere unos umbrales (zona termoneutral, Figura 29), pues al superar dichos límites, el animal es incapaz de adaptarse viéndose comprometidos su bienestar y producción.

Figura 29. *Respuestas térmicas de los cerdos en función de la temperatura ambiental.*



Fuente: Adaptado de Quiles (2007b).

El cerdo genera calor interno a partir de la energía ingerida en los alimentos para mantener las constantes fisiológicas, los procesos productivos (crecimiento, gestación y lactación) y la actividad física. Este calor debe ser eliminado para que la temperatura corpórea no sea excesiva. A medida que aumenta la temperatura ambiente se incrementa la dificultad de los animales para mantener el equilibrio entre el calor producido por el organismo y el calor disipado hacia el ambiente, momento a partir del cual comienzan a disminuir los rendimientos productivos. Cuando los animales son incapaces de adaptarse a las condiciones de calor excesivo, se desencadena el proceso de estrés térmico o hipertermia (Figura 29) que afecta negativamente al bienestar animal y produce una serie de alteraciones importantes en los animales, pudiendo incluso llegar hasta la muerte del mismo.

En la década de los sesenta del siglo XX, se emitió un informe a nivel europeo sobre el bienestar de los animales de granja, base de los códigos de bienestar actuales, en el que se definían cinco necesidades mínimas, entre las que destacaba el confort. Un ambiente inadecuado tiene repercusiones negativas, no sólo en el bienestar y en la salud de los animales, sino también en la producción. De esta manera, uno de los factores ambientales más importantes a controlar en una explotación porcina es la temperatura ambiente, aunque hay que tener en cuenta que ésta presenta una gran interrelación con el resto de los factores ambientales. Conseguir una temperatura adecuada para el buen desarrollo de los cerdos favorece un aumento de la productividad.

Al igual que en el caso del ganado bovino, la reacción de los animales al estrés térmico no es un reflejo exacto de lo que marca el termómetro, ya que la sensación térmica no está únicamente en función de la temperatura sino también de la velocidad del aire, la humedad, el tipo de suelo, etc.

Se entiende por Zona de Confort Térmico (ZCT) el intervalo de temperatura en el cual el cerdo permanece suficientemente cómodo y exteriorizando al máximo su potencial genético. La ZCT está limitada por la Temperatura Crítica Inferior (TCI) y por la Temperatura Crítica de Evaporación (TCE). Si la temperatura ambiente está por debajo de la TCI el cerdo aumenta su ingestión para producir más calor corporal, mientras que si la temperatura ambiente supera la TCE se ponen en marcha los sistemas evaporativos de disipación de calor para disminuir el calor metabólico. Estos mecanismos de refrigeración son muy efectivos en el caso los caballos, porque sudan mucho. Sin embargo, los cerdos utilizan el jadeo debido a la casi ausencia de glándulas sudoríparas, no resultando un mecanismo muy eficiente. Por ello, puede llegar un momento en que al animal le resulte imposible mantener la temperatura corporal, denominando a ese punto Temperatura Crítica Superior (TCS), por encima de la cual la consecuencia es la muerte.

La delimitación de la zona de confort térmico no es fácil de establecer ya que son varios los factores que intervienen en la misma. Así, los requerimientos más altos de temperatura los presentan los animales alimentados menos veces al día, con menor peso corporal y cuyo alojamiento es aislado, en suelo de hormigón y con menor velocidad de aire.

Frente al exceso de calor, los cerdos responden de dos maneras, consumiendo menos pienso para producir menos calor y desviando parte de la energía ingerida a hacer frente, mediante una serie de mecanismos fisiológicos y etológicos, al exceso de temperatura, afectando por tanto a la disponibilidad de energía para los procesos productivos.

Los mecanismos de pérdida de calor son mediante intercambio directo con el medio a través de radiación, convección y conducción (pérdida de calor sensible) y/o mediante evaporación del agua a través del tracto respiratorio y, en menor medida, de la superficie corporal (pérdida de calor latente). La pérdida de calor a través de la piel es muy poco significativa ya que las cerdas no cuentan con glándulas sudoríparas eficaces para perder humedad a través del sudor, por lo que la evaporación tiene lugar mediante jadeo. Los mecanismos de pérdida de calor sensible sólo son eficaces dentro del rango de temperaturas de la zona termoneutral (12 - 25ºC). Dentro de este rango, en la denominada zona de confort térmico (16 - 21ºC) el 75% del calor generado se pierde por radiación, convección y conducción. Sin embargo, cuando la temperatura ambiente supera los 25ºC las pérdidas de calor sensible disminuyen a favor de las pérdidas de calor latente con el consiguiente sobreesfuerzo respiratorio (hiperventilación)

que comenzará cuando la temperatura ambiente supere los 27 - 29ºC. La humedad relativa juega un papel decisivo en la capacidad para disipar calor puesto que conforme aumenta la humedad relativa del aire, disminuye la facilidad con que se puede evaporar el agua dificultando la pérdida de temperatura corporal. Si la temperatura ambiente supera los 35ºC, (zona de hipertermia), la temperatura corporal de la cerda aumenta, ante la incapacidad de la misma para ajustar su temperatura corporal. A partir de 42 - 45ºC, la muerte por golpe de calor o estrés térmico comienza a ser una seria amenaza. Según otros estudios como el de Kiefer *et al.* (2009), la temperatura umbral para la hipertermia se sitúa en los 31,3ºC. A falta de datos específicos para Andalucía, en el presente estudio se emplea el valor de 35ºC como límite de la hipertermia.

Este comportamiento típico de las olas de calor y cuya frecuencia e intensidad de episodios puede verse incrementada a consecuencia del cambio climático, afecta a los cerdos en distintos aspectos de interés productivo (Quiles Sotillo, 2007a):

- Aumento de la tasa de respiración.- 46 y 124 respiraciones por minuto a 22 y 29ºC de temperatura ambiental respectivamente (Quiniou y Noblet, 1999).

- Menor consumo de alimento.- en el caso de las cerdas lactantes, por cada grado que exceda la temperatura por encima de la temperatura ideal (21ºC) reduce el consumo de pienso en 150-170g/día.

- Mayor liberación de adrenalina para favorecer la vasodilatación periférica con la consiguiente reducción de los procesos digestivos y metabólicos.

- Aumento del ritmo cardíaco.

- Aumento en la producción de cortisol que provoca una disminución del número de macrófagos que debilita el sistema inmunitario.

- Disminución de la fertilidad.

- Presencia de mayor número de celos silenciosos.

- Aumento del intervalo destete - cubrición fértil.

- Disminución de la prolificidad.

- Aumento de las reabsorciones embrionarias.

- Menor peso de los lechones al nacimiento.

- Menor producción de leche.

- Menor ganancia media diaria de los lechones durante la lactancia (245 y 189 gramos diarios a 22 y 29ºC de temperatura ambiental respectivamente, según Quiniou y Noblet, 1999).

- Menor peso al destete de los lechones.

Entre las pautas etológicas asociadas al estrés calórico se pueden citar las siguientes:

- Los animales se tumban en el suelo, pegando la mayor cantidad de superficie corporal al mismo y extendiendo las patas para que el área de disipación de calor sea mayor.
- Ubicación en los lugares más húmedos y fríos.
- Jadeo para favorecer la pérdida de calor latente a través del tracto respiratorio.
- Aumento del consumo de agua para evitar la deshidratación provocada por la hiperventilación.

Las necesidades térmicas de los cerdos varían en función de la fase productiva en que se encuentren (Tabla 4). Sin embargo, no sólo es importante proporcionar a los cerdos su temperatura óptima, también hay que evitar cambios bruscos de temperatura, puesto que afectan a la capacidad defensiva de los animales provocando problemas infecciosos. Se consideran oscilaciones térmicas adecuadas las inferiores a 2ºC (Whittemore, 2001). Aunque las temperaturas excesivamente elevadas siempre afectan negativamente a los cerdos, los efectos difieren según su momento productivo.

Tabla 4. *Necesidades de temperatura de los cerdos (ºC) en función de la fase productiva.*

Tipo de animal	Temperatura
Verracos y cerdas gestantes	18-26

Maternidad

Preparto	19-20
Parto	21-22
Lactación	19-20

Lechones

Nacimiento - 48h	31-33
1 semana	30-31
2 semanas	28-29
3 semanas	26-27
Transición	24-29
Cebo	16-26

Fuente: Quiles (2007a).

Gestación y verracos

El confort ambiental está subestimado en las fases de gestación y verraco. Las cerdas gestantes son más sensibles a las altas que a las bajas temperaturas. Durante las tres primeras semanas de gestación, el calor disminuye la supervivencia embrionaria y, por tanto, el tamaño de camada al nacimiento. Además, el estrés causado por las elevadas temperaturas provoca un aumento de la tasa de anoestros pos-destete, de la duración del celo y del intervalo destete-cubrición y un descenso del índice de partos (Quesnel *et al.*, 2005).

Por otro lado, el calor repercute de forma negativa en la aptitud reproductiva del verraco; reduce la libido y empeora la calidad del semen, aunque apenas se ha observado influencia sobre las características cuantitativas del eyaculado. Así, temperaturas por encima de 31ºC reducen la motilidad espermática y aumentan el porcentaje de acrosomías y morfoanomalías. Estos efectos negativos no se manifiestan hasta dos semanas después del estrés térmico y pueden prolongarse hasta seis semanas después de haber desaparecido las altas temperaturas (Bowen *et al*., 2006).

El control de la temperatura en la fase de maternidad es especialmente complicado ya que en el mismo local conviven dos tipos de animales con distintas necesidades. En los días más cálidos del verano la temperatura ambiente puede superar las necesidades térmicas de los lechones y se observa cómo huyen de los nidos agrupándose en las zonas de mayor ventilación. Por su parte, las cerdas lactantes necesitan menor temperatura ambiente que sus camadas. Durante el tiempo de permanencia de la hembra en la sala de maternidad se distinguen tres periodos con distintos requerimientos térmicos: el previo al parto, desde que empieza a parir la primera cerda de la sala hasta que termina de parir la última y desde el último parto al destete. Sus necesidades de calor aumentan progresivamente, alcanzando el máximo en el momento del parto, y después van disminuyendo.

Las altas temperaturas repercuten negativamente en las cerdas lactantes en varios aspectos. Por cada grado centígrado por encima de 26ºC, la cerda reduce el consumo de pienso entre 100 y 300 g., pierde peso, disminuye el tamaño y peso de la camada al destete, por la menor producción de leche e incrementa el periodo destete-cubrición (Quiniou y Noblet, 1999).

Para conseguir el ambiente ideal para los dos tipos de animales se necesita un sistema de ventilación mecánico que permita ventilar el mínimo en los meses fríos y al máximo en los cálidos.

Transición

La temperatura al destete debe estar cercana al límite máximo e ir disminuyendo conforme el lechón se adapte al nuevo ambiente y vaya ganando peso. Elevadas temperaturas en lechones destetados no reducen el número de visitas al comedero pero sí la ingestión de pienso, lo que ralentiza el crecimiento (Quiniou *et al.*, 2001). Además, los lechones destetados son muy sensibles a los cambios bruscos de temperatura. Para evitar oscilaciones térmicas superiores a 2ºC en esta fase es necesario un control conjunto de temperatura y ventilación, que se consigue de una forma más o menos óptima mediante reguladores. Cuando se alcance la temperatura crítica de evaporación la ventilación aumenta hasta llegar a un máximo; por debajo de la zona de confort térmica la ventilación será establecida como mínima y cuando se llegue a la temperatura crítica inferior, la calefacción se pondrá en marcha. Es muy importante una adecuada ventilación en esta fase ya que las corrientes de aire pueden reducir la sensación

térmica del lechón. El elemento que se toma como indicador de la correcta ventilación es la concentración de CO2, que no debe sobrepasar el 0,2% en volumen.

Cebo

Al comienzo de esta fase los animales necesitan temperaturas relativamente elevadas por el estrés sufrido con el cambio de local, de compañeros, de sistema de alimentación y de alimento. Todo esto hace que el consumo de pienso se reduzca temporalmente y disminuya su producción de calor, aumentando la temperatura crítica inferior. Por lo tanto, durante los primeros días necesitan una temperatura ambiente más elevada que irá disminuyendo paulatinamente. Las altas temperaturas empeoran los rendimientos productivos de los cerdos en crecimiento cebo; incrementan la tasa de respiración y el ratio agua/pienso y disminuyen la ingestión de pienso. Todo esto reduce el crecimiento diario (Huynh *et al.*, 2005). La fase de cebo de los cerdos también requiere una ventilación mínima para mantener la calidad del aire que respiran los animales. Si la nave está bien aislada, es común encontrar instalaciones de ventilación natural, ya que no es muy grande la diferencia entre la temperatura exterior y las necesidades térmicas.

Además de los problemas productivos y reproductivos mencionados anteriormente, las altas temperaturas también provocan serios problemas sanitarios como síndrome MMA (metritis, mamitis, agalaxia), coccidiosis, enteritis proliferativa, mal rojo, PSS (síndrome del estrés porcino), neumonías y muertes súbitas.

Conclusiones

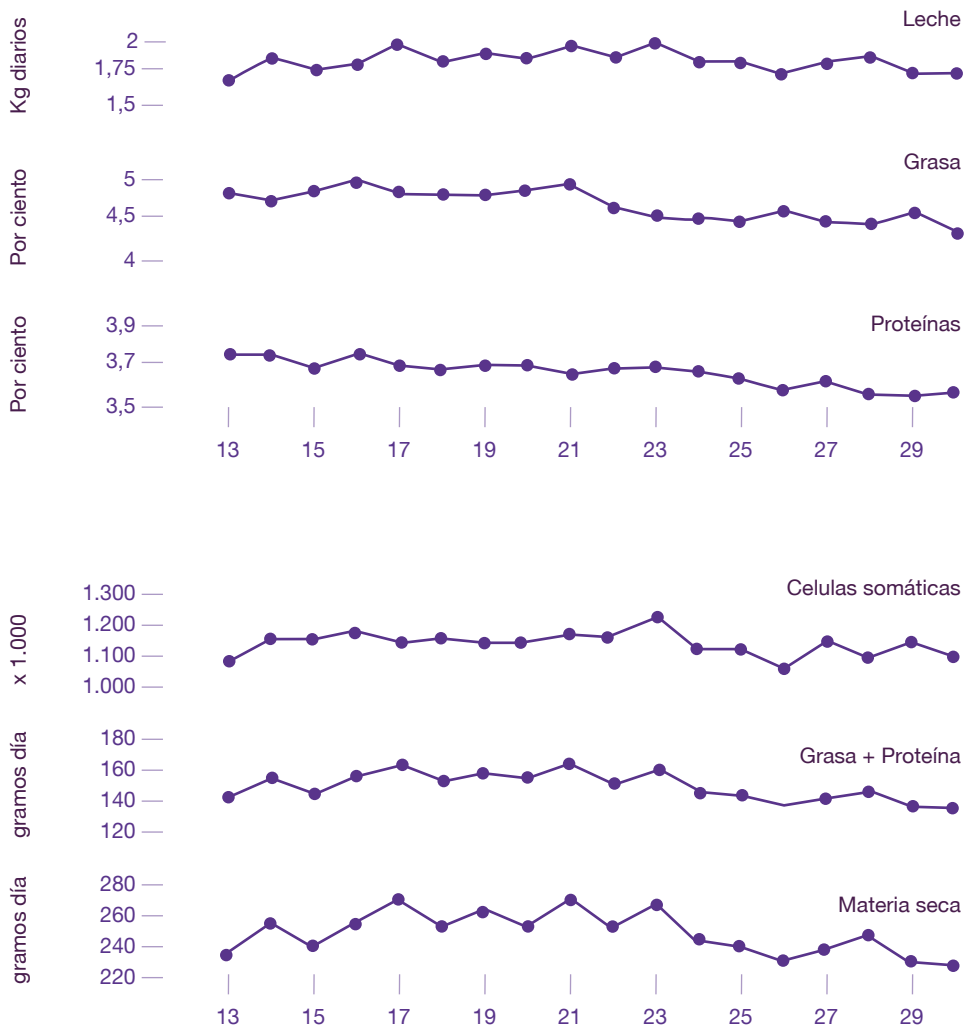
La temperatura es uno de los factores ambientales más importantes a controlar en una explotación porcina. No se trata de un factor aislado, sino que interacciona con el resto de factores ambientales. Para minimizar los efectos negativos que las altas temperaturas pueden ocasionar en los cerdos es necesario un adecuado diseño de la granja y un seguimiento posterior de las temperaturas. Un adecuado control térmico repercute de forma directa en el bienestar y en la salud de los animales y en la productividad de la explotación. Aunque la porcicultura intensiva sea un sector muy dinámico, que internaliza rápidamente los avances científicos para incrementar su rentabilidad, las mejoras de las condiciones de bienestar a menudo parecen incrementar los costes de producción o disminuir la productividad y, por tanto, reducir su rentabilidad. De aquí la necesidad de armonizar las exigencias legales de bienestar animal, de obligado cumplimiento, con la optimización de la producción. Esta situación se está planteando ya en la explotación del cerdo ibérico puesto que la introducción de criterios productivos procedentes de la porcicultura intensiva, derivados del incremento de la demanda del sector industrial, está modificando los modelos de producción, exigiendo al tiempo una importante productividad y el cumplimiento de unas determinadas condiciones de bienestar animal al que se asocia buena calidad.

7.2.3. Ganado caprino

Se recogen a continuación las principales referencias encontradas en la bibliografía relativas al estrés térmico en la ganadería caprina (Salvador y Martínez, 2007). Por oposición a lo comentado para el ganado bovino y porcino, los datos que siguen son propios de cabras de raza Payoya, endémica de Andalucía. Se recogen los efectos de la temperatura y humedad relativa sobre la producción de leche y sus componentes (Romero *et al.*, 2008).

Con objeto de estimar los posibles efectos sobre el ganado caprino del ITH - de considerable utilidad para valorar la incidencia del estrés térmico sobre la producción lechera (Ravagnolo *et al.*, 2000) - se han realizado estudios en Andalucía que indican que existe una zona de termoneutralidad (ITH entre 13 y 22) en la cual no se evidencian claramente los efectos del estrés térmico. Para valores de ITH >22, en concordancia con los resultados ofrecidos por Finocchiaro *et al*. (2005), para ovinos lecheros de la zona del Mediterráneo, se determina un decrecimiento en el comportamiento de los animales de raza Payoya (en lo relacionado con las variables de producción de leche y sus características físico-químicas). La Figura 30 representa la variación de algunas de estas últimas variables en función del ITH calculado usando los valores promedio de temperatura ambiental y humedad relativa de los tres días anteriores al control lechero.

Figura 30. *Efecto del índice de temperatura-humedad (ITH) sobre la producción de leche, contenido graso, proteico, células somáticas, grasa + proteína y materia seca en cabras Payoya.*



Fuente: Romero *et al.* (2008).

Los resultados, que son bastante consistentes entre sí, indican sin lugar a dudas la existencia de una relación entre el índice ITH y las variables productivas. Esta relación manifiesta un incremento productivo cuando el ITH se sitúa entre 13 y 17. Existe una etapa bastante estable como posible zona de confort, hasta ITH = 21 ó 22 (el nivel de ITH = 22 equivale al nivel umbral y corresponde con una temperatura de 24,1ºC y 65,8% de humedad relativa). A valores más altos del ITH, se observa un decrecimiento neto tanto en la producción total de leche, como en algunas de sus características (contenidos en grasa, proteínas, etc.). Este valor de temperatura, que podría ser empleado para la determinación de niveles de estrés calórico para las poblaciones de cabra en Andalucía, no resulta del todo operativo teniendo en cuenta dos argumentos importantes: i) desde el punto de vista genético, se ha estimado una importante variabilidad en esta población de cabras Payoyas en cuanto a la resistencia al estrés térmico, es decir, que dentro de las propias cabras Payoyas, la temperatura umbral de afección a la producción de leche, varía ampliamente de unas poblaciones a otras y ii) la amplia variabilidad de razas de cabra existentes en Andalucía no invita a pensar que pueda servir el valor de temperatura crítica superior para la definición de episodios de hipertermia.

7.2.4. Algunas consideraciones sobre pastos y dehesas en el contexto ganadero

Aún cuando las estimaciones que puedan hacerse sobre los efectos del cambio climático descansan sobre modelos científicos, con el grado de incertidumbre que ello conlleva, los datos que se manejan apuntan a que, especialmente en el Sur de Europa, se acrecentarán las temperaturas y habrá una menor disponibilidad hídrica, motivando unos desequilibrios térmicos e hídricos acusados, a lo que deberá unirse una mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, como las lluvias torrenciales (Duarte, 2006; Ministerio de Medio Ambiente, 2007). Con ello, son evidentes las importantes repercusiones que estas modificaciones significativas de los balances hídricos y térmicos tendrían para los ecosistemas andaluces, haciendo aumentar su vulnerabilidad. A todo ello debe añadirse que estas condiciones meteorológicas previstas propiciarán, muy posiblemente, un escenario más favorable para la proliferación de plagas y de patógenos. En este contexto, las dehesas, que conjugan tanto una componente agraria como forestal, se encuentran ante una situación compleja. Así, el frágil equilibrio ecológico en el que se desenvuelven las masas densas de alcornocales en las dehesas gaditanas se quebraría con un brusco aumento de las temperaturas, siendo desplazadas en su nicho por otras especies más adaptadas a altas temperaturas. En una situación inestable se encontrarían las zonas de dehesa que disponen de una menor pluviometría, como son el Valle de los Pedroches (Córdoba) y las manchas dispersas de encinares en las provincias orientales de Andalucía (Consejería de Agricultura y Pesca, 2009).

Otro efecto previsible como es el aumento de plagas y enfermedades tendría repercusiones tanto para la cabaña ganadera como para las masas forestales, destacando en este último caso, la situación que se plantearía con el problema de la “seca”, proceso complejo aún no bien conocido del todo, pero en el que son factores influyentes los estreses climáticos y la presencia de ciertos patógenos (hongos del género *Phytophtora*) (Consejería de Agricultura y Pesca, 2008b).

Finalmente, para cuantificar otros posibles efectos (mayor estrés en animales, dificultades para la disponibilidad de pastos, etc.) es preciso desarrollar análisis más precisos, que tengan en cuenta la variedad de casos que podrían plantearse en función de los diferentes terrenos de dehesa (con variaciones en productividad de pastos, disponibilidad hídrica, temperaturas, etc.) y de las especies y manejos ganaderos que se consideren. En suma, todo ello exige el desarrollo de actuaciones que permitan adaptarse a estos escenarios y, en este aspecto, las dehesas han de contribuir, desde su propio ámbito de actuación, en la lucha contra el cambio climático.

7.3. Evaluación de la vulnerabilidad de la cabaña ganadera andaluza

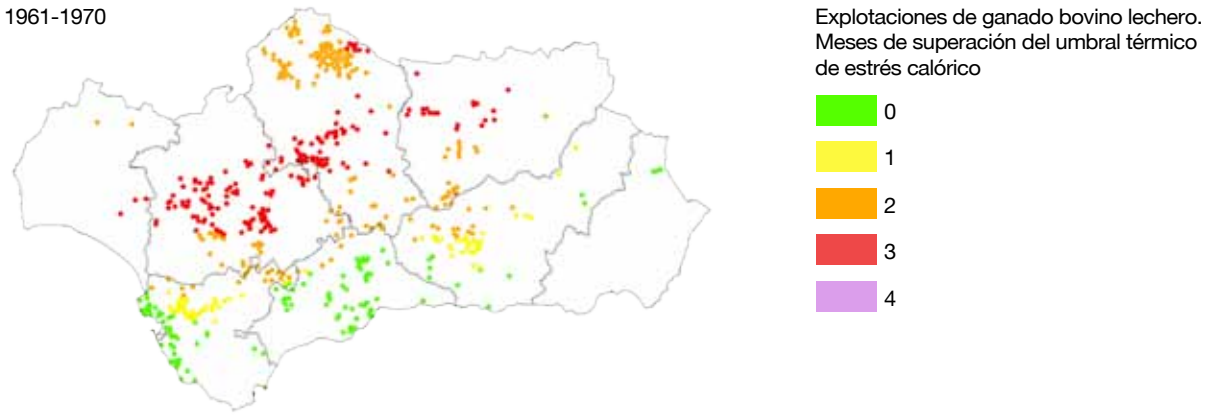
7.3.1. Evaluación de la vulnerabilidad por estrés térmico

Con el objeto de determinar la vulnerabilidad bruta asociada a la exposición a temperaturas demasiado elevadas que no garanticen el bienestar y la producción de las distintas cabañas ganaderas consideradas en este trabajo, se ha realizado una extensa caracterización territorial del estado de las granjas ganaderas en función de su exposición a las temperaturas máximas previstas en el año 2050 para los escenarios de emisiones A2 y B2.

Se presentan a continuación los resultados obtenidos, organizados por tipo de ganado (bovino de leche, bovino de carne y porcino), por forma de explotación (intensiva o extensiva) y por periodo temporal (1961-1970, 1971-1980, 1981-1990 y 2050 bajo los escenarios A2 y B2). Para cada una de las anteriores combinaciones, se muestra un mapa de la distribución de las explotaciones en Andalucía con indicación, mediante un código de colores, del número de meses de superación de los umbrales térmicos de estrés calórico. Dicho mapa se acompaña de unas tablas que registran porcentualmente, para el conjunto de todas las explotaciones, la duración del periodo de estrés y su distribución a lo largo del año (meses que registran superaciones). La elección de esta forma de presentación de resultados responde a los siguientes motivos; es necesario identificar un periodo temporal continuado de altas temperaturas lo suficientemente largo como para que tenga entidad suficiente para ser considerado como un episodio de estrés calórico, es decir, que no hubiese valido emplear los valores máximos diarios de temperatura, pues se considera que las reacciones de los animales y sus cambios metabólicos y etológicos empiezan a partir de la detección de un cambio sensible en las condiciones climáticas a lo largo de un periodo prolongado. Así, un día caluroso no es suficiente para generar hipertermia en un contexto térmico en el que se mantiene la temperatura ambiental en la zona de confort climático. Se consideró útil emplear como promedio temporal un mes natural, pues sí es suficientemente largo como para ser sintomático de unas condiciones térmicas generalizadas y al tiempo es operativo, pues reduce el año a doce segmentos, cosa que se hubiese duplicado al considerar una quincena. Con objeto de no recargar en exceso la nomenclatura de Figuras y Tablas (hay un total de 25 mapas y 50 tablas) se ha optado por registrarlas en conjunto para cada cabaña en las Figuras [31-35].

Ganado vacuno lechero intensivo

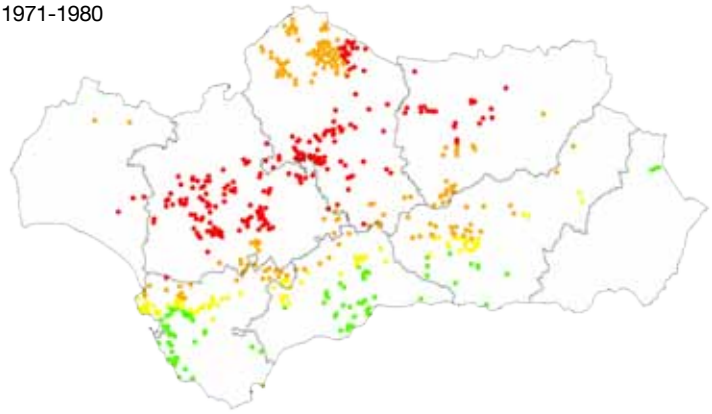
Figura 31. *Evaluación espacio-temporal de la superación mensual de la temperatura umbral definida para situaciones de estrés térmico en explotaciones intensivas de ganado bovino lechero. Andalucía, 1961-2050.*



	Junio	Julio	Agosto
% estaciones con superación del umbral	67,1	79,4	31,7

	0	1	2	3
% estaciones con 0, 1, 2, 3 ó 4 meses de superación	20,2	13,1	35,1	31,7

1971-1980



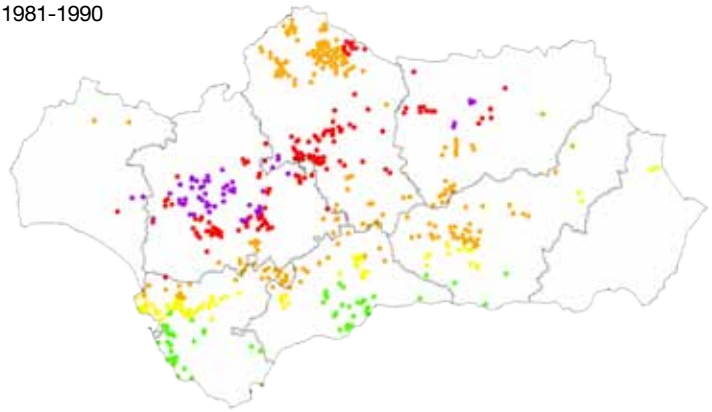
Explotaciones de ganado bovino lechero. Meses de superación del umbral térmico de estrés calórico

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

	Junio	Julio	Agosto
% estaciones con superación del umbral	69,8	84,8	37,9

	0	1	2	3
% estaciones con 0, 1, 2, 3 ó 4 meses de superación	15,2	15,0	31,8	37,9

1981-1990



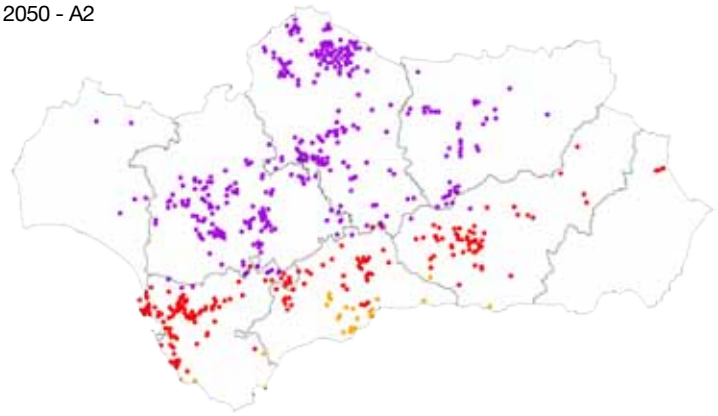
Explotaciones de ganado bovino lechero. Meses de superación del umbral térmico de estrés calórico

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

	Mayo	Junio	Julio	Agosto
% estaciones con superación del umbral	10,0	74,2	89,6	34,0

	0	1	2	3	4
% estaciones con 0, 1, 2, 3 ó 4 meses de superación	10,4	15,4	39,5	24,7	10,0

2050 - A2



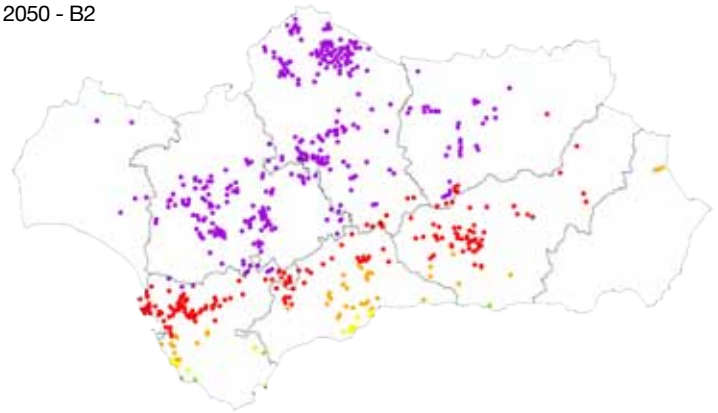
Explotaciones de ganado bovino lechero. Meses de superación del umbral térmico de estrés calórico

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
% estaciones con superación del umbral	61,9	100	100	95,3

	0	1	2	3	4
% estaciones con 0, 1, 2, 3 ó 4 meses de superación	0,0	0,0	4,7	33,5	61,9

2050 - B2



Explotaciones de ganado bovino lechero. Meses de superación del umbral térmico de estrés calórico

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
% estaciones con superación del umbral	88,4	98,0	97,5	57,7

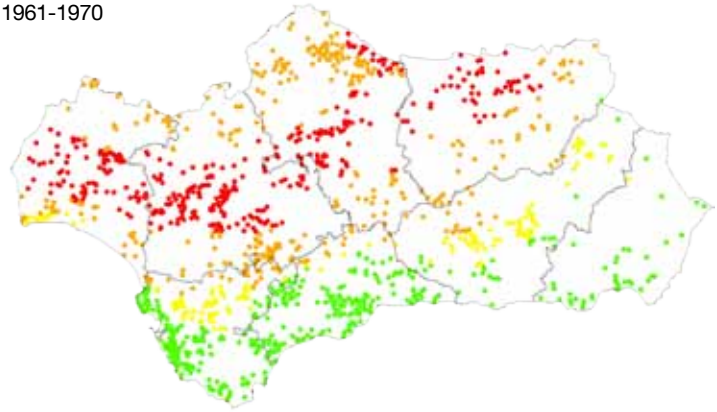
	0	1	2	3	4
% estaciones con 0, 1, 2, 3 ó 4 meses de superación	0,9	2,7	8,1	29,7	58,7

Fuente: Elaboración propia.

Ganado vacuno carne intensivo

Figura 32. *Evaluación espacio-temporal de la superación mensual de la temperatura umbral definida para situaciones de estrés térmico en explotaciones intensivas de ganado bovino de carne. Andalucía, 1961-2050.*

1961-1970



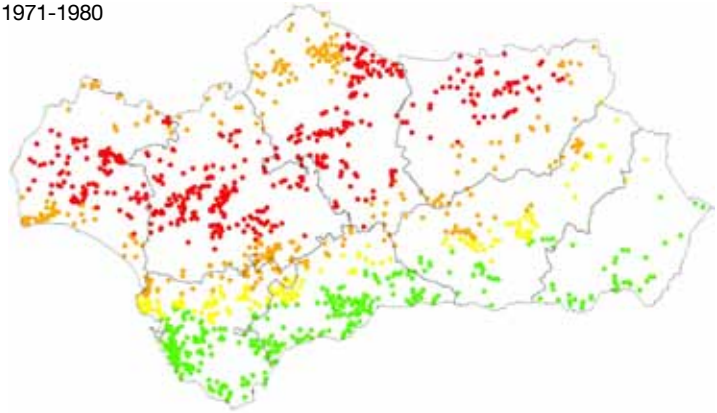
Explotaciones de ganado bovino de carne. Meses de superación del umbral térmico de estrés calórico

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

	Junio	Julio	Agosto
% estaciones con superación del umbral	59,6	67,5	29,3

	0	1	2	3
% estaciones con 0, 1, 2, 3 ó 4 meses de superación	30,5	12,0	28,1	29,3

1971-1980



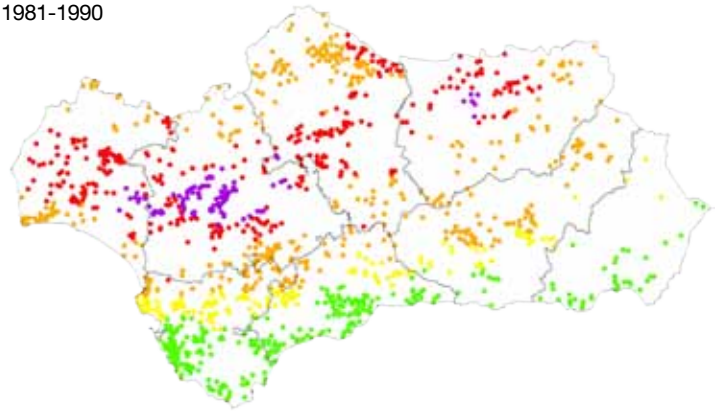
Explotaciones de ganado bovino de carne. Meses de superación del umbral térmico de estrés calórico

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

	Junio	Julio	Agosto
% estaciones con superación del umbral	60,9	73,7	36,8

	0	1	2	3
% estaciones con 0, 1, 2, 3 ó 4 meses de superación	26,3	12,8	24,2	36,8

1981-1990



Explotaciones de ganado bovino de carne. Meses de superación del umbral térmico de estrés calórico

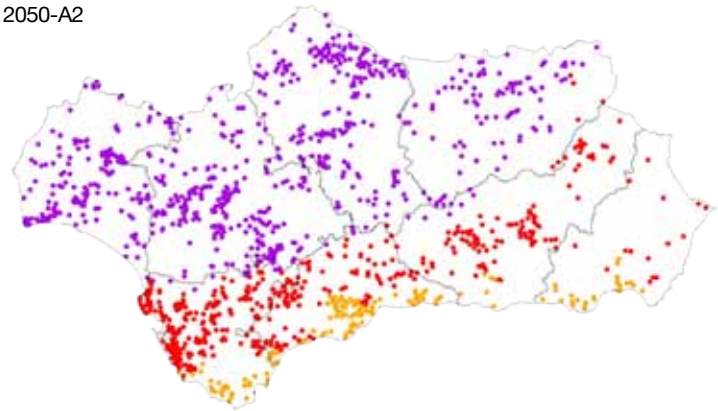
- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
% estaciones con superación del umbral	7,5	65,5	77,4	33

	0	1	2	3	4
% estaciones con 0, 1, 2, 3 ó 4 meses de superación	22,6	11,9	32,5	25,5	7,5

Fuente: Elaboración propia.

2050-A2



Explotaciones de ganado bovino de carne. Meses de superación del umbral térmico de estrés calórico

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
% estaciones con superación del umbral	55,7	100	100	88,5

	0	1	2	3	4
% estaciones con 0, 1, 2, 3 ó 4 meses de superación	0,0	0,0	11,5	32,8	55,7

2050-B2

Explotaciones de ganado bovino de carne. Meses de superación del umbral térmico de estrés calórico

0
1
2
3
4

	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
% estaciones con superación del umbral	75,8	92,6	92,6	50,6

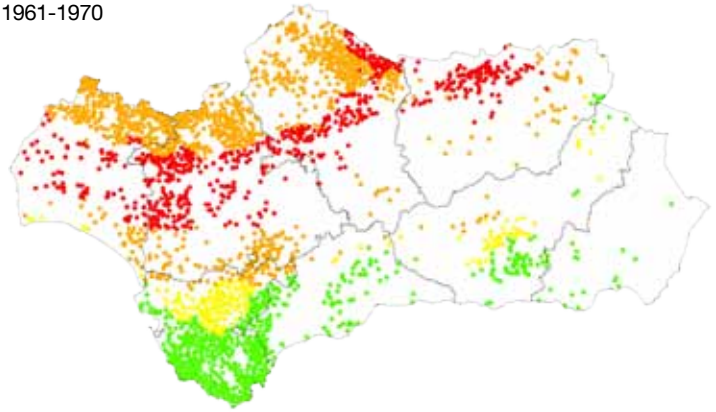
	0	1	2	3	4
% estaciones con 0, 1, 2, 3 ó 4 meses de superación	5,7	3,3	15,2	25,5	50,6

Fuente: Elaboración propia.

Ganado vacuno carne extensivo

Figura 33. *Evaluación espacio-temporal de la superación mensual de la temperatura umbral definida para situaciones de estrés térmico en explotaciones extensivas de ganado bovino de carne. Andalucía, 1961-2050.*

1961-1970



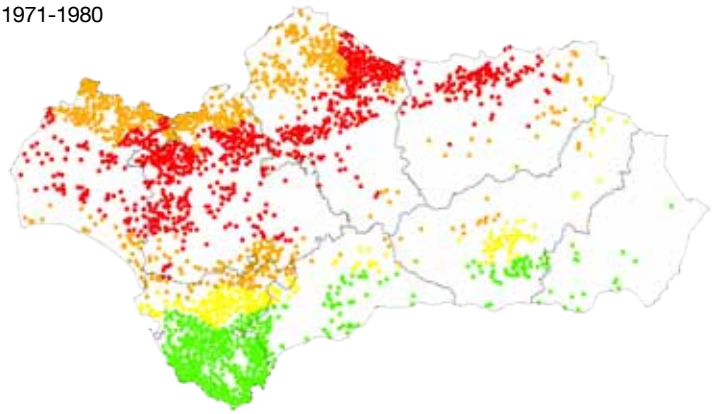
Explotaciones de ganado bovino de carne. Meses de superación del umbral térmico de estrés calórico

0
1
2
3
4

	Junio	Julio	Agosto
% estaciones con superación del umbral	66,7	73,8	25,0

	0	1	2	3
% estaciones con 0, 1, 2, 3 ó 4 meses de superación	25,6	8,2	41,2	25,0

1971-1980



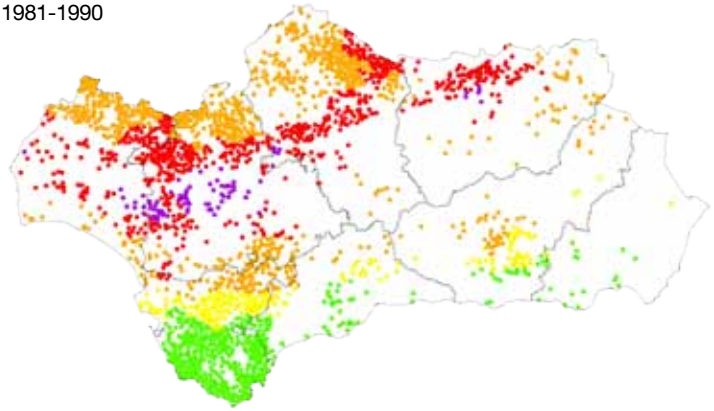
Explotaciones de ganado bovino de carne. Meses de superación del umbral térmico de estrés calórico

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

	Junio	Julio	Agosto
% estaciones con superación del umbral	67,3	76,6	38,1

	0	1	2	3
% estaciones con 0, 1, 2, 3 ó 4 meses de superación	23,4	9,3	29,3	38,1

1981-1990



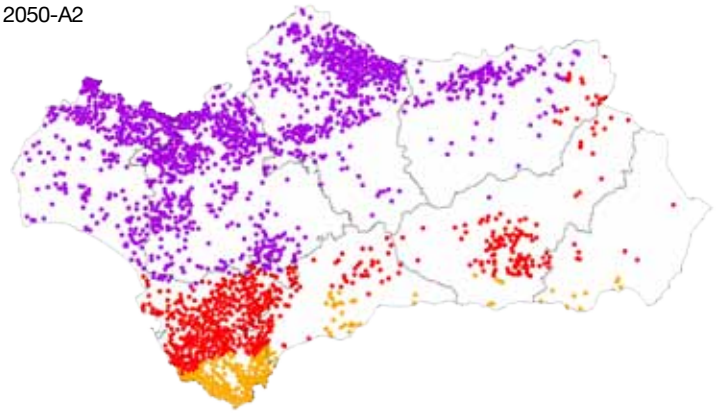
Explotaciones de ganado bovino de carne. Meses de superación del umbral térmico de estrés calórico

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
% estaciones con superación del umbral	3,4	70,3	79,4	32,6

	0	1	2	3	4
% estaciones con 0, 1, 2, 3 ó 4 meses de superación	20,6	9,1	37,7	29,2	3,4

2050-A2



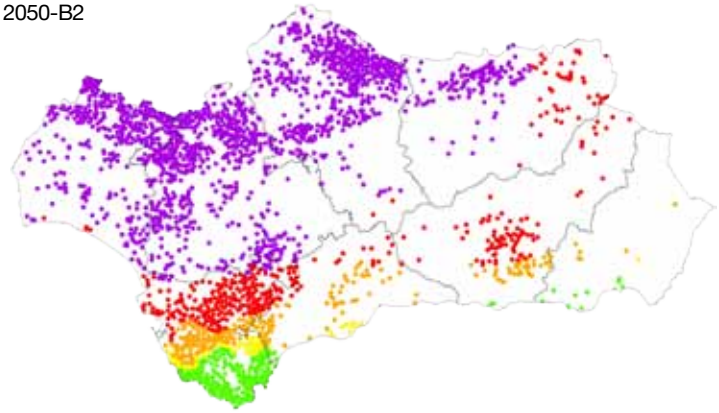
Explotaciones de ganado bovino de carne. Meses de superación del umbral térmico de estrés calórico

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
% estaciones con superación del umbral	63,9	100	100	90,5

	0	1	2	3	4
% estaciones con 0, 1, 2, 3 ó 4 meses de superación	0,0	0,0	9,5	26,6	63,9

2050-B2



Explotaciones de ganado bovino de carne. Meses de superación del umbral térmico de estrés calórico

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
% estaciones con superación del umbral	78,4	88,7	90,4	62,4

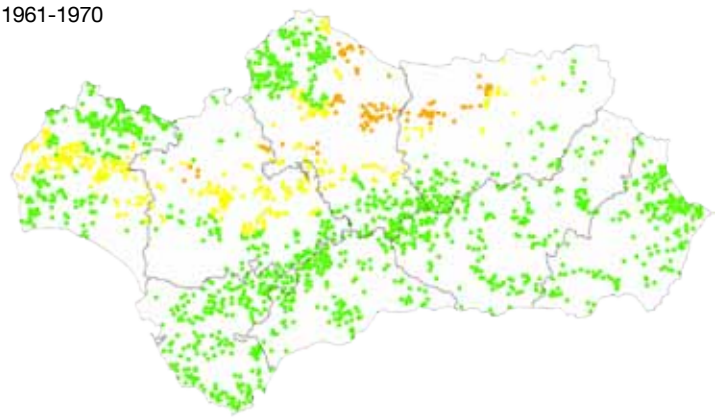
	0	1	2	3	4
% estaciones con 0, 1, 2, 3 ó 4 meses de superación	9,1	2,7	9,8	16,0	62,4

Fuente: Elaboración propia.

Ganado porcino intensivo

Figura 34. *Evaluación espacio-temporal de la superación mensual de la temperatura umbral definida para situaciones de estrés térmico en explotaciones intensivas de ganado porcino. Andalucía, 1961-2050.*

1961-1970



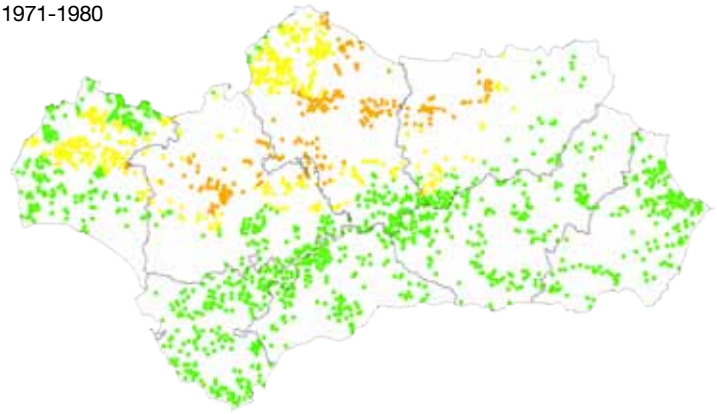
Explotaciones de ganado porcino.
Meses de superación del umbral térmico de estrés calórico

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

	Junio	Julio
% estaciones con superación del umbral	7,6	22,0

	0	1	2
% estaciones con 0, 1, 2, 3 ó 4 meses de superación	75,9	18,6	5,5

1971-1980



Explotaciones de ganado porcino.
Meses de superación del umbral térmico de estrés calórico

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

	Junio	Julio
% estaciones con superación del umbral	12,6	35,6

	0	1	2
% estaciones con 0, 1, 2, 3 ó 4 meses de superación	64,4	23,1	12,6

1981-1990

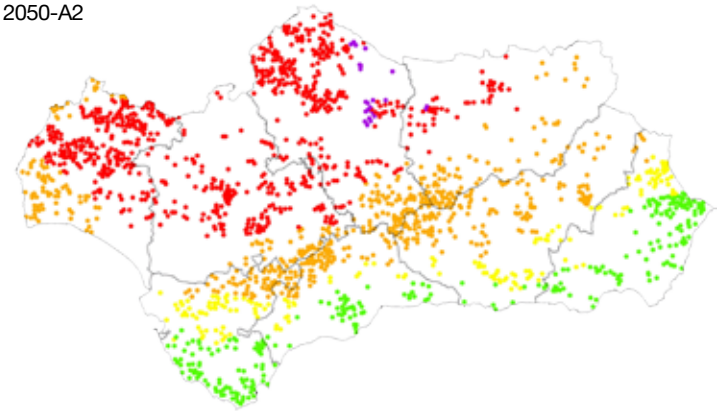
Explotaciones de ganado porcino.
Meses de superación del umbral térmico de estrés calórico

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

	Junio	Julio
% estaciones con superación del umbral	25,0	40,1

	0	1	2
% estaciones con 0, 1, 2, 3 ó 4 meses de superación	59,9	15,1	25,0

2050-A2



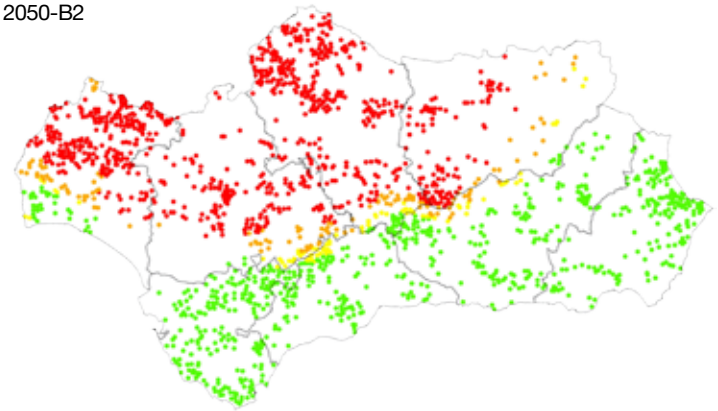
Explotaciones de ganado porcino.
Meses de superación del umbral térmico de estrés calórico

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
% estaciones con superación del umbral	1,3	75,4	85,0	42,9

	0	1	2	3	4
% estaciones con 0, 1, 2, 3 ó 4 meses de superación	15,0	9,7	32,5	41,6	1,3

2050-B2



Explotaciones de ganado porcino.
Meses de superación del umbral térmico de estrés calórico

0
1
2
3
4

	Junio	Julio	Agosto
% estaciones con superación del umbral	47,1	58,7	55,1

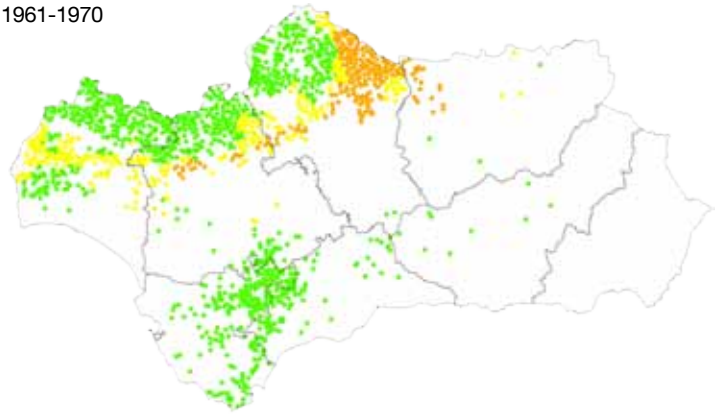
	0	1	2	3
% estaciones con 0, 1, 2, 3 ó 4 meses de superación	40,9	4,4	7,5	47,1

Fuente: Elaboración propia.

Ganado porcino extensivo

Figura 35. *Evaluación espacio-temporal de la superación mensual de la temperatura umbral definida para situaciones de estrés térmico en explotaciones extensivas de ganado porcino. Andalucía, 1961-2050.*

1961-1970



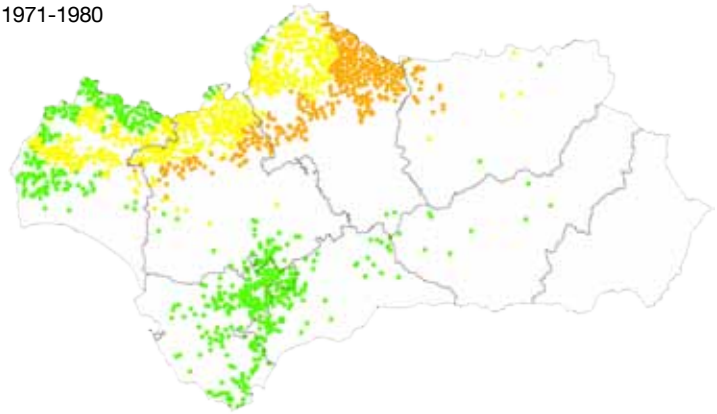
Explotaciones de ganado porcino.
Meses de superación del umbral térmico de estrés calórico

0
1
2
3
4

	Junio	Julio
% estaciones con superación del umbral	23,1	26,2

	0	1	2
% estaciones con 0, 1, 2, 3 ó 4 meses de superación	65,6	19,6	14,8

1971-1980



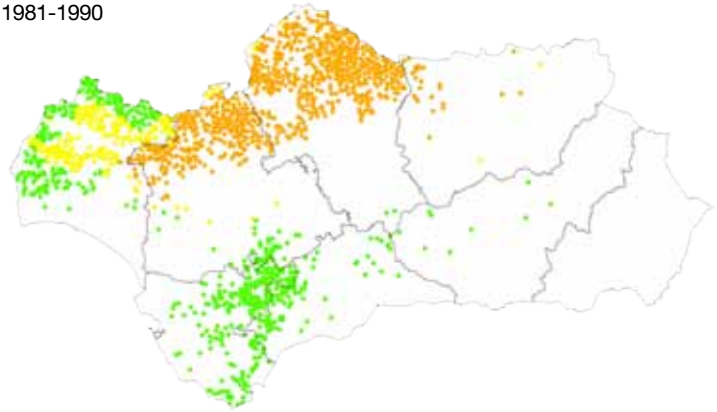
Explotaciones de ganado porcino.
Meses de superación del umbral térmico de estrés calórico

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

	Junio	Julio
% estaciones con superación del umbral	24,2	63,2

	0	1	2
% estaciones con 0, 1, 2, 3 ó 4 meses de superación	36,8	39,0	24,2

1981-1990



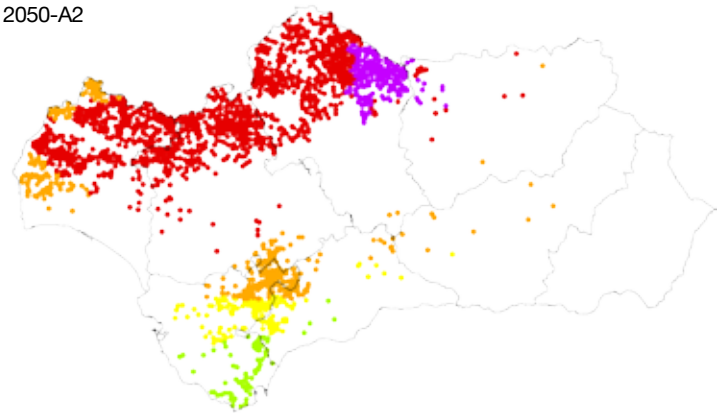
Explotaciones de ganado porcino.
Meses de superación del umbral térmico de estrés calórico

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

	Junio	Julio
% estaciones con superación del umbral	51,9	65,6

	0	1	2
% estaciones con 0, 1, 2, 3 ó 4 meses de superación	34,4	13,8	51,9

2050-A2



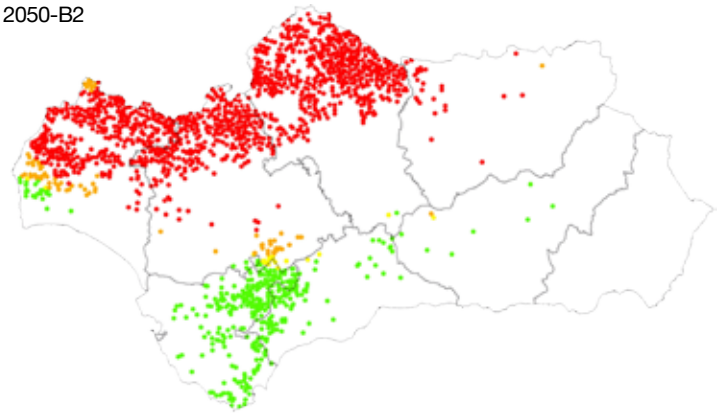
Explotaciones de ganado porcino.
Meses de superación del umbral térmico de estrés calórico

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
% estaciones con superación del umbral	9,7	88,8	95,7	72,2

	0	1	2	3	4
% estaciones con 0, 1, 2, 3 ó 4 meses de superación	4,3	6,9	16,6	62,5	9,7

2050-B2



Explotaciones de ganado porcino.
Meses de superación del umbral térmico de estrés calórico

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

	Junio	Julio	Agosto
% estaciones con superación del umbral	74,2	79,7	78,7

	0	1	2	3
% estaciones con 0, 1, 2, 3 ó 4 meses de superación	20,2	1,2	4,4	74,2

Fuente: Elaboración propia.

A partir de lo expuesto en el apartado de vulnerabilidad del ganado a las altas temperaturas, se ha empleado como temperatura umbral de estrés térmico para las explotaciones de ganado bovino, tanto de carne como de leche, en explotaciones extensivas e intensivas, el valor de 32ºC. Para el ganado porcino (extensivo e intensivo), se ha empleado el límite de 35ºC. Pese a que se asume que dichos valores son demasiado generales como para ser válidos para las distintas razas existentes en Andalucía y para los diferentes estadios de desarrollo de los animales, se han empleado por considerarse los más consistentes según la bibliografía consultada. En un futuro, ha de plantearse una nueva evaluación con datos de umbrales pormenorizados.

Los datos empleados en la cartografía son los relativos al número anual de meses en los que se registra una temperatura mensual superior al umbral definido. Dichos datos, computados en las más de doscientas estaciones meteorológicas, se hacen extensibles al resto del territorio de Andalucía mediante técnicas de geoestadística, tal y como se ha comentado anteriormente. Pese a que la claridad de las figuras presentadas a continuación, considerando la cantidad de datos incluidos es elevada y que su contenido es bastante auto-explicativo, se han recogido al final de las mismas las principales conclusiones extraídas relativas a la evaluación de la vulnerabilidad por estrés térmico en Andalucía.

En términos generales, puede observarse como a lo largo de las décadas del siglo pasado, se fue produciendo para todas las cabañas ganaderas analizadas un aumento progresivo en el número de explotaciones con superaciones de los umbrales térmicos. Esta tendencia al alza, se ve muy fortalecida por las dinámicas de cambio climático, especialmente bajo el escenario de emisiones A2. Se puede observar como aumenta el número de explotaciones afectadas y sobre todo el número de meses en los que las superaciones tienen lugar, pasándose de un par de meses de estrés térmico en el siglo XX (julio y agosto) a prácticamente cuatro en 2050 (de junio a septiembre). Los meses de final del verano (agosto y septiembre) es cuando, en proporción, mayor es el aumento en el número de explotaciones afectadas.

Las zonas en las que las superaciones son más prolongadas se agrupan especialmente en la zona de Andalucía occidental (provincias de Huelva y Sevilla), siendo por tanto estas zonas las más vulnerables.

Para el ganado bovino de leche, se puede comprobar cómo casi el 100% de las explotaciones sufren condiciones de exceso de carga térmica tanto en julio como en agosto de 2050 tanto en A2 como en B2 situándose en torno al 60% el porcentaje de granjas donde se registran hasta cuatro meses de condiciones desfavorables. Así mismo, la dinámica de reducción del porcentaje de explotaciones no afectadas detectada en el siglo XX (donde se reduce a

la mitad el número de granjas sin ningún mes de superación década a década) llega a su máximo posible en 2050, cuando ninguna granja queda exenta de padecer estrés térmico.

En cuanto al ganado vacuno de carne en explotaciones intensivas, se observa un comportamiento en cinturones del número de meses de superación de temperatura umbral, siendo el más bajo el litoral y el más alto el más continental. Así, se esperan al menos dos meses de superación del umbral de los 32ºC en 2050, independientemente del escenario seleccionado, para todas las explotaciones, dándose también superaciones al menos en la mitad de las granjas en junio y septiembre. En explotaciones extensivas, este comportamiento se repite aunque bajo el escenario B2, se observa que las explotaciones gaditanas y malagueñas registran bajo el escenario B2 un comportamiento más estable y similar al de la década 1981-1990, es decir que el incremento registrado en el número de superaciones del umbral no es tan drástico como en A2.

Dado que el umbral de temperatura crítica elegido para el análisis es mayor para el ganado porcino que para el bovino, los resultados del análisis de vulnerabilidad generan valores menos drásticos tanto para las explotaciones de cerdo extensivas, como para las intensivas. En el periodo de referencia, sólo se registraron superaciones en los meses de junio y julio, aunque en menos de un cuarto de las granjas se dieron situaciones de hipertermia en ambos meses, siendo el porcentaje de granjas sin afección cercano al 60%. En 2050, el mes de agosto se predice muy caluroso con máximas en Andalucía por encima de los 35ºC en muchas estaciones, por lo que se prevé que hasta un 45-50% de las granjas de cerdo presenten una elevada exposición a altas temperaturas que conlleven a la hipertermia. Así, algo más del 40% de las explotaciones intensivas superarán el umbral térmico durante tres meses al año. Este porcentaje alcanza el 66% en las explotaciones extensivas, dado que éstas se concentran sobre todo en la zona de Andalucía donde se prevén los mayores aumentos de las temperaturas máximas: el Norte de las sierras de Huelva y Sevilla. Bajo B2, se prevén mayores afecciones al ganado porcino en explotaciones extensivas en junio y bajo el escenario A2, en septiembre.

En conjunto, puede afirmarse que el incremento tanto en el número de explotaciones como en el número de meses de superación de la temperatura umbral, supone un aumento importante de la exposición del ganado a temperaturas no compatibles con el bienestar animal y con la producción de alimento del ganado bovino y porcino de Andalucía.

7.3.2. Evaluación de la vulnerabilidad asociada a eventos meteorológicos extremos: sequía y lluvias torrenciales

En línea de lo expresado en todos los análisis relativos a los efectos del cambio climático (IPCC, 2007; Comisión de las Comunidades Europeas, 2007; Ministerio de Medio Ambiente, 2005, etc.) y según lo expresado cartográficamente en el cuarto apartado de esta memoria, parece claro que el régimen de precipitaciones en Andalucía se verá modificado en los próximos años. Estas modificaciones incluyen una reducción de las lluvias anuales (muy acusada en Andalucía Occidental y más suave en Andalucía Oriental) y un reparto más desigual de las mismas a lo largo del año, es decir, se espera un aumento de procesos meteorológicos ligados a la precipitación más extremos: lluvias torrenciales y épocas de sequía prolongadas. Desde el punto de vista de la ganadería, los procesos de lluvias torrenciales son relevantes pues, aunque no afectan directamente al bienestar animal, pueden hacer variar la producción en tanto que la erosividad de la lluvia puede afectar al suelo y, por extensión, a su capacidad de acogida

de pastos y producción de forraje. La sequía, por su parte, es un proceso que puede afectar a amplios territorios durante largos periodos resultando en una perturbación importante para la ganadería, sobre todo extensiva, pues puede afectar de manera muy negativa a la disponibilidad y a la calidad de los pastos y otros sistemas de interés ganadero como las dehesas. El IPCC otorga un grado alto de certeza al hecho de que en zonas continentales interiores, los procesos de sequía se intensifiquen, siendo más largos y más severos que en la actualidad.

7.3.3.1. Evaluación de la vulnerabilidad asociada a cambios en el régimen de sequía en Andalucía

Teniendo en cuenta la posición geográfica de Andalucía y la dinámica actual de desertificación (Ministerio de Medio Ambiente, 2006a), se considera fundamental tratar de conocer la vulnerabilidad asociada a la sequía respecto del sector ganadero en un contexto de clima cambiante. La sequía, fenómeno meteorológico extremo, depende del régimen de precipitaciones, siendo la duración e intensidad de las lluvias las características esenciales de la misma. Para la caracterización de la sequía en el marco del presente Programa de Adaptación, se ha empleado, al igual que en otros sectores, el método de los quintiles desarrollado por la Agencia Estatal de Meteorología. Así, se determina el escenario previsto de sequía en 2050 bajo los escenarios de emisiones A2 y B2, respecto de la situación climática de referencia (Periodo 1961-1990). Partiendo de dicha caracterización, cuya metodología y resultados se recogen a continuación, se ha determinado el grado de afección de la sequía sobre las explotaciones de ganadería extensiva bovina y porcina de Andalucía.

El objetivo de este apartado es por tanto conocer la intensidad de la sequía y su variabilidad espacial en el territorio de Andalucía y definir su nivel de afección sobre las explotaciones extensivas. Esto permitirá determinar posteriormente qué zonas se verán previsiblemente afectadas y organizarlas por categorías en función del nivel de sequía proyectado. Conjuntamente con los resultados obtenidos respecto del análisis del estrés térmico, la evaluación de la vulnerabilidad asociada a eventos meteorológicos extremos como la sequía y la erosividad pluvial, facilitará la zonificación del territorio andaluz respecto de la exposición global al cambio climático de la ganadería andaluza, facilitando la identificación regional de impactos y la definición de las medidas de adaptación más eficientes.

El fenómeno de la sequía se caracteriza por la existencia de un periodo prolongado en el cual se asiste a una reducción significativa de los recursos hídricos y suele afectar a una zona extensa en la que se desencadenan consecuencias e impactos negativos sobre diversos sectores de actividad y sobre los recursos naturales. El concepto de sequía se refiere a un hecho de carácter climático pero que, al mismo tiempo, integra aspectos socioeconómicos íntimamente relacionados con el uso del agua, las actividades humanas y las infraestructuras hidráulicas.

El Sistema Español de Información sobre el Agua (HISPAGUA), define el concepto de Sequía Agrícola en los siguientes términos: *"La sequía agrícola se define como un déficit marcado y permanente de lluvia que reduce significativamente la disponibilidad de agua en el suelo para satisfacer las necesidades de crecimiento de un cultivo determinado en un momento dado. Cuando se produce un período de sequía, la agricultura normalmente es el sector que se ve afectado en primer lugar debido a la gran dependencia de este sector del agua almacenada en el suelo."* La relación de la sequía con la ganadería es también directa, pues determina la disponibilidad de forraje y pastos, aspecto esencial para las explotaciones extensivas y para la fabricación de alimento tipo alpaca para explotaciones intensivas.

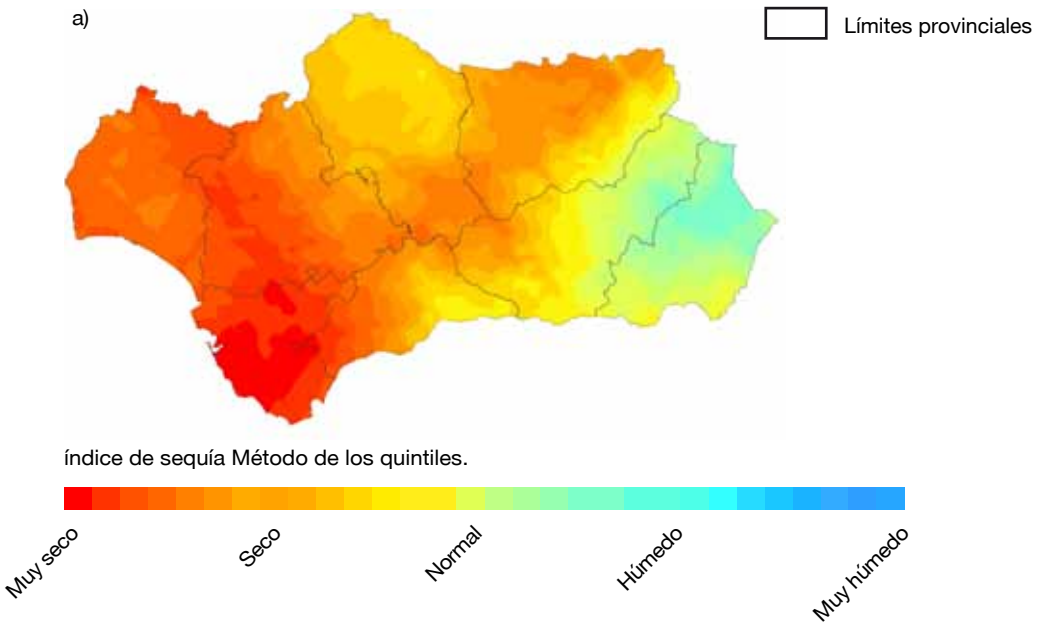
Aunque existen numerosos índices o indicadores que permiten calcular o cuantificar la sequía, se emplea el método de modelización estadística utilizado por la Agencia Estatal de Meteorología, que clasifica los años en cinco categorías (Tabla 5).

***Tabla 5**. Método de los quintiles para calcular la sequía.*

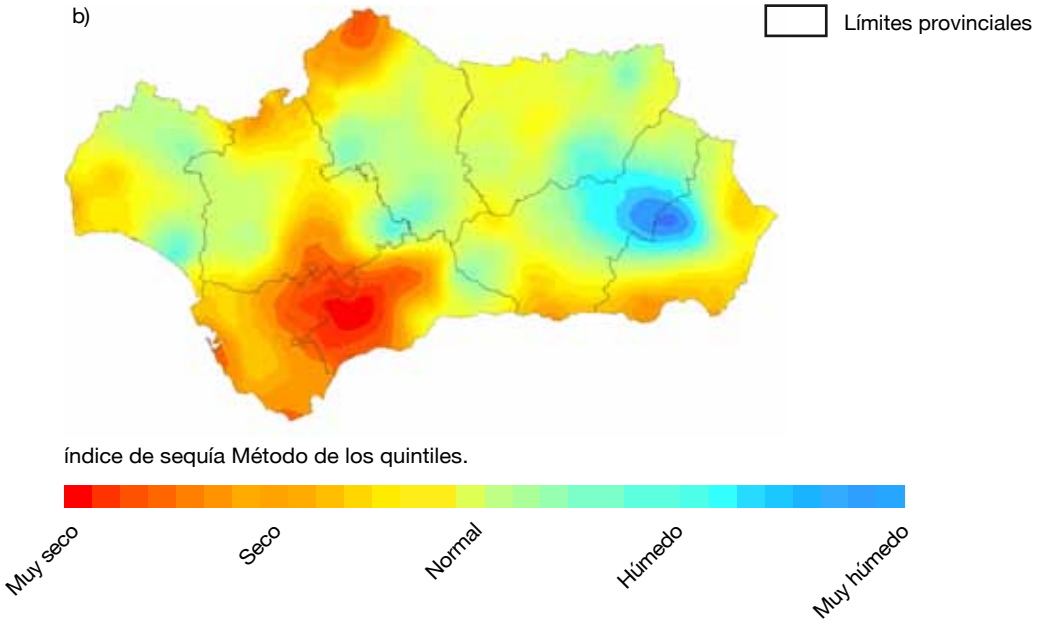
Clasificación del año	Precipitación	Quintil
Muy seco	0 – 20%	Inferior a la 1ª
Seco	20 – 40%	Entre la 1ª y la 2ª
Normal	40 – 60%	Entre la 2ª y la 3ª
Húmedo	60 – 80%	Entre la 3ª y la 4ª
Muy Húmedo	80 – 100%	Superior a la 4ª

Mediante la aplicación de este método a los valores de precipitación anual modelizados para 2050 (A2 y B2) y los datos de precipitación anual del periodo 1961-90, se ha elaborado una cartografía sobre el carácter de la precipitación futura respecto a la precipitación de la serie de referencia (Figura 36). Con el fin de visualizar mejor la afección por sequía, se ha representado con una trama de líneas moradas diagonales las áreas clasificadas como muy secas a secas en 2050 respecto al periodo 1961-90.

***Figura 36.** Índice de sequía en el año 2050. a) escenario de emisiones A2. b) escenario de emisiones B2.*



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Escenario de emisiones A2

De manera general, bajo el escenario A2, los resultados indican notables diferencias entre el centro y occidente del territorio autonómico y Andalucía oriental. La provincia de Almería y la parte oriental de Granada reflejan un comportamiento más húmedo para 2050 respecto del periodo actual, mientras que en las provincias de Huelva, Sevilla y Cádiz, el año 2050 será entre muy seco y seco respecto al periodo de referencia 1961-1990. La zona central de Andalucía (provincias de Córdoba y Málaga), tendrá un régimen de lluvias entre seco y normal. Amplias zonas de la Comunidad de Andalucía se verán afectadas por procesos de sequía, mientras que otras gozarán de mayores disponibilidades hídricas. Por comarcas, la zonificación arroja los siguientes resultados:

a) Zonas de húmedas a muy húmedas respecto a 1961-90: En general la zona Nororiental de la provincia de Almería: las comarcas de Los Vélez, este del Valle del Almanzora y norte del Levante Almeriense.

b) Zonas de normales a húmedas respecto a 1961-90: Centro de la provincia de Almería y este de la provincia de Granada. Se trata de las comarcas de Los Filabres-Tabernas, Alpujarra Almeriense, Poniente Almeriense, oeste del Valle del Almanzora y sur del Levante Almeriense, en Almería y Huéscar, Baza y La Accitania en Granada.

c) Zonas de secas a normales respecto a 1961-90: en la provincia de Almería, la comarca de Almería; en Granada, las comarcas de Los Montes, Vega de Granada, Alhama, Valle de Lecrín, Costa Tropical y Alpujarra Granadina; Sierra de Segura, Las Villas, Sierra de Cazorla, La Loma y Sierra Mágina en Jaén; Antequera, Valle del Guadalhorce, Málaga y La Axarquía en Málaga; Écija y Sierra Sur de Sevilla en la provincia de Sevilla y toda la provincia de Córdoba, salvo las comarcas de La Subbética y La Campiña de Baena.

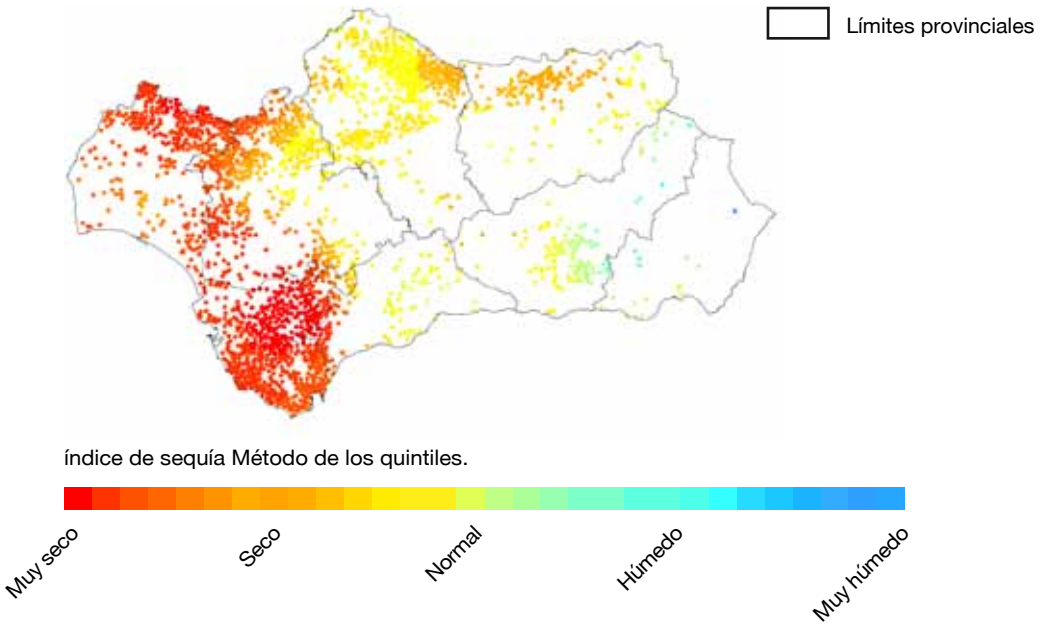
d) Zonas de muy secas a secas respecto a 1961-90: Norte de la provincia de Jaén (comarcas de Campiña de Jaén, Sierra Norte de Jaén, El Condado de Jaén, Jaén, Sierra Sur de Jaén), comarca de Loja en Granada, La Subbética y Campiña de Baena en Córdoba, Serranía de Ronda en Málaga, este de la provincia de Sevilla (Sierra Norte de Sevilla, Vega del Guadalquivir, Campiña de Carmona, Sevilla, Vega del Aljarafe, Bajo Guadalquivir y Campiña de Morón y Marchena) y todas las comarcas de Huelva y Cádiz.

Esta distribución de la sequía en 2050 es especialmente alarmante teniendo en cuenta que precisamente en las zonas donde se encuentran la mayor parte de los pastos y dehesas andaluzas y donde mayor es la concentración de explotaciones ganaderas en extensivo, se prevé que la misma sea más severa. Se muestran, a continuación, los resultados obtenidos de cruzar el mapa de sequía con la distribución de las explotaciones extensivas de bovino (Figura 37) y porcino (Figura 38), bajo el escenario de emisiones A2 (Figura 36.a).

Ganado bovino de carne en extensivo

El porcentaje de las explotaciones en las que se prevé un año de muy seco a seco es 69,4% siendo 28,1% el de explotaciones de seco a normal y apenas 2,3% las explotaciones con un año de normal a húmedo. La provincia de Cádiz y las comarcas de la Sierra de Huelva y Sierra de Sevilla son las que se ven más afectadas por la sequía afectando prácticamente a todos las explotaciones ganaderas (previsiones de un año 2050 muy seco). Por el contrario, en las provincias de Almería, Granada y Jaén, donde se prevé un año relativamente normal o incluso favorable desde el punto de vista de las precipitaciones y, por tanto, las condiciones de disponibilidad de pastos y forraje son adecuadas, apenas hay explotaciones.

Figura 37. *Explotaciones de ganado bovino de carne en extensivo clasificadas según el índice de sequía para el año 2050 (A2) respecto del periodo de clima de referencia 1961-1990.*

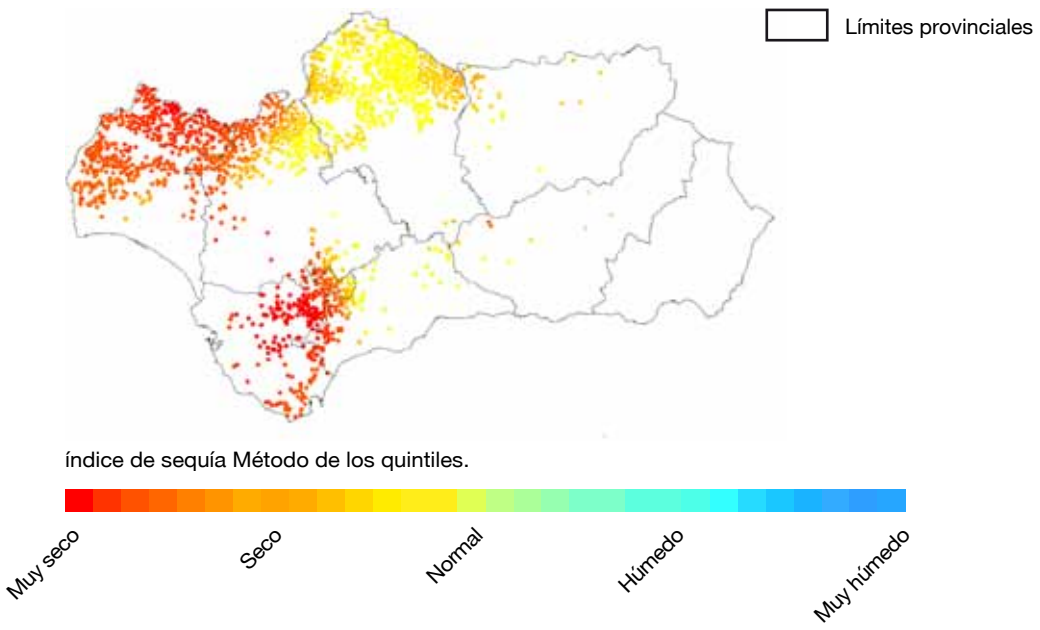


Fuente: Elaboración propia.

Ganado porcino en extensivo

El porcentaje de las explotaciones en las que se prevé un año de muy seco a seco es del 66,8%, siendo 32,9% el de explotaciones de seco a normal. A tenor de la distribución actual de dehesa con aprovechamiento de ganado extensivo porcino (Figura 38), se puede afirmar que las perspectivas de la ganadería de cerdo en cuanto a la disponibilidad y calidad de los pastos son malas, pues se espera un incremento importante de las condiciones de sequía, siendo especialmente importantes en las provincias de Huelva y Cádiz. Dada la concentración de estas explotaciones en pocos espacios del territorio andaluz y la estrecha dependencia entre la ganadería de cerdo ibérico y las dehesas, es previsible que las repercusiones sobre el sector sean graves, requiriéndose la puesta en marcha de análisis de detalle y estrategias preventivas que faciliten la adaptación de este tipo de explotaciones a las condiciones previstas de sequía.

Figura 38. *Explotaciones de ganado porcino en extensivo clasificadas según el índice de sequía para el año 2050 (A2) respecto del periodo de clima de referencia 1961-1990.*



Fuente: Elaboración propia.

Escenario de emisiones B2

En cuanto al escenario de emisiones B2, de manera general, el régimen de precipitaciones en Andalucía para 2050 es menos seco que bajo el escenario A2. Esto es especialmente marcado en la provincia de Sevilla y en el norte de la provincia de Huelva. Los resultados de la caracterización de la sequía mediante el método de los quintiles (Figura 36.b) indican que las zonas donde la sequía será más intensa son la provincia de Cádiz, el norte de la provincia de Córdoba, el oeste de Jaén y Málaga y el sur de las provincias de Almería y Granada. El este de la provincia de Granada y el límite provincial entre Sevilla y Córdoba reflejan por su parte un comportamiento más húmedo para 2050 respecto del periodo actual. A diferencia del escenario A2, no existen territorios en los que 2050 se clasifique como un año de húmedo a muy húmedo. Por comarcas, la zonificación de la sequía en 2050 bajo el escenario B2 arroja los siguientes resultados:

a) Zonas de húmedas a muy húmedas respecto a 1961-90: Sin representación territorial en Andalucía para 2050 bajo el escenario B2.

b) Zonas de normales a húmedas respecto a 1961-90: Existen dos áreas principales donde el año 2050 estará caracterizado por un régimen pluvial de normal a húmedo. El primero está centrado en la comarca de Baza (Granada) y alcanza zonas de La Accitania y Huéscar en Granada y Valle del Almanzora y Los Filabres en Almería. La otra región está a caballo entre las provincias de Sevilla y Córdoba: comarcas de Valle Medio del Guadalquivir, Vega del Guadalquivir, Campiña de Carmona y Campiña Sur.

c) Zonas de secas a normales respecto a 1961-90: La mayor parte del territorio andaluz presenta un régimen de sequía entre seco y normal en 2050 bajo B2. Por provincias, las comarcas así caracterizadas son: en la provincia de Almería, Los Vélez, Valle de Almanzora, Levante Almeriense, Los Filabres-Tabernas y la Alpujarra Almeriense; en la provincia de Granada, oeste de La Accitania, Los Montes, Loja, Alhama, Vega de Granada, Valle de Lecrín y la Alpujarra Granadina; en Jaén, prácticamente toda la provincia salvo el sur de la comarca de Campiña de Jaén; en Córdoba: La Subbética, La Campiña de Baena, el norte de Campiña Sur, Córdoba, el Alto Guadalquivir y el sur de las comarcas de Valle de Guadiato y Valle de los Pedroches; en Málaga, la Axarquía, la comarca de Málaga y el norte de Antequera; en Cádiz, la costa noroeste de Cádiz, el norte de la Bahía de Cádiz y este de la Campiña de Jerez; en Sevilla, toda la provincia salvo la Vega del Guadalquivir y el norte de la Campiña de Carmona y en la provincia de Huelva, todas las comarcas salvo el área central de la comarca del Andévalo.

d) Zonas de muy secas a secas respecto a 1961-90: las zonas donde más intensa será la sequía en 2050 bajo B2 son el área central de la comarca del Andévalo en Huelva; norte de las comarcas del Valle de los Pedroches y Valle del Guadiato en Córdoba; sur de la comarca de Campiña de Jaén y norte de la comarca de Jaén en dicha provincia; Costa Tropical en Granada; Comarcas de Almería y Poniente Almeriense en la provincia de Almería; Antequera, Valle del Guadalhorce y Serranía de Ronda en Málaga y las comarcas sureñas y orientales de Cádiz (Campo de Gibraltar, La Janda y Sierra de Cádiz y zonas de la Bahía de Cádiz y Campiña de Jerez).

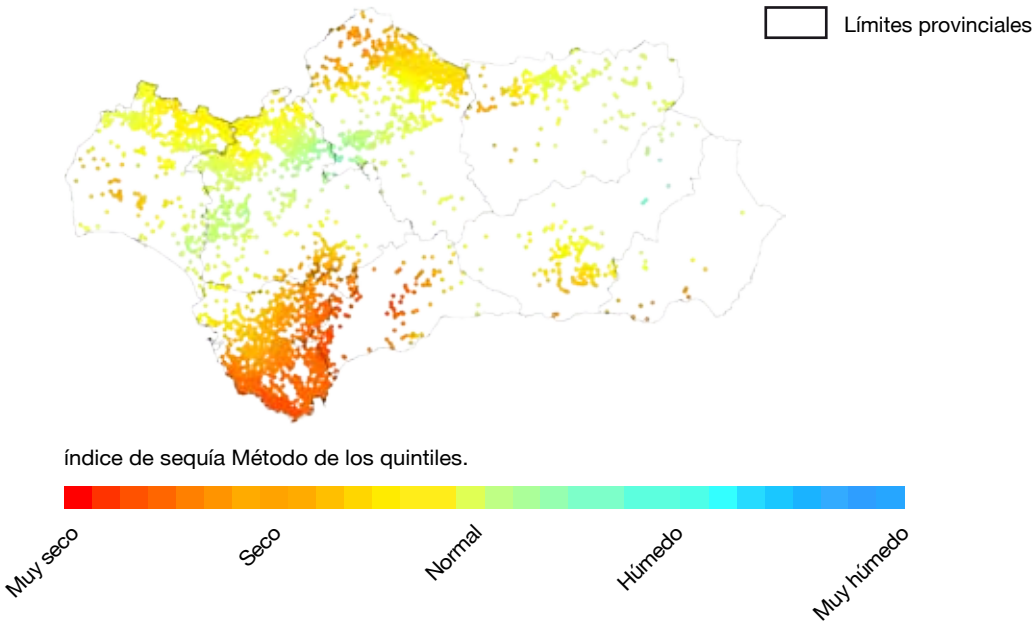
Al igual que para los resultados comentados para el escenario A2, bajo B2, las áreas donde se espera un año más seco de lo normal están ubicadas en zonas donde la densidad de explotaciones bovinas y porcinas es alta. Sin embargo, el tamaño de estas zonas expuestas a sequías muy intensas es menor que en el caso de A2, por lo que se presupone que bajo B2, la vulnerabilidad de la ganadería frente a este evento meteorológico extremo será menor. Se muestran a continuación los resultados obtenidos de cruzar el mapa de sequía bajo el escenario de emisiones B2 (Figura 36.b) con la distribución de las explotaciones extensivas de bovino (Figura 39) y porcino (Figura 40).

Ganado bovino de carne en extensivo

El porcentaje de las explotaciones en las que se prevé un año de muy seco a seco es algo menos de la mitad que en A2, 32,4% siendo prácticamente el doble 63,9% el de explotaciones de seco a normal y apenas 3,6% las explotaciones con un año de normal a húmedo. Las explotaciones de ganado bovino más expuestas a los efectos de la sequía se ubican en la provincia de Cádiz, la sierra de Málaga y el norte de la provincia de Córdoba. Por el contrario, en las explotaciones sitas en la provincia de Sevilla, centro de la provincia

de Córdoba y este de Jaén y Granada se prevé un año relativamente normal o lluvioso desde el punto de vista de las precipitaciones, lo que permitirá el mantenimiento de las actuales condiciones de explotación extensivas. Tanto en A2 como en B2, la práctica totalidad de las 2.388 explotaciones de bovino de Andalucía estarán sometidas, en 2050, a unas condiciones pluviométricas que corresponden a un régimen de sequía entre muy seco y normal.

Figura 39. *Explotaciones de ganado bovino de carne en extensivo clasificadas según el índice de sequía para el año 2050 (B2) respecto del periodo de clima de referencia 1961-1990.*

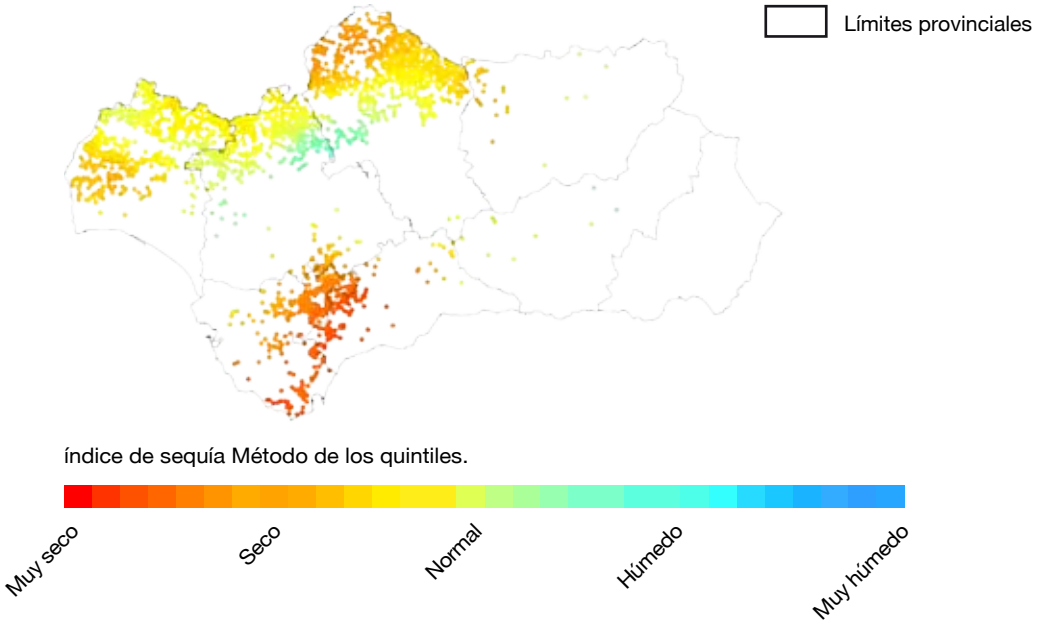


Fuente: Elaboración propia.

Ganado porcino en extensivo

El porcentaje de las explotaciones en las que se prevé un año de muy seco a seco es 28,1% siendo 69,2% el de explotaciones en régimen de seco a normal. En el 2,6% de las explotaciones se estima que el régimen de sequía, según el método de los quintiles, será entre normal y húmedo. En la provincia de Cádiz y en el norte de Huelva es donde se concentran las explotaciones con mayor vulnerabilidad bruta por sequía, determinada por una alta exposición. A diferencia del escenario A2, bajo B2, en las explotaciones de cerdo en dehesas del norte de la provincia de Huelva y de Sevilla, se prevé un año relativamente normal en cuanto a precipitaciones, no existiendo sequías intensas, por lo que las condiciones de explotación se mantienen y las necesidades de adaptación son menores.

Figura 40. *Explotaciones de ganado porcino en extensivo clasificadas según el índice de sequía para el año 2050 (B2) respecto del periodo de clima de referencia 1961-1990.*



Fuente: Elaboración propia

7.3.2.2. Evaluación de la vulnerabilidad por erosividad de la lluvia en Andalucía

Es bien sabido que intensidades elevadas de lluvia, esto es, fuertes precipitaciones en periodos cortos de tiempo suponen un factor de riesgo muy importante para las sociedades humanas, pues representan el origen de inundaciones, avenidas, corrimientos de tierra, erosión edáfica, etc. En lo relativo a la actividad ganadera en clima mediterráneo, las lluvias torrenciales son una fuente de vulnerabilidad pues pueden afectar de manera severa al suelo mediante arrastre de nutrientes y componentes edáficos. Este empobrecimiento de los suelos desemboca con frecuencia en una pérdida neta de la capacidad de sustentar pastos, tanto desde una perspectiva espacial como temporal.

Los efectos derivados del potencial erosivo de la lluvia sobre los pastos se ha evaluado mediante un indicador de la agresividad pluviométrica: el Índice Modificado de Fournier (IMF) (Arnoldus, 1978). Este índice permite de una manera sencilla, evaluar cambios en el patrón temporal de la intensidad de las lluvias y por consiguiente, estimar el papel de la precipitación como factor causante de erosión hídrica y daños en suelos. Se ha creído conveniente emplear el IMF dada su amplia aceptación en estudios de erosión, pérdida de suelos y afección a cultivos desde escalas continentales (Briggs *et al.*, 1989) hasta regionales (Jordán y Bellinfante, 2000). Tal y como se recoge en la siguiente ecuación, la erosividad de la lluvia depende de la cantidad total de precipitaciones y de su distribución en el tiempo.

Corrección propuesta por Arnoldus (1978) del IF, en la que se consideran no sólo la precipitación mensual del mes más húmedo, sino también la del resto de los meses. Este Índice Modificado de Fournier (IMF) se calcula de la siguiente forma:

$$IMF = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P_t}$$

Donde:
P_i = precipitación mensual
P_t = precipitación anual

La Tabla 6 recoge la clasificación de la erosividad de la lluvia según el valor del índice.

Tabla 6. *Valores del Índice Modificado de Fournier.*

Clasificación de los valores del IMF	
Valores	Erosividad de la lluvia
< 60	Muy Baja
60 - 90	Baja
90 - 120	Moderada
120 - 160	Alta
> 160	Muy Alta

Fuente: Arnoldus (1978).

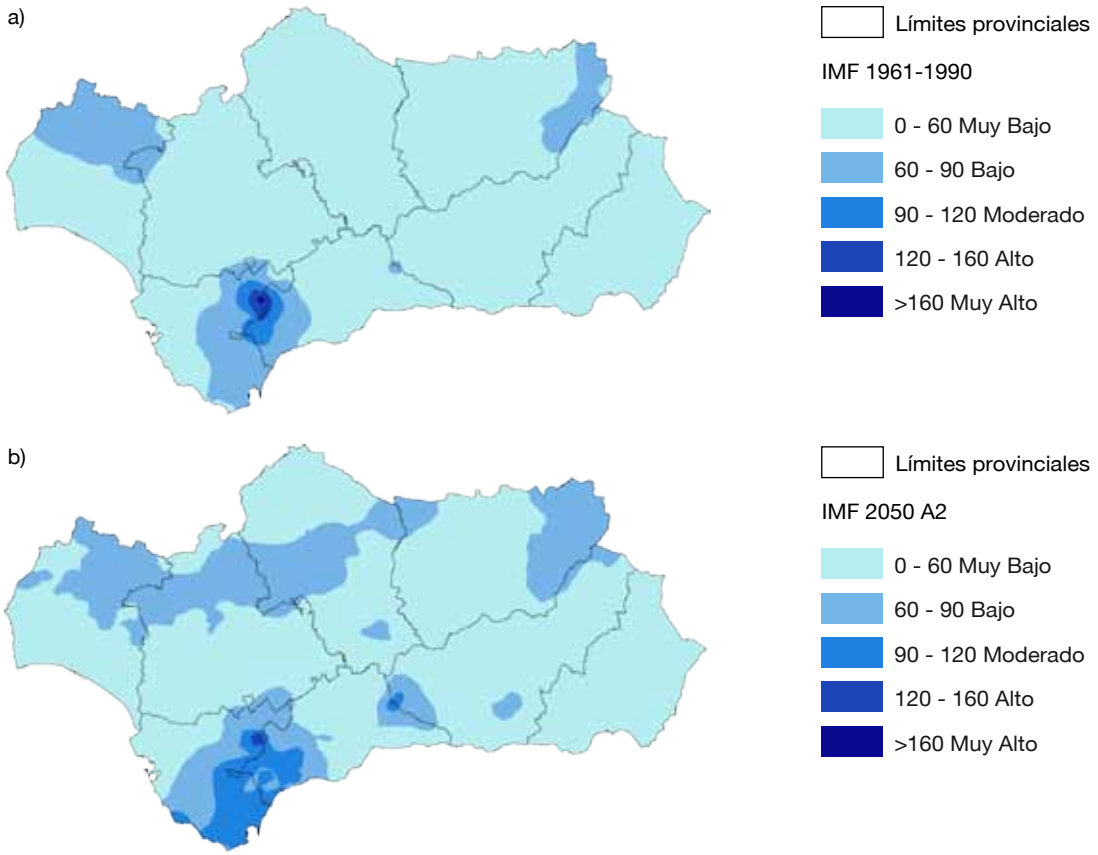
Se ha evaluado el IMF en todas las estaciones pluviométricas de Andalucía para el promedio del periodo de referencia 1961-1990 y para el año 2050, bajo los escenarios de emisiones A2 y B2. Posteriormente, mediante geoestadística (Inverse Distance Weighting) y gracias al uso de un sistema de información geográfica, se han obtenido mapas del IMF de todo el territorio autonómico para los tres periodos comentados. Los resultados de la evaluación de la erosividad pluvial se han clasificado de acuerdo a los rangos de la Tabla 6 y se presentan de manera cartográfica en la Figura 41.

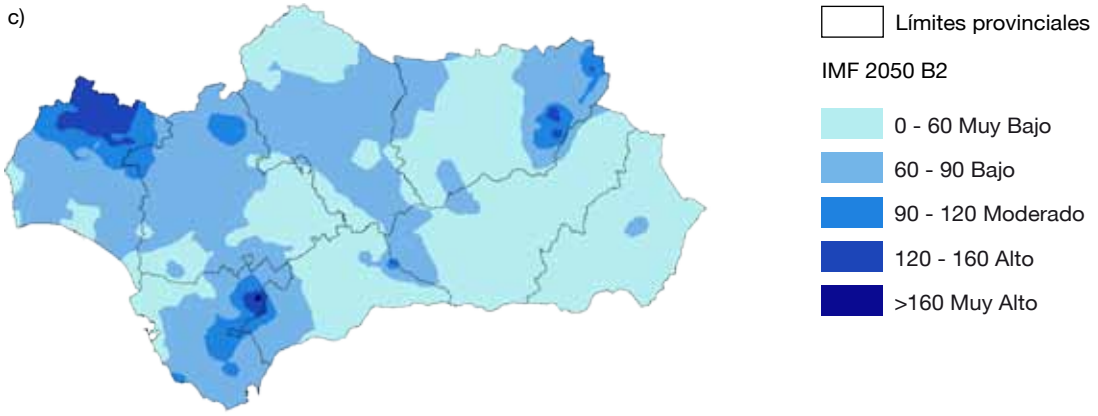
En términos generales, se puede comentar que, en función del escenario de emisiones considerado, la evolución del régimen de lluvias torrenciales en Andalucía variará considerablemente respecto del periodo de referencia. En el promedio de 1961-1990, se observan fundamentalmente valores del IMF entre muy bajos y bajos (sólo el 1,33% del territorio presenta valores mayores, en la Sierra de Cádiz y Serranía de Ronda), algo que se mantiene en 2050 bajo A2, pero que se altera si el escenario considerado es el B2, llegando a valores muy altos del Índice Modificado de Fournier. En el periodo de referencia, se puede considerar que la erosividad de las lluvias se concentra en lugares serranos de elevada pluviometría anual.

La distribución espacial del índice de erosividad de la lluvia es similar en el promedio de 1961-1990 y en 2050 bajo A2, aunque en proporción aumente la superficie de Andalucía expuesta a un IMF bajo y moderado y se reduzca la exposición a erosividad muy baja. Se advierte una zona en la cual el factor erosivo es más elevado (IMF moderado y alto), localizada entre las provincias de Cádiz y Málaga que afecta fundamentalmente a las comarcas gaditanas del Campo de Gibraltar, La Janda y Sierra de Cádiz y a las comarcas malagueñas de la Serranía de

Ronda y Este del Valle del Guadalhorce. En 2050 bajo el escenario A2, no existen localizaciones expuestas a un IMF muy alto. El resto de territorios con IMF bajo, aunque con erosividad pluvial mayor que el resto de Andalucía, se sitúan en el norte de Huelva (comarca de la Sierra de Huelva), norte de Sevilla (comarca de Sierra Norte de Sevilla), centro de Córdoba (comarcas de Valle Medio del Guadiato, Córdoba y Sur del Valle del Guadiato), este de Granada (este de las comarcas de Alhama y Loja), campiña de Jerez y La Janda en Cádiz y en Jaén en las Sierra de Cazorla, Segura y las Villas. En cuanto al escenario B2, se observa que de manera generalizada se incrementa el potencial erosivo de la lluvia en Andalucía Occidental mientras que permanece estable y en un nivel muy bajo y bajo en las provincias de Almería, Granada, Este de Málaga y Oeste de Jaén. Especialmente, llama la atención el incremento del IMF en el norte de la provincia de Huelva, pasando de valores bajos a altos (comarca de la Sierra de Huelva) y en el resto de la provincia pasando de valores muy bajos a bajos y moderados. Así mismo, en la región occidental de la Serranía de Ronda y oriental de la Sierra de Cádiz, se incrementa el efecto erosivo de las lluvias hasta alcanzar valores muy altos del IMF en mayores superficies de territorio. Para el conjunto del territorio andaluz, la superficie expuesta un IMF entre alto y muy alto pasa desde 1961-1990 a 2050 de 0,31% a 2,34%. En 2050 (B2), hay localizaciones que ven incrementado su valor de IMF respecto de 1961-1990 aunque éste sea bajo. Se trata de la provincia de Sevilla, centro y sur de la provincia de Córdoba, comarcas de Loja, Alhama y Los Montes en Granada, el noroeste de la provincia de Jaén (comarca de la Campiña de Jaén) y las comarcas de Campiña de Jerez y La Janda en Cádiz.

Figura 41. *Vulnerabilidad por erosividad de la lluvia. Índice Modificado de Fournier en Andalucía. a) Promedio del periodo 1961-1990. b) escenario de emisiones A2. c) escenario de emisiones B2.*





Fuente: Elaboración propia.

En términos generales, a pesar de que en 2050 se hayan modelizado menores precipitaciones anuales, el fuerte incremento de las lluvias de invierno y primavera, acompañado de otoños más secos que en la actualidad, son compatibles con el incremento de la frecuencia de episodios de alta intensidad de lluvia.

Para el promedio del periodo 1961-1990, el 86,20% de la superficie de Andalucía tiene un IMF muy bajo mientras que la erosividad se clasifica como baja en el 12,47%. En 2050 bajo el escenario A2, estas proporciones son 70,69%, la erosividad muy baja y el 25,23%, la baja. El porcentaje de territorio andaluz expuesto a un IMF moderado es 1,02 y 3,99% en 1961-1990 y 2050 (A2), respectivamente. Por su parte, en 2050 bajo el escenario de emisiones B2, las proporciones de territorio afectado por la erosividad de la lluvia son: el 49,91% muy baja, el 41,65% baja, el 6,09% moderada, 2,32% alta y el restante 0,02% es de agresividad muy alta. Partiendo de la caracterización realizada de la incidencia de la erosividad de la lluvia en Andalucía en 2050, se ha evaluado el grado de afección de la misma sobre las explotaciones de ganadería extensiva bovina y porcina andaluzas. Para ello, se han cruzado los mapas de distribución del Índice Modificado de Fournier en el periodo de referencia y en 2050 bajo los escenarios de emisiones A2 y B2 (Figura 41), con los mapas de distribución de las explotaciones extensivas de bovino de carne y porcino.

En el periodo de referencia (Figura 42) el 70,5% de las explotaciones extensivas de ganado vacuno de carne están expuestas a un IMF muy bajo y el 25,6% a un índice bajo. Solamente las explotaciones ubicadas en la comarca de la Sierra de Cádiz presentan valores entre moderados y muy altos. En concreto hay 70 granjas localizadas en los lugares de agresividad pluvial moderada, 19 de IMF alto y tan sólo 2 explotaciones sujetas a muy alta erosividad pluvial. En conjunto, se puede considerar que la exposición de las explotaciones de vacuno de carne en extensivo a episodios de elevada pluviometría que puedan suponer mermas económicas y ambientales para la ganadería es baja.

Figura 42. *Explotaciones de ganado bovino de carne en extensivo clasificadas según el Índice Modificado de Fournier en el periodo de referencia 1961-1990.*

En el periodo de referencia (Figura 43) el 68,05% de las explotaciones extensivas de ganado porcino están expuestas a un IMF muy bajo y el 26,76% a un índice bajo. Solamente las explotaciones ubicadas en la comarca de la Sierra de Cádiz y Serranía de Ronda presentan valores entre moderados y muy altos. En concreto hay 65 granjas localizadas en los lugares de agresividad pluvial moderada, 17 de IMF alto y tan sólo 2 explotaciones sujetas a muy alta erosividad pluvial. Para el ganado porcino en extensivo y al igual que en el caso anterior, se puede considerar que en conjunto, la exposición de las explotaciones a lluvias que puedan provocar procesos erosivos intensos y suponer mermas en la producción de pasto y forraje, es baja.

Figura 43. *Explotaciones de ganado porcino en extensivo clasificadas según el Índice Modificado de Fournier en el periodo de referencia 1961-1990.*

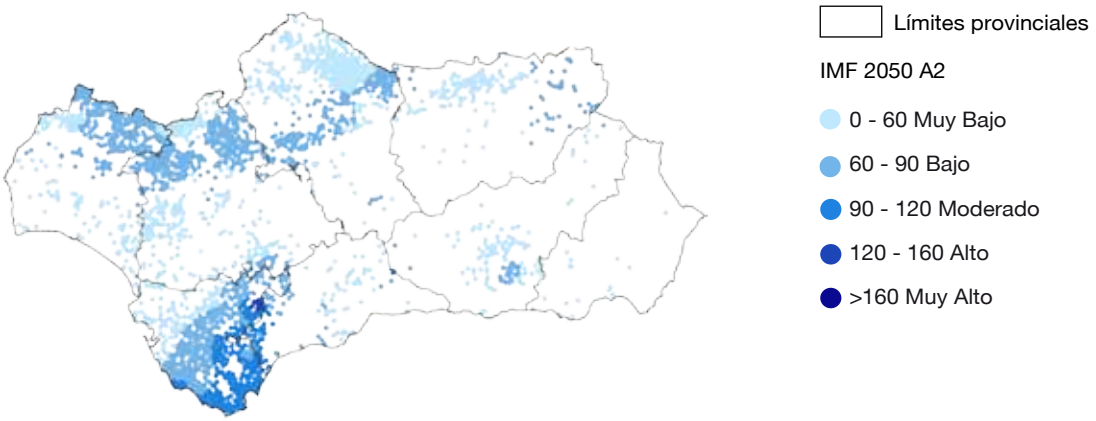
Fuente: Elaboración propia

Escenario de emisiones A2

Ganado bovino de carne en extensivo

El porcentaje de las explotaciones que se verán afectadas por una erosividad pluvial alta es del 0,3%, siendo 11,06% el porcentaje de explotaciones expuestas a un IMF moderado. La mayor parte de explotaciones de bovino de carne en extensivo no se verán perturbadas en 2050 bajo A2 por procesos erosivos asociados a lluvias torrenciales, pues el 44,43% de las mismas se ubican en zonas de IMF bajo y el 44,18% en zonas de IMF muy bajo. Por consiguiente, a pesar del ligero incremento del valor promedio de erosividad pluvial, se puede considerar que no existen variaciones sustanciales del régimen de eventos torrenciales de lluvia que impliquen procesos erosivos que afecten a la ganadería extensiva de bovino de carne en 2050 (A2). Espacialmente (Figura 44), las comarcas más expuestas son el oriente de Sierra de Cádiz y el occidente de Serranía de Ronda donde la erosividad pluvial es alta y en segundo lugar el Campo de Gibraltar, el área oriental de La Janda y la Campiña de Jerez, todas ellas con un IMF moderado. En las zonas agrícolas del valle del Guadalquivir y las áreas con menor pluviometría anual de las provincias de Almería y Granada la densidad de explotaciones extensivas es baja. Dado que presentan valores muy bajos del IMF pueden ser posibles localizaciones de donde extraer forraje (en caso de disponibilidad) para el ganado de Andalucía Occidental de modo que se reduzca la vulnerabilidad neta.

Figura 44. *Explotaciones de ganado bovino de carne en extensivo clasificadas según el Índice Modificado de Fournier en el año 2050 (A2).*



Fuente: Elaboración propia

Ganado porcino en extensivo

El porcentaje de las explotaciones en las que se prevé un año de baja o muy baja afección por erosividad pluvial es del 93,45%, prácticamente igual que en el periodo de referencia, sin embargo, el reparto entre estas dos clases es desigual, mientras que en el promedio 1961-1990 es de 68 - 28, en 2050 A2 es de 45 - 47. En cuanto a las explotaciones más expuestas, éstas se sitúan en la Sierra de Cádiz y Serranía de Ronda (Figura 45). Apenas 6 explotaciones porcinas se ubican en zonas de alta agresividad pluvial (por debajo de las 17 del periodo de referencia) mientras que las de moderado valor del IMF pasan de 65 a 100. Sin embargo, estos cambios no suponen una variación significativa en la afección

por agresividad de la lluvia a las explotaciones ganaderas de cerdo. Frente a sistemas de pastizales más habituales en la ganadería de vacuno de carne, el cerdo en Andalucía se suele explotar en dehesas, que son menos susceptibles a la erosión por arrastre hídrico al tener un componente arbóreo que sostiene más el suelo. Por lo tanto, se puede considerar que la vulnerabilidad del ganado de cerdo en extensivo en Andalucía es baja bajo el escenario de emisiones A2 en el año 2050.

Figura 45. *Explotaciones de ganado porcino en extensivo clasificadas según el Índice Modificado de Fournier en el año 2050 (A2).*

Fuente: Elaboración propia

Escenario de emisiones B2

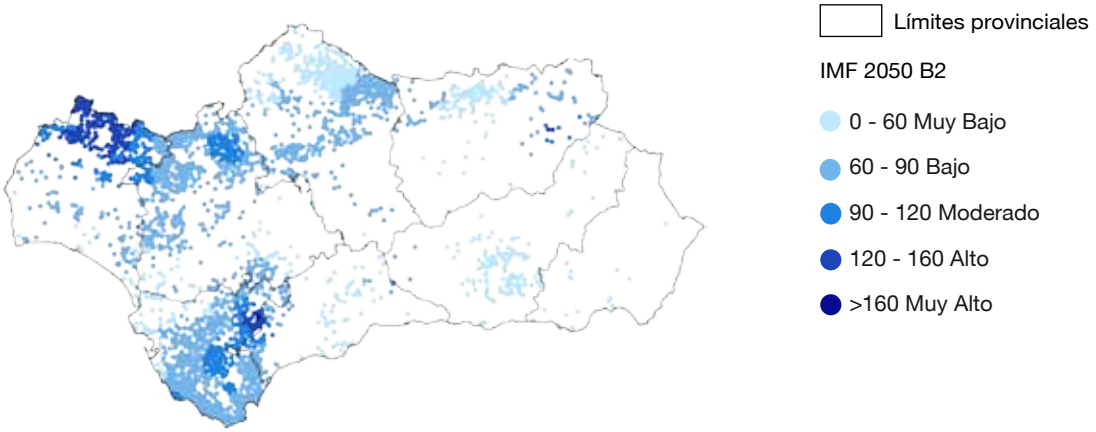
Se muestran a continuación los resultados obtenidos de cruzar el mapa del Índice Modificado de Fournier bajo el escenario de emisiones B2, con la distribución de las explotaciones extensivas de bovino de carne (Figura 46) y porcino (Figura 47) de Andalucía.

Ganado bovino de carne en extensivo

A diferencia del escenario A2, bajo el escenario de emisiones B2, el régimen de precipitaciones extremas en Andalucía se verá bastante alterado, incrementándose tanto la superficie total como el número de explotaciones ganaderas expuestas a elevados valores del Índice Modificado de Fournier. Así, el porcentaje de las explotaciones en las que la erosividad pluvial es muy baja pasa del 70% al 24% en este periodo mientras que las granjas con un IMF moderado ascienden del 2,9% al 13,2%. Así mismo, en 1961-1990 las estaciones ubicadas en zonas de alta o muy alta erosividad de la lluvia son apenas 21, mientras que a mediados de siglo XXI son 165. Espacialmente, se observa que el área más expuesta en el periodo de referencia, la comarca de la Sierra de Cádiz, sigue presentando valores elevados del IMF en 2050 bajo el escenario B2, si bien algunas de las comarcas limítrofes ven incrementado su nivel de exposición a la erosividad pluvial: la Serranía de Ronda en Málaga y las gaditanas comarcas del Campo de Gibraltar, La Janda y el oriente de la Campiña de Jerez. El cambio

más sustancial tiene lugar en la Sierra de Huelva, en la que la mayor parte de las explotaciones de ganado bovino de carne pasan de un nivel de IMF bajo a uno alto. Este cambio en el nivel de exposición incrementa notablemente la vulnerabilidad bruta de las explotaciones, pues la frecuencia y/o intensidad con la que se producirán en 2050 arrastres de materiales y pérdidas efectivas de pastos será mucho mayor que en el periodo 1961-1990. En la provincia de Jaén, concretamente en la comarca de Las Villas, se observa para dos explotaciones este mismo comportamiento. En este contexto parece necesario, por tanto, desarrollar mecanismos de adaptación frente al arrastre de vegetación de prados y dehesas que puedan contribuir a reducir los impactos que se generen sobre los sistemas ganaderos bovinos.

Figura 46. *Explotaciones de ganado bovino de carne en extensivo clasificadas según el Índice Modificado de Fournier en el año 2050 (B2).*

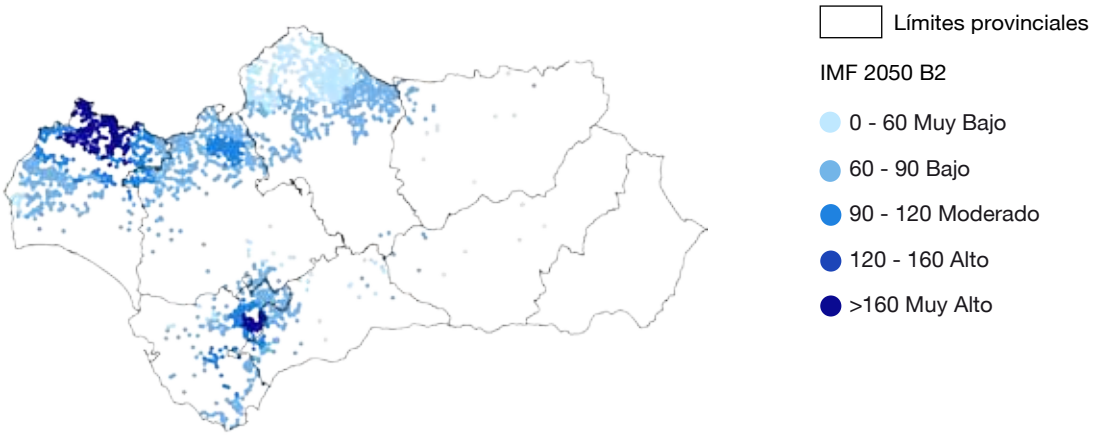


Fuente: Elaboración propia

Ganado porcino en extensivo

En el caso de las explotaciones de cerdo, el escenario B2 supone también una alteración importante del nivel de exposición a lluvias torrenciales. El porcentaje de las explotaciones en las que la erosividad pluvial es muy baja pasa del 68% al 20% entre el periodo de referencia y 2050 bajo el escenario B2. Por su parte, las granjas con un IMF moderado ascienden del 4% al 15,5%. Así mismo, en 1961-1990 las estaciones ubicadas en zonas de alta o muy alta erosividad de la lluvia son apenas 19, mientras que en 2050 son 149. Las explotaciones de ganado porcino más expuestas a los efectos de las lluvias intensas se siguen ubicando en la provincia de Cádiz, concretamente en la Sierra de Cádiz (Figura 47). La comarca de la Sierra de Huelva, el norte de la comarca del Andévalo, la Cuenca Minera de Huelva y algunas áreas de la Sierra Norte de Sevilla son los lugares donde las explotaciones se van a ver expuestas a un cambio más drástico del régimen de lluvias con poder erosivo, pasando en promedio de un IMF bajo a uno alto. Las valiosas dehesas de la provincia de Huelva en las que se sitúan ganaderías de cerdo extensivas de alto valor económico se verán, por tanto, muy afectadas por cambios significativos del régimen de lluvias extremas bajo el escenario B2, motivo por el cual deben ser objeto de medidas de adaptación orientadas a la lucha contra la erosión hidrológica.

Figura 47. *Explotaciones de ganado porcino en extensivo clasificadas según el Índice Modificado de Fournier en el año 2050 (B2).*



Fuente: Elaboración propia

Desde el punto de vista ganadero, tanto la región del norte de Huelva como la de las sierras de Cádiz y Málaga son núcleos en los que se concentran numerosas explotaciones de ganado extensivo tanto de bovino de carne, como de porcino y caprino. Dado que las fuertes lluvias pueden conllevar a la larga una pérdida de la capacidad de acoger pastos, se considera que estas explotaciones son especialmente vulnerables a los eventos de lluvia extrema derivada del cambio climático. Esta vulnerabilidad bruta es especialmente alta en 2050 bajo el escenario B2 en la comarca de la Sierra de Huelva, donde se esperan valores altos del IMF.

8 Identificación y valoración de impactos

De acuerdo con las evaluaciones internacionales como el informe *"Conclusiones del Consejo Europeo Sobre Cambio Climático: hacia una estrategia de adaptación europea"* y nacionales de Cambio Climático más pertinentes como el estudio *"El Cambio Climático en España. Estado de Situación 2007"* (Gobierno de España, 2007) y el ECCE (Ministerio de Medio Ambiente, 2005), es necesario sintetizar y publicar el conocimiento de impactos por ámbitos sectoriales, de modo que se pueda generar un banco de conocimiento suficiente y compartido que permita avanzar hacia la toma de medidas de adaptación oportunas para mejorar la capacidad de adaptación de los ecosistemas y sectores socioeconómicos afectados en todo el territorio nacional. En este sentido, se ha querido resumir de forma breve pero concisa el presente punto de evaluación de impactos detectados en el sector ganadero andaluz en relación con la exposición de los sistemas pecuarios a los cambios previstos vinculados al cambio climático. En términos generales, todos los impactos detectados son negativos y son de mayor calado en las explotaciones extensivas.

8.1. Impactos

Los impactos se identifican en función de los niveles de exposición futura a elevadas temperaturas responsables de episodios de estrés térmico y donde se prevean episodios de sequía severos y/o lluvias torrenciales, en combinación con zonas con abundante ganado vulnerable. Se ha comprobado que no todas las regiones de Andalucía estarán expuestas por igual a estos factores climáticos y, también, que no todas las especies ganaderas y sus razas son igual de sensibles, siendo variable la susceptibilidad a olas de calor y temperaturas ambientales muy altas; es decir, que los impactos surgen de encontrar circunstancias de poblaciones animales expuestas a condiciones desfavorables. En particular, la zona ganadera de Andalucía occidental está más expuesta al Cambio Climático dada su mayor abundancia de explotaciones, a la mayor sensibilidad de su cabaña ganadera y a que el cambio previsto tanto térmico como de régimen de lluvias será más severo.

La revisión bibliográfica realizada permite poner sobre la mesa los impactos probables en la ganadería a consecuencia del cambio climático, considerando las características intrínsecas al sector ganadero andaluz. 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 relación con el régimen normal de temperaturas, cuando los animales son sometidos a una presión térmica demasiado elevada, no pueden regular su temperatura interna para mantenerla dentro de límites que permitan índices satisfactorios de bienestar, producción y de reproducción, fallando la termorregulación. La importancia de esta carga térmica, en condiciones de explotación, depende de muchos factores ligados al medio ambiente, como la radiación solar, la temperatura, la humedad y la circulación del aire, pero está vinculada también al animal mismo, a través de su genotipo o su nivel de producción. Así, por ejemplo, las ovejas y las cabras son sensibles a la disminución de la duración del día, mientras que las yeguas reaccionan cuando se alargan.

Como consecuencia de la necesidad de liberar el calor, producido en el metabolismo energético de los animales, desde el punto de vista de la nutrición animal, 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 implican 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.

Se ha realizado un análisis de vulnerabilidad estimando el nivel de estrés térmico al que estarán sometidas las explotaciones ganaderas en base a los escenarios de cambio climático del IPCC. El criterio utilizado para la realización del análisis y representación cartográfica es sobre número anual de meses en los que se registra una temperatura mensual superior al umbral definido. A falta de datos específicos para Andalucía, en el presente estudio se emplea el valor de 35ºC como límite de la hipertermia en ganado porcino y 32ºC en ganado bovino. El ganado bovino lechero estará especialmente expuesto a estrés calórico en las explotaciones ubicadas en el Valle del Guadalquivir y en el Norte de Córdoba, en el Valle de Los Pedroches, donde se alcanzarán los cuatro meses de superación del umbral térmico definido. Las explotaciones de vacuno de carne intensivo que estarán más expuestas a altas temperaturas compatibles con estrés térmico en el ganado, se ubican en las provincias más continentales de Andalucía: Norte de Huelva, Sevilla, Córdoba y Jaén. El vacuno de carne extensivo tendrá una distribución de explotaciones especialmente expuestas muy similar que el intensivo, con la salvedad de que la provincia de Jaén tendrá episodios de un mes menos de duración. El ganado porcino, intensivo y extensivo, se verá más expuesto al estrés térmico en las explotaciones sevillanas, cordobesas y del Norte de la provincia de Huelva.

El régimen de sequías se alterará, siendo cada vez más frecuentes los años secos y muy secos. Esto generará impactos negativos sobre la disponibilidad de pastos, haciendo más compleja la existencia de las explotaciones extensivas de ganado. El impacto negativo del cambio climático, se podrá contrabalancear con un aporte externo de agua y alimento, siendo necesaria una evaluación económica adecuada que permita estimar el impacto real sobre el sector ganadero andaluz. Las zonas más afectadas por la sequía son la provincia de Cádiz y el Norte de las provincias de Huelva y Sevilla, donde se concentran más explotaciones ganaderas bovinas y porcinas. Bajo el escenario de emisiones A2, las sequías serán más severas que bajo B2, produciendo impactos en los sistemas de pastos y dehesas que albergan importantes poblaciones de cerdo ibérico.

En lo relativo a las lluvias torrenciales y a su impacto sobre la capacidad de los suelos para albergar pastos, cabe comentar que bajo el escenario B2 se espera en 2050, un incremento drástico de la erosividad pluvial en la Sierra de Huelva. El efecto de arrastre edáfico producido por las lluvias extremas generará mermas en la producción de pastos en cantidad y calidad, lo que repercutirá en las producciones ganaderas.

8.2. Valoración y evaluación de impactos

En la Tabla 7, 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 (directo o indirecto).

Tabla 7. *Síntesis de impactos ambientales relacionados con el cambio climático sobre el sector ganadero en Andalucía.*

Impacto	Causa	Zonificación	Signo	Efecto
Afección al ganado por estrés térmico	Incremento de las temperaturas máximas. Aumento del periodo en el que las máximas superan los umbrales de confort térmico de las distintas cabañas ganaderas.	Las zonas en las que las superaciones son más prolongadas se agrupan especialmente en la zona de Andalucía occidental (provincias de Huelva y Sevilla).	-	Directo
Merma de la producción ganadera	Malestar animal, desajuste de las dietas que reducen la ingesta del ganado.	Conjunto del territorio con énfasis en las explotaciones ubicadas en la Sierra de Huelva, provincia de Sevilla y Córdoba.	-	Directo
Reducción de la mortalidad neonatal de corderos, cabritos y terneros.	El incremento de la temperatura en general reducirá las épocas de frío en la que la mortalidad neonatal es más importante.	Conjunto de Andalucía.	+	Directo
Reducción de la disponibilidad de pastos	Endurecimiento del régimen de sequías.	Sierra de Huelva, Sierra de Cádiz, Serranía de Ronda, norte de la provincia de Jaén.	-	Indirecto
Reducción de la disponibilidad de pastos	Aumento de la frecuencia e intensidad de las lluvias torrenciales que incrementan el poder erosivo pluvial.	Explotaciones extensivas ubicadas en Andalucía Occidental aunque especialmente las sitas en la Sierra Norte de Huelva, Sierra de Cádiz y Serranía de Ronda.	-	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 ve reducida por cualquier motivo. Especialmente las explotaciones de la Sierra Norte de Huelva, Serranía de Ronda y Sierra de Cádiz.	-		Indirecto
Afección al sector del seguro ganadero	Aumento del número de cabezas ganaderas afectadas por estrés calórico.	Conjunto del territorio, especialmente, las explotaciones ubicadas en las provincias de Huelva, Sevilla y Cádiz.	-		Indirecto
Aumento del gasto de producción	Con objeto de mantener en condiciones adecuadas de hidratación, ventilación y temperatura al ganado en explotaciones intensivas, será necesario incrementar el gasto energético y de recursos lo que hará aumentar el coste económico por unidad de producción	Explotaciones intensivas del valle del Guadalquivir, Huelva y Sierra de Cádiz.	-		Indirecto
Posible reducción de la diversidad de especies ganaderas autóctonas.	Las razas autóctonas que tengas dificultades para adaptarse de manera natural al cambio climático serán cada vez menos productivas lo que puede desembocar en un abandono progresivo de su explotación. A la larga esto puede desembocar en su extinción.	Localizaciones donde se ubiquen las razas autóctonas de Andalucía.	-		Indirecto
Cambio en los patrones de las plagas y las enfermedades	Cambio en el régimen de temperaturas y precipitación	Todo el territorio	-	+	Indirecto

Fuente: Elaboración propia

9 Opciones y medidas de adaptación

9.1. Introducción

A la vista de los resultados obtenidos en la evaluación de la vulnerabilidad del sector ganadero y de los impactos detectados, se puede concluir que con elevada probabilidad en algunos casos, y en otros con cierta incertidumbre, el cambio climático presentará unos efectos y consecuencias negativos sobre el conjunto de cabañas ganaderas andaluzas.

Frente a este panorama previsto para el año 2050, ya sea bajo el escenario de emisiones A2 o el B2, parece evidente la necesidad de establecer una serie de medidas u opciones de adaptación a nivel autonómico, que permitan adecuar la actividad ganadera a las nuevas circunstancias climáticas, garantizando la salud de los animales y la productividad de las explotaciones.

El conjunto de líneas de adaptación planteadas se basa tanto en los resultados de los análisis de vulnerabilidad e impactos realizados, como en las conclusiones de la bibliografía de impactos consultada. Es necesario entender que las propuestas de adaptación que siguen tienen un carácter orientativo, pues su concreción resulta en muchos casos complicada, debido, entre otros aspectos, a la propia incertidumbre existente tanto en la posible evolución del clima como en su grado de afección a la ganadería.

A pesar de lo anterior, lo que parece indudable, atendiendo al principio de precaución, es la necesidad de establecer una política de adaptación del sector ganadero al cambio climático que permita, de manera organizada y sistemática, adelantarse a los problemas que puedan surgir promoviendo actitudes que reduzcan la exposición y sensibilidad y permitan minimizar pérdidas tanto socioeconómicas como ambientales. La adecuada integración de las medidas propuestas en las actuales políticas sectoriales relacionadas con la ganadería (rurales, ambientales, territoriales, económicas, etc.), supone una garantía para constreñir los daños del cambio climático sobre el mismo, frente al establecimiento improvisado de medidas reactivas una vez los problemas sean evidentes. El objetivo es reducir la vulnerabilidad bruta mediante la adopción de medidas de adaptación adecuadas.

Una de las características de las opciones adaptativas, tal y como menciona la Secretaría de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático debe ser la flexibilidad de las mismas. En este sentido, se ha tratado de proponer soluciones a los mismos problemas mediante distintas alternativas técnicas. Además, muchas de las medidas orientadas al control del exceso de temperatura sobre los animales son aditivas, por lo que pueden responder adecuadamente a un calentamiento progresivo de la atmósfera, aplicándose unas tras otras a lo largo del tiempo.

Otro de los aspectos importantes a considerar a la hora de establecer medidas de adaptación es la especificidad de las mismas en el sentido de adecuación a una determinada zona. Esto es, que las medidas han de contemplar en lo posible, el factor local y las peculiaridades sociales y ambientales que son propias de cada zona. De esta manera, la posibilidad de éxito de la medida será mayor. Dado el enfoque autonómico del presente Programa de Adaptación, se han considerado las características propias de la ganadería andaluza en su conjunto, no habiéndose incluido medidas propias para razas locales o derivadas de particularidades climáticas comarcales. No obstante, ha de entenderse este documento como el marco inicial del proceso de adaptación que habrá de completarse en el futuro con la realización de estudios de análisis de impactos y medidas de adaptación específicas para determinadas comarcas o para determinadas razas ganaderas. Así, las medidas de

adaptación contempladas en el presente documento son de carácter general para las especies y razas ganaderas mayoritarias del territorio de Andalucía, y pretenden servir de referencia al conjunto de agentes (administración, ganaderos, agentes de desarrollo rural, veterinarios, etc.) que han de ponerlos en marcha sin menoscabo de las precisiones locales que se puedan realizar.

A tenor del análisis de la vulnerabilidad realizado, el estrés térmico supone el principal problema derivado del cambio climático para el sector ganadero. Así, se ha considerado apropiado dar mayor peso, en cuanto a desarrollo, a las medidas de adaptación que están orientadas a dar respuesta al aumento de la temperatura ambiental siendo los objetivos básicos garantizar el bienestar animal y sus posibilidades de reproducción y cría en las explotaciones, por un lado, y mantener las actuales tasas de producción láctea y cárnica y el rendimiento reproductivo, por otro. Algunas de estas medidas específicas para ganado vacuno de leche se presentan en el Anejo 2.B.

Otras medidas propuestas están encaminadas a mejorar el nivel de conocimiento, tanto de la Administración, como de los agentes rurales, a través de la formación y capacitación, el seguimiento y la mejora de la comunicación. El resto de opciones adaptativas están relacionadas con la mejora genética del ganado, la gestión de los pastos y las parasitosis, el desarrollo de instrumentos económicos ad-hoc como incentivos o sistema de seguro.

9.2. Principales medidas y opciones adaptativas

9.2.1. Manejo del ganado

La capacidad del ganado para enfrentar condiciones adversas de clima es variable, influyendo características propias de los animales como la especie, raza, edad, color y largo del pelaje, tipo de piel, etc.; aspectos dependientes de la gestión ganadera, como las características de las instalaciones, estado sanitario y nutricional, etc.

En regiones donde los problemas de estrés por calor son frecuentes, existe la recomendación de contar con un plan que permita reducir el impacto negativo de las altas temperaturas sobre el ganado. Se considera que en el marco de cambio climático descrito en los apartados anteriores y a tenor de la previsión de un aumento paulatino, tanto de la temperatura media, como de los episodios de olas de calor, es necesario contar con un plan adecuado de manejo de ganado, para así reducir la predisposición de los animales a sufrir hipertermia; esto, junto con un diseño oportuno de las explotaciones ganaderas, se convierte en una de las piedras angulares de la adaptación.

Así, la presente medida pretende ser el punto de partida para el desarrollo de un modelo de plan de manejo ganadero frente a las altas temperaturas. Este tipo de planes debe incluir al menos los siguientes aspectos de manejo en el caso de episodios de elevadas temperaturas:

- Acceso a fuentes de agua: si, por lo general, todo animal de granja ha de tener asegurado el acceso al agua en cuantía suficiente, con más motivo cuando tienen que soportar altas temperaturas, dada la pérdida de agua corporal que experimentan a causa

de la copiosa sudoración. De hecho, el consumo de agua, especialmente si está fresca y es de calidad, es una de las formas más rápidas y eficientes por las que los animales reducen su temperatura corporal. Durante el verano, el consumo de agua se duplica prácticamente con respecto al consumo de invierno, lo que ha de ser oportunamente considerado. Por ejemplo, en el ganado bovino el consumo de agua en el verano alcanza 32,4 ± 0,13l/día, mientras que en el invierno es de 17,3 ± 0,08l/día (Arias, 2006). El agua posee propiedades químicas y físicas particularmente importantes para el proceso de mantenimiento de la temperatura corporal. Su calor específico es considerablemente mayor al de cualquier otro líquido o sólido. Además, su alto calor de vaporización permite al animal transferir una importante cantidad de calor al ambiente con pequeños volúmenes a través del sudor y la orina. La adición de sales al agua de bebida, como cloruro potásico o bicarbonato sódico, es muy recomendable en situaciones de estrés térmico, ya que actúan como tampón del pH sanguíneo, el cual se eleva como consecuencia del aumento de la frecuencia respiratoria.

- Reducir la densidad de animales en la explotación: la cercanía y contacto de unos animales con otros aumenta su temperatura corporal y reduce la eficiencia de la ventilación y otros mecanismos de enfriamiento (cuanto mayor es la densidad, mayor es la cantidad de calor producida en el interior de la nave y más difícil resulta disminuir la temperatura), por lo que se considera oportuno, en la medida de las posibilidades, reducir el número de animales en las explotaciones en las épocas más calurosas o en previsión de olas de calor.

- Evitar el movimiento de los animales: el movimiento de los animales por algún tipo de manejo (detección de celo, control de temperatura rectal, etc.) puede incrementar la temperatura corporal entre 0,5 y 3,5 °C. La recomendación general es evitar el movimiento del ganado o bien hacerlo en las horas más frescas del día, es decir, antes de las ocho de la mañana. Si bien la lógica indica que es posible realizar manejos después de la puesta de sol, se debe considerar un tiempo adecuado que permita a los animales liberar el exceso de calor acumulado durante el día. Si la noche no es lo suficientemente fresca, entonces se debe posponer el movimiento del ganado para otro momento.

- Cambios en la dieta y en los horarios de alimentación: éste es quizás el principal desafío en las engordas y lecherías, ya que cambios bruscos de horario y de los componentes de la ración pueden provocar problemas de acidosis y reducciones en las ganancias de peso. Para evitar la desnutrición en etapas de estrés calórico, se pueden llevar a cabo ajustes nutricionales en la ración, modificaciones en la presentación física del pienso y cambios en las técnicas de manejo de la propia alimentación. Por ejemplo, la peletización del pienso mejora la digestibilidad del mismo, disminuyendo la producción de calor metabólico con respecto a la presentación en harina. La alimentación húmeda mejora la ingesta de pienso en épocas de calor. En cuanto al manejo de la alimentación, una medida muy eficaz es el empleo de comederos automáticos para que los animales puedan comer en las horas del día más frescas o por la noche. En el caso de no disponer de este tipo de comederos, se puede repartir el pienso en varias veces, incluida la noche. Otra alternativa es suministrar el 70% de la dieta dos a cuatro horas después de alcanzar la temperatura máxima diaria (Davis *et al.*, 2003).

Por otra parte, diferentes ingredientes en la dieta pueden producir distintos incrementos de calor a pesar de tener concentraciones similares de energía. Por ejemplo, grasas y aceites

presentan el menor incremento en calor, seguido por los carbohidratos solubles como almidón (pero no los carbohidratos estructurales) y las proteínas. En general, el aporte de grasas a la ración constituye un medio para compensar la disminución en la ingesta energética debido al menor consumo por estrés térmico. La reducción del consumo de materia seca o de la energía total ha demostrado reducir la susceptibilidad a estrés por calor. Brosh *et al.* (1998) reportaron que vaquillas consumiendo dietas en base a forrajes presentaron menores temperaturas rectales y tasas de respiración que aquellas con una dieta 80:20 de concentrado y forraje; esto podría estar asociado a los efectos del calor sobre la digestibilidad y la tasa de pasaje reportados por el Consejo de Investigación Nacional de los Estados Unidos (NRC, 1981). En el Anejo 2.B se detallan algunas especificidades relacionadas con la dieta y el manejo de ganado bovino de leche.

Desde el punto de vista del rendimiento, todas las medidas capaces de neutralizar o compensar la reducción en el nivel de ingesta observada en caso de estrés calórico, repercuten indirectamente en beneficio de la producción, tanto de leche como de carne, siendo ésta más normal cuanto menor sea la reducción en la ingesta. Una buena ventilación de los animales a fin de asegurar la eliminación del calor adicional generado en el transcurso de la digestión es necesaria para reducir la probabilidad de padecer estrés calórico.

- Observación: Un buen recurso para evitar la negativa repercusión del estrés térmico sobre la productividad y el estado de salud del ganado, es la observación continua del comportamiento animal, como indicador de alerta de comportamientos destinados a luchar contra el calor y que inducen a pensar que se está en el preludio de una situación de estrés calórico. Por ello, la observación continuada, tanto de las modificaciones etológicas, como fisiológicas, encaminadas a la intensificación de la expulsión del calor corporal, resulta un elemento imprescindible para la detección temprana de olas de calor y para poner en marcha las técnicas de manejo comentadas. Éstas podrán acompañarse de medidas para acelerar el enfriamiento de los animales y evitar el estado de hipertermia. Algunas de estas técnicas se comentan a continuación.

9.2.2. Control del confort térmico, diseño de las instalaciones de las granjas

A continuación, se comentan algunas de las medidas y soluciones técnicas de lucha contra las altas temperaturas en explotaciones de ganado que facilitan la termorregulación de los animales. Algunas de ellas son de carácter preventivo y son tendentes a minimizar las posibilidades de que los animales tengan que hacer frente a condiciones de estrés térmico y otras son dinámicas y pretenden ayudar a minimizar el efecto de elevadas temperaturas. En conjunto, las medidas ayudan a paliar la aparición de hipertermia en los días más críticos, favoreciendo la eficacia de los mecanismos biológicos para combatir el estrés calórico.

- Ventilación: La ventilación tiene por objeto regular la temperatura, aportar oxígeno a los animales, eliminar los gases nocivos y el vapor de agua y eliminar las partículas de polvo y malos olores. La ventilación es un factor muy relacionado con el confort térmico al producir mayor o menor sensación de frío a una misma temperatura. Cuando se habla de necesidades de ventilación se tendrá en cuenta tanto la velocidad como el caudal del aire (datos para el ganado porcino en las Tablas 8 y 9). Existen dos tipos de ventilación: estática o natural y dinámica o forzada.

Tabla 8. *Necesidades de ventilación de los cerdos. Velocidad del aire.*

Clasificación de los valores del IMF	Mínimo	Máximo
Verracos, cerdas vacías, gestantes y lactantes	0,2	0,7
Lechones (nacimiento - destete)	0,1	0,3
Transición	0,1	0,4
Cebo	0,2	0,5

Fuente: Latorre y Miana (2008).

Tabla 9. *Necesidades de ventilación de los cerdos. Caudal de ventilación.*

Clasificación de los valores del IMF	Mínimo	Máximo
Caudal de ventilación (m3/h/animal)	**Mínimo**	**Máximo**
Verracos y cerdas gestantes	30-40	100-120
Maternidad*		
Nacimiento - 8 días	40-50	180-250
8 días - 15 días	50-60	180-250
15 días - destete	60-80	180-250
Lechones	**Mínimo**	**Máximo**
5 Kg.	3	6,5
10 Kg.	5	13
15 Kg.	7	19,5
20 Kg.	9	26
25 Kg.	11	32,5
Cebo	**Mínimo**	**Máximo**
25 Kg.	11	32,5
35 Kg.	13	35
55 Kg.	15	55
75 Kg.	19	75
100 Kg.	23	100

Fuente: Latorre y Miana (2008).

- Ventilación estática. Consiste en corrientes naturales de aire que se generan por diferencia de temperatura y/o presión entre el interior y el exterior. La orientación de la nave desempeña un papel especialmente importante en este tipo de ventilación, por lo que hay que tener en cuenta los vientos dominantes de la zona. Hay dos modalidades de ventilación estática en función de cómo se produzcan las corrientes de aire: horizontal (a través de las ventanas) y vertical (por las ventanas y por aberturas en la cubierta). Cuando se cuenta con sistemas de ventilación estática, las medidas preventivas para luchar contra el calor son bastante limitadas. Habría que eliminar todos los obstáculos para una correcta ventilación del aire dentro de la nave y abrir todas las ventanas a fin de permitir que entre el mayor volumen de aire posible. De esta forma, se consigue mejorar la ventilación por convección.

- Ventilación dinámica. Se basa en forzar el movimiento del aire y también destacan dos modalidades: extracción o depresión (el aire viciado del interior se saca mediante extractores creando una depresión en el interior que permite la entrada del aire del exterior para igualar las presiones) e inyección o sobrepresión (el aire nuevo es introducido mediante inyectores creando una sobrepresión que favorece la salida del aire viciado al exterior a través de aberturas). La ventilación forzada proporciona mejores resultados, ya que se puede controlar de una forma más precisa el ambiente; sin embargo, supone una fuerte inversión inicial para la instalación y después para su mantenimiento. A partir de 1 m/s de velocidad del aire se produce un enfriamiento beneficioso, si la superficie cutánea no está húmeda. La tasa de ventilación y la dirección del aire son aspectos fundamentales para refrescar por medio del movimiento del aire. Junto a ello, son de vital importancia las medidas de vigilancia y revisión de los sistemas de ventilación, para asegurarse que la capacidad de renovación del aire y de mantenimiento de la temperatura en el interior de la nave va a funcionar correctamente en aquellos momentos más críticos. Para ello, es indispensable limpiar los ventiladores de forma regular; así como, ajustar y/o reemplazar las correas, revisar las cortinas, evitando cualquier obstrucción de la entrada del aire. También es muy importante la revisión y ajuste del termostato, para que se pongan en marcha todos los ventiladores cuando la temperatura del aire alcance valores que puedan causar estrés.

- Diseño de la instalación: reducción de la carga de calor del edificio. Dos aspectos a tener en cuenta para disminuir la carga de calor de un edificio son el emplazamiento de la explotación y el aislamiento de los edificios. Conocer detalladamente las características climatológicas de la zona de ubicación de la granja (preferentemente en una depresión o sobre una colina), ayudará a elegir una adecuada orientación según la dirección del viento y las horas de sol. En general, se aconseja que el eje longitudinal de la nave siga la dirección Este-Oeste, procurando evitar vientos dominantes en ángulo recto (Daza Andrada, 1995). Por otro lado, un buen aislamiento de cerramientos y cubiertas de las naves reduce los intercambios de temperatura entre el exterior y el interior, facilitando mantener unas adecuadas condiciones ambientales. Un aislamiento óptimo hará mucho más eficaces los sistemas de refrigeración en verano y permitirá ahorrar energía, en forma de calefacción, en invierno. La altura del techo debe ser la suficiente para permitir al aire caliente moverse hacia arriba y lejos de los animales. Se recomienda, igualmente, un buen aislamiento del techo y de las paredes, ya que con ello se puede reducir la temperatura del aire en el interior de la nave hasta 3ºC. Pintando las superficies exteriores de blanco o con pinturas reflectantes se puede rebajar el efecto de las radiaciones solares en un 30%.

En el entorno de las naves se considera necesario habilitar una zona de sombra (arbolado, tejados, cobertizos, voladizos, etc.) que evite en los animales la incidencia directa de los rayos solares en cuanto principal componente del calor extracorporal. La instalación de los

aleros o voladizos debe hacerse de tal manera que no se perturbe el movimiento del aire. El medio ambiente que rodea la explotación puede influir también sobre la temperatura del aire que entra en el edificio. Un anillo de hierba baja alrededor de la nave es recomendable porque disminuye la cantidad de luz reflejada, y, por lo tanto, la temperatura del aire que entra en la nave. Plantar árboles de hoja caduca alrededor de la nave permite el paso de las radiaciones solares en invierno pero dan sombra en verano, absorbiendo las radiaciones. Estudios realizados en Argentina (Valtorta *et al.*, 1996; Valtorta y Gallardo, 2004) indican diferencias en la producción de leche de un 12% y un 5%, respectivamente, cuando los animales dispusieron de sombra y mecanismos de refresco, tales como aspersores y ventiladores. En este mismo sentido, Collier y *et al.* (2006), señalan que la disponibilidad de sombra resulta esencial para reducir las pérdidas en producción de leche y eficiencia reproductiva.

- Mecanismos de enfriamiento. En el caso de que durante los meses de verano se alcancen temperaturas elevadas en el interior de las naves y el sistema de ventilación dinámica sea incapaz de rebajar la temperatura, se ha de contar con un sistema de refrigeración eficaz. Una de las formas más comunes para luchar contra el calor en verano se basa en el principio físico del enfriamiento evaporativo, que consiste en la reducción de la temperatura del aire a expensas de evaporar agua. Con esta evaporación, el calor absorbido por el agua consigue enfriar el aire al mismo tiempo que aumenta el grado higrométrico de la nave. El inconveniente es que un exceso en el nivel higrométrico conduce a una reducción de la capacidad de evaporación pulmonar. La eficacia de la refrigeración evaporativa depende fundamentalmente del grado de humedad del aire exterior, siendo ineficaz cuando la humedad relativa exterior es muy elevada (Latorre y Miana, 2008). Los dos sistemas más empleados para llevar a cabo la refrigeración evaporativa son: cooling system (corriente de aire que es impulsada a través de paneles húmedos) y nebulización (atomización de agua a alta presión por micronizadores).

La refrigeración evaporativa mediante paneles húmedos utiliza la evaporación producida en unos paneles húmedos cuando son atravesados por una corriente de aire que es impulsada a través de ellos, combinando así la ventilación con el enfriamiento. Los sistemas de nebulización son los de mayor rendimiento para la evaporación del agua. Consisten en la atomización de agua en el interior del edificio a alta presión (gracias a unos micronizadores especiales que trabajan a 70 Kg/cm2 de presión). Se trata de un sistema que evapora el agua con enorme facilidad, por lo que se puede adaptar a cualquier sistema de ventilación. Para que el enfriamiento por agua resulte eficaz debe existir un cierto movimiento de aire sobre la superficie de la cerda (mínimo 0,2 m/s). Se recomienda un flujo de nebulización de 35 litros de agua por hora durante 30 segundos cada 30 minutos desde las 8,00 a las 21,00 horas, aunque los ajustes entre la frecuencia y la duración del funcionamiento de los nebulizadores dependen del tipo de nave, de la ventilación, de la densidad animal y de las condiciones climáticas locales.

Para impulsar la salida del calor corporal propiamente dicho, la opción de enfriar el aire mediante ventiladores estratégicamente colocados a tal fin, en combinación con nebulizadores o cualquier otro dispositivo esparcidor de finas gotas de agua por el aire, es muy efectiva. Más efectivo que el enfriamiento de éste lo es el de los propios animales, en especial, cuando sobre su piel previamente remojada se fuerza el paso del aire con ventiladores en busca de una refrigeración evaporativa más intensa. El enfriamiento es eficaz sólo si evita o minimiza el consabido descenso en el consumo de alimento, de ahí que el lugar idóneo para la instalación del correspondiente equipamiento sea el más cercano posible a la zona de alimentación. Otra opción de enfriamiento de aplicación directa es refrescar a los animales en las horas centrales del día a través de técnicas de goteo en cuello y espalda.

En general, al margen de los distintos instrumentos instalados en las granjas, es imprescindible garantizar el buen funcionamiento de los mismos mediante un adecuado mantenimiento: revisión y limpieza de las boquillas de los nebulizadores, asegurarse que todos los componentes del sistema de refrigeración y ventilación funcionan correctamente, comprobar que los paneles de refrigeración se encuentran en buenas condiciones para su funcionamiento, limpieza periódica del polvo, desratización de los locales para evitar la acción de estos roedores sobre los paneles, etc.

9.2.3. Establecimiento de un sistema de Indicadores para analizar la evolución del sector ganadero en relación al cambio climático

Toda política o medida de adaptación carecería de sentido si no se pudiera disponer de un instrumento de evaluación y seguimiento que cuantificará los beneficios o perjuicios de las actuaciones llevadas a cabo.

Todavía cobra más importancia el hecho ya ampliamente mencionado de que algunos de los efectos del cambio climático son poco probables, probables, etc., mientras que en algunos aspectos existen claras incertidumbres. En este sentido, lo más idóneo es la existencia de un mecanismo que evalúe y permita comprobar y evidenciar, además de las medidas y actuaciones de adaptación consecutivamente aplicadas, aquellas cuestiones respecto a las cuales existe una mayor incertidumbre.

9.2.4. Creación de una oficina de atención al ganadero para la Adaptación al Cambio Climático

Se trata de crear un nexo de unión entre la administración y el ganadero, de modo que las políticas, planes, programas, actuaciones e información, puedan implantarse correctamente en las distintas explotaciones ganaderas.

Este ente ha de configurarse como el organismo capaz de albergar toda la información disponible en lo relativo a impactos y adaptación al cambio climático sobre el sector ganadero, canalizarla a las Oficinas Comarcales Agrarias (OCA), coordinar a los distintos organismos involucrados, tanto públicos como privados y, en definitiva, lograr poner en marcha todas las mejores prácticas agrarias en relación a la adaptación al cambio climático.

9.2.5. Elaboración de programas de formación a ganaderos para la puesta en práctica de técnicas de adaptación al cambio climático

Esta medida se relaciona con la anterior, puesto que a partir de los avances en materia de cambio climático y ganadería, la OCA reunirá en su seno toda la información relevante, siendo el lugar a partir del cual transmitir estos conocimientos. Cabe mencionar que la relación con los ganaderos es bidireccional, en tanto en cuanto son precisamente estos agentes rurales quienes conocen por experiencia qué tipo de manejo es mejor (cambio en los sistemas de crianza, elección de dietas, proporciones de producción, etc.) o qué razas resisten más al cambio de condiciones climáticas, pudiendo favorecer la mejora integral del sistema ganadero.

9.2.6. Creación de un sistema de incentivos a las prácticas pecuarias más sostenibles

Esta es una de las medidas que no sólo redundan en los beneficios de cara a lo relacionado con el cambio climático, sino que sus beneficios son extensibles a lograr los objetivos de sostenibilidad del sistema ganadero.

El objetivo principal pasa por la progresiva adaptación de las técnicas pecuarias y de gestión de pastos y dehesas al cambio climático, en una sucesión de fases, es decir gradualmente. Las prácticas que se han de ir mejorando conforme aumente el nivel de conocimiento, de información y formación son, por ejemplo, las relacionadas con el manejo de suelos, buenas prácticas en la gestión de residuos ganaderos, eficiencia en la utilización del agua de riego, adecuación de la carga ganadera a la disponibilidad de pastos, reducción del empleo de medicamentos animales, etc.

Se trata de buenas prácticas que dirigen las actuaciones hacia el destino de la adaptación. Entre las prácticas agrarias incentivadas, deben cobrar protagonismo aquellas que optimicen el uso del agua, puesto que la sequía es uno de los aspectos más evidentes del cambio climático.

9.2.7. Desarrollar e implementar un Protocolo de emergencias ganaderas

Se trata de elaborar un protocolo de emergencias ganaderas en relación al estrés térmico que facilite la gestión del ganado durante episodios especialmente severos como periodos prolongados de altas temperaturas u olas de calor con temperaturas máximas extremas que puedan suponer la muerte del ganado, de manera que se minimicen los daños tanto a los animales como a la productividad general del sistema. Este protocolo debe elaborarse en conjunto por representantes de todos los agentes implicados en la gestión ganadera y debe establecer una dotación económica y técnica que permita su rápida puesta en marcha. Así mismo, se han de describir los umbrales críticos para la adopción de dichas medidas.

9.2.8. Mejora genética del ganado.

La ganadería tradicional ha realizado una selección genética a lo largo de los siglos, atendiendo no sólo a criterios productivos, sino que se han ido escogiendo para la reproducción a aquellos ejemplares más adaptados a las condiciones del entorno o capaces de sobrellevar mejor enfermedades o parasitosis.

En este contexto, se puede plantear el diseño y ejecución de un programa de mejora genética para las distintas cabañas ganaderas, dirigido a la obtención de variedades mejor adaptadas a las altas temperaturas derivadas del cambio climático. Se trataría de potenciar el proceso tradicional de deriva genética mediante selección específica de animales reproductores, aumentando así la plasticidad genotípica y fenotípica de manera que se puedan emplear en las distintas comarcas andaluzas, los animales mejor adaptados a cada ambiente climático, tratando en general de aumentar su resistencia al calor. La aclimatación es una técnica que tiene como objetivo reducir las consecuencias del estrés por calor.

9.2.9. Mejorar la comunicación institucional

Desarrollar un protocolo eficaz que permita compartir conocimiento y experiencias con otros territorios y organismos, de manera que se aumente la eficacia de las medidas y que permita gestionar de manera óptima los recursos económicos disponibles. Esto pasa por sistematizar el diálogo relativo a las investigaciones, experiencias y políticas de adaptación con socios nacionales e internacionales en lo relativo al sector ganadero. Además, se ha de promover la investigación y la transferencia de tecnología desde centros de investigación a las explotaciones ganaderas mediante el fomento de sistemas de financiación y comunicación adecuados.

9.2.10. Manejo de pastos

A consecuencia de la reducción futura de las precipitaciones anuales en buena parte de Andalucía, sobre todo en las provincias occidentales, se considera que la pérdida potencial en la disponibilidad de forraje de los pastos será importante, pudiendo suponer una importante traba para el sector. Por este motivo, y siguiendo el principio de prevención ya comentado, se considera necesario establecer un marco técnico que permita desarrollar planes de manejo de los pastos y dehesas en un marco de clima cambiante. Esto supone definir específicamente para cada comarca y tipo de ecosistema, las mejores prácticas agropecuarias existentes en lo relativo al uso del agua, a la poda de la cubierta arbórea y de matorral, a la selección de especies, la carga ganadera, el periodo de rotación, etc., de manera que se optimice el recurso disponible.

9.2.11. Seguimiento del parasitismo en el contexto del cambio climático

Los estudios epidemiológicos relativos a enfermedades animales y a la incidencia de distintas parasitosis son cruciales en el ámbito ganadero para implementar y especificar medidas de control que permitan reducir la morbi-mortalidad y las pérdidas económicas. A pesar de ser una necesidad importante del sector, este tipo de estudios es reducido, debido a la falta de conocimientos técnicos, por un lado, y al coste que implican, tanto en términos económicos, como de personal especializado. Sin embargo, en el contexto del cambio climático, los estudios apuntan a un incremento en la recurrencia de parasitosis conocidas y a la entrada de nuevos vectores de enfermedad asociados al calentamiento medio de la atmósfera. En este sentido, con objeto de mejorar los sistemas de lucha contra los parasitismos, se considera necesario desarrollar un mecanismo de monitoreo de las enfermedades emergentes en Andalucía. Esto implica financiar y coordinar adecuadamente a los distintos laboratorios y grupos de investigación para realizar un seguimiento adecuado del cambio en la epidemiología de agentes patógenos y de vectores y para conocer bien los agentes y huéspedes, los determinantes de la causalidad, en definitiva, la epidemiología de las parasitosis existentes o nuevas que puedan suponer un impacto negativo para la ganadería andaluza.

9.2.12. Seguro ganadero

A tenor del difícil escenario futuro para el sector ganadero en Andalucía a consecuencia del cambio climático, que tendrá importantes repercusiones tanto sobre el estado de salud de los animales, su productividad, la disponibilidad de forrajes y pastos y la incidencia de nuevas parasitosis, cabe considerar la necesidad de complementar el actual sistema de seguro ganadero desarrollando productos orientados a cubrir las nuevas necesidades, como por ejemplo, la cobertura por enfermedades parasitarias nuevas o las relacionadas con la sobremortalidad por hipertermia. Así, en la actualidad debe plantearse un programa de investigación relativo a estudios actuariales que permitan desarrollar productos adecuados a las nuevas condiciones ambientales, a la incidencia de nuevas perturbaciones en el ámbito de la ganadería y a las circunstancias socioeconómicas previstas para el futuro.

9.3. Líneas de investigación prioritarias

A partir de los análisis llevados a cabo y del estudio de la literatura científica y técnica empleada en esta memoria, se realiza a continuación una propuesta sobre líneas de investigación que se consideran prioritarias para mejorar el conocimiento de los procesos implicados en la mejora de la gestión ganadera en un contexto de clima cambiante.

- Los estudios tendentes a obtener mejoras en la alimentación de los animales, en lo referido a reducir el calor generado, deben coordinarse adecuadamente con los estudios realizados, en el ámbito de la mitigación para reducir la fermentación intestinal y las consiguientes emisiones de metano, uno de los principales gases de efecto invernadero.

- Realizar un análisis en profundidad de la vulnerabilidad del sector agrario frente al cambio climático, analizando una por una las distintas razas que componen cada una de las cabañas ganaderas existentes en Andalucía. Esto supone determinar los umbrales de temperatura para los cuales se registra estrés térmico y las implicaciones del mismo sobre el bienestar animal y la producción.

- Estudiar al detalle la resistencia de los animales a cambios en la temperatura y humedad ambiental. En este sentido, se considera interesante evaluar también los umbrales propios de cada uno de los grupos poblacionales con importancia productiva, es decir, las hembras embarazadas, las crías recién nacidas y con distintas semanas desde el parto, hembras y machos. Así mismo, se puede plantear el estudio de determinadas razas, que a pesar de no ser numerosas en número de animales, sean de importancia ya sea por su rendimiento económico o su valor como especie autóctona.

- Efectuar una evaluación socioeconómica del impacto del cambio climático en el sector agrario. Dada la delicada situación económica del sector en la actualidad, el problema añadido del cambio climático puede suponer para muchas explotaciones una traba demasiado grande para garantizar una producción con niveles de rentabilidad aceptables. La merma en el dinamismo de la ganadería andaluza supondría un problema añadido de paro laboral para muchos trabajadores en el caso de cierre de explotaciones.

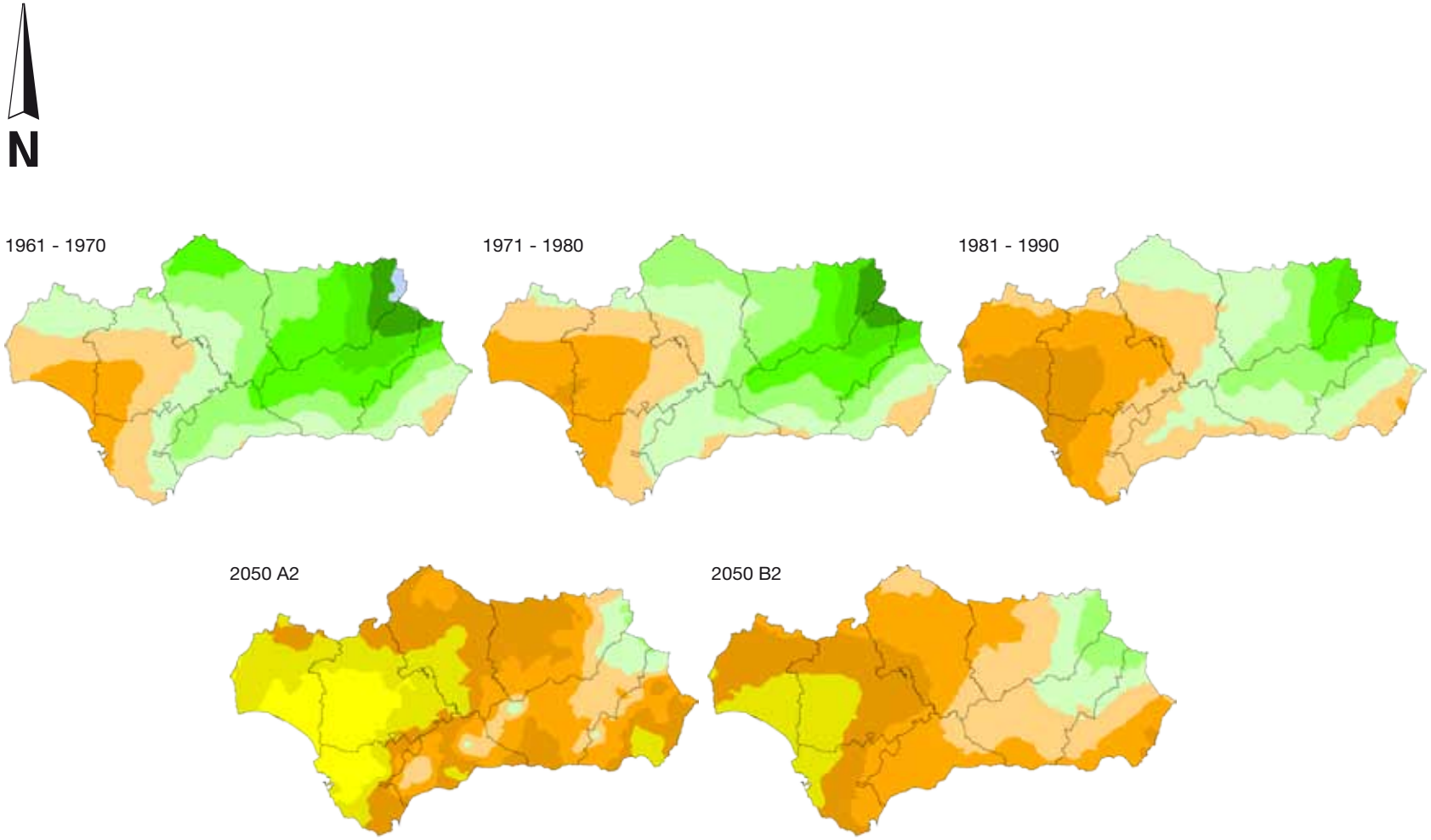
- Realizar estudios específicos para identificar medidas de adaptación al cambio climático en sectores dinámicos económicamente como el del porcino de bellota, el ecuestre o el del toro de lidia o emergentes como el de la ganadería ecológica.

- Desarrollar una estrategia integrada de investigación que permita confeccionar planes comarcales de manejo de ganado para reducir el estrés calórico y garantizar la eficiencia del uso de los recursos (agua, suelo, pienso), el bienestar animal y la productividad. Esto puede incluir plantear cambios de sistema productivo (intensivo, extensivo) o cambio de las tecnologías a utilizar.

- En un marco más genérico se debe evaluar el impacto sobre el territorio que pueda ir asociado al abandono de explotaciones ganaderas derivado del incremento de los problemas provocados por el cambio climático. Esto puede suponer una pérdida importante de servicios ambientales.

- Desarrollar la investigación relativa a los cambios en los patrones de afección de enfermedades parasitarias en relación con el cambio climático. En relación al cambio climático y los parasitismos, evaluar los cambios en la incidencia y prevalencia de parasitismos olvidados (*Cryptosporidium parvum* y *C. hominis*) o desconocidos (géneros de microsporidios, especies de apicomplejos, nuevos nematodos, etc.) que puedan suponer alteraciones importantes para las comunidades de animales de granja en el futuro. En este sentido, cabe destacar por ejemplo la línea de investigación actual de análisis de cambios sobre determinadas variables que determinan la tasa de reproducción animal (R0): periodo de incubación, tasas de contagio de enfermedades, tasas de mortalidad de los vectores, etc.

10 Anejo 1: Cartografía



Límites provinciales

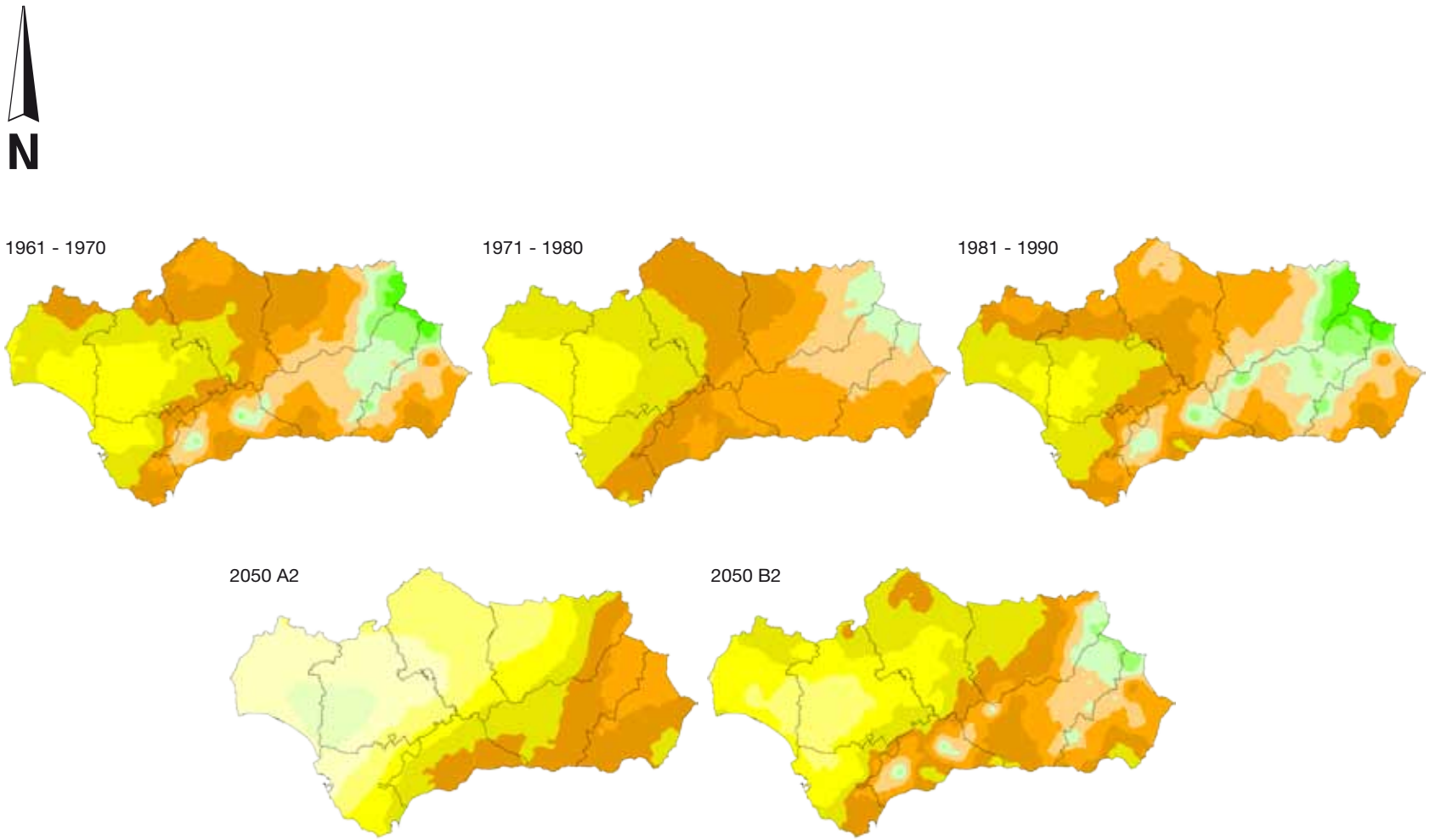
Temperatura máx.
Promedio (ºC)

- 11 - 12
- 12 - 13
- 13 - 14
- 14 - 15
- 15 - 16
- 16 - 17
- 17 - 18
- 18 - 19
- 19 - 20
- 20 - 21
- 21 - 22

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Ganadero

Mapa 1: Temperatura máxima promedio mensual en Andalucía para el mes de Enero en distintos periodos temporales: 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990 y año 2050 (bajo los escenarios de emisiones A2 y B2).



Límites provinciales

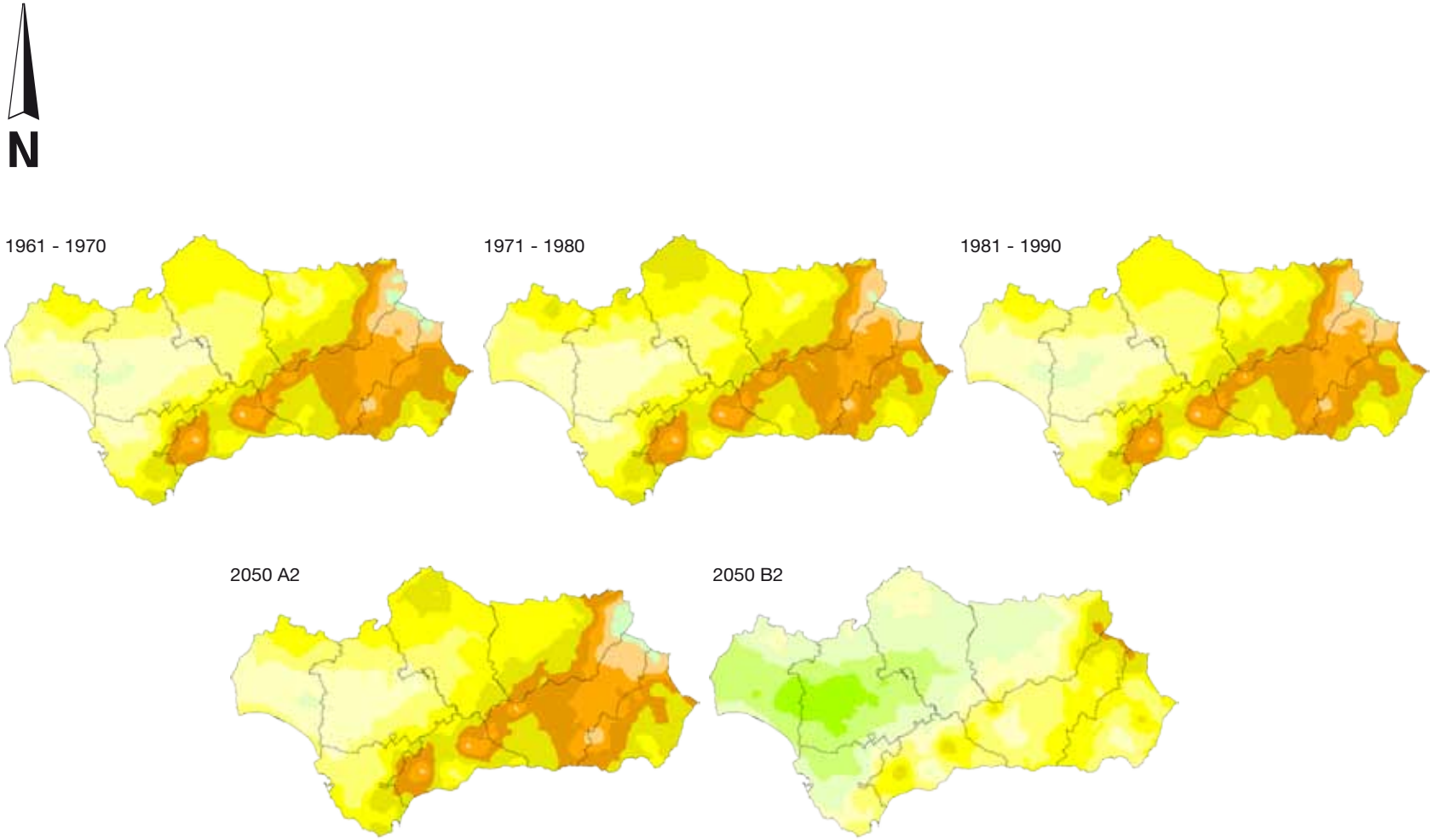
Temperatura máx.
Promedio (ºC)

- 13 - 14
- 14 - 15
- 15 - 16
- 16 - 17
- 17 - 18
- 18 - 19
- 19 - 20
- 20 - 21
- 21 - 22

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Ganadero

Mapa 2: Temperatura máxima promedio mensual en Andalucía para el mes de Febrero en distintos periodos temporales: 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990 y año 2050 (bajo los escenarios de emisiones A2 y B2).



Límites provinciales

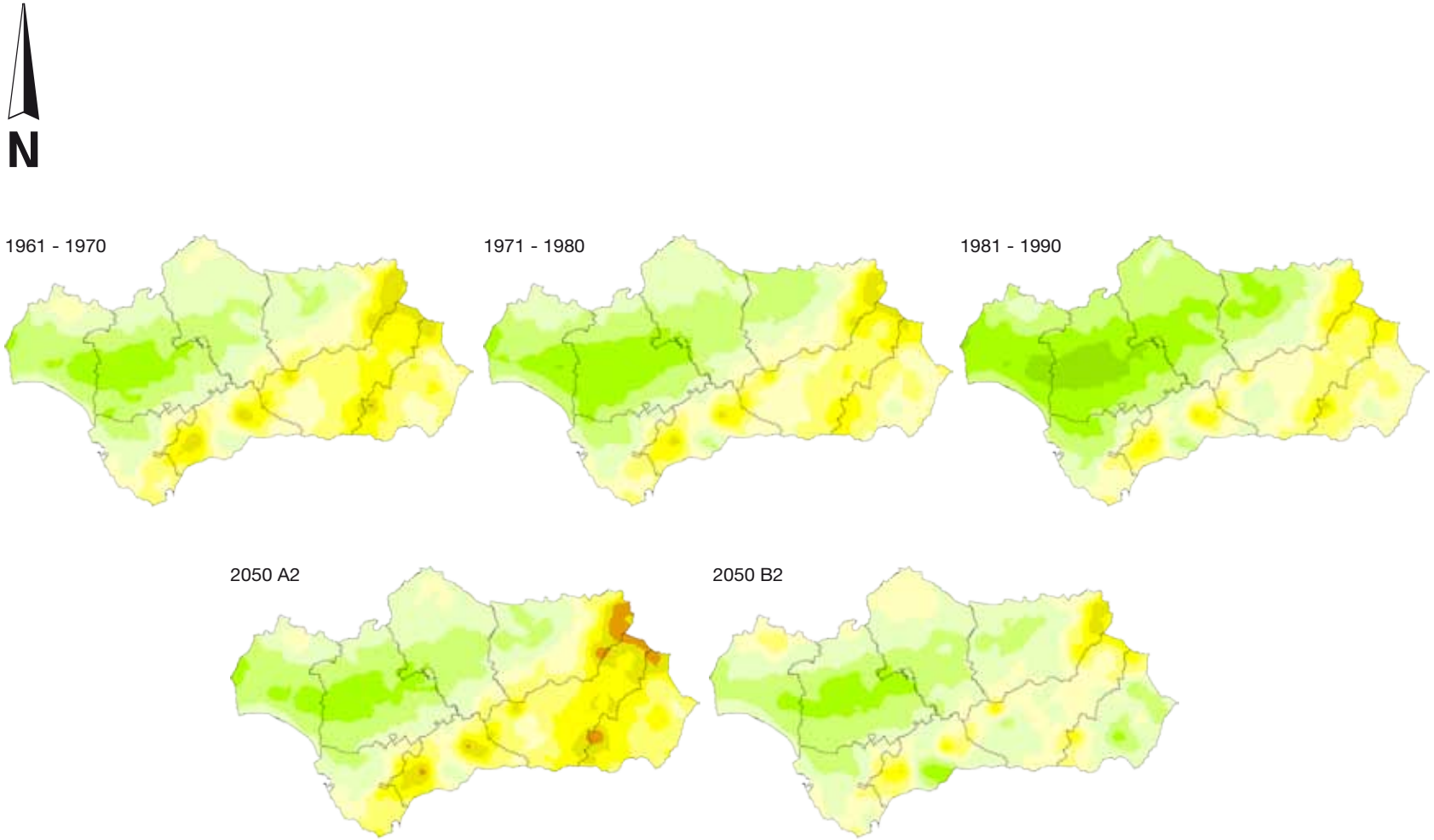
Temperatura máx.
Promedio (ºC)

- 15 - 16
- 16 - 17
- 17 - 18
- 18 - 19
- 19 - 20
- 20 - 21
- 21 - 22
- 22 - 23
- 23 - 24
- 24 - 25
- 25 - 26
- 26 - 27

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Ganadero

Mapa 3. Temperatura máxima promedio mensual en Andalucía para el mes de Marzo en distintos periodos temporales: 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990 y año 2050 (bajo los escenarios de emisiones A2 y B2).



Límites provinciales

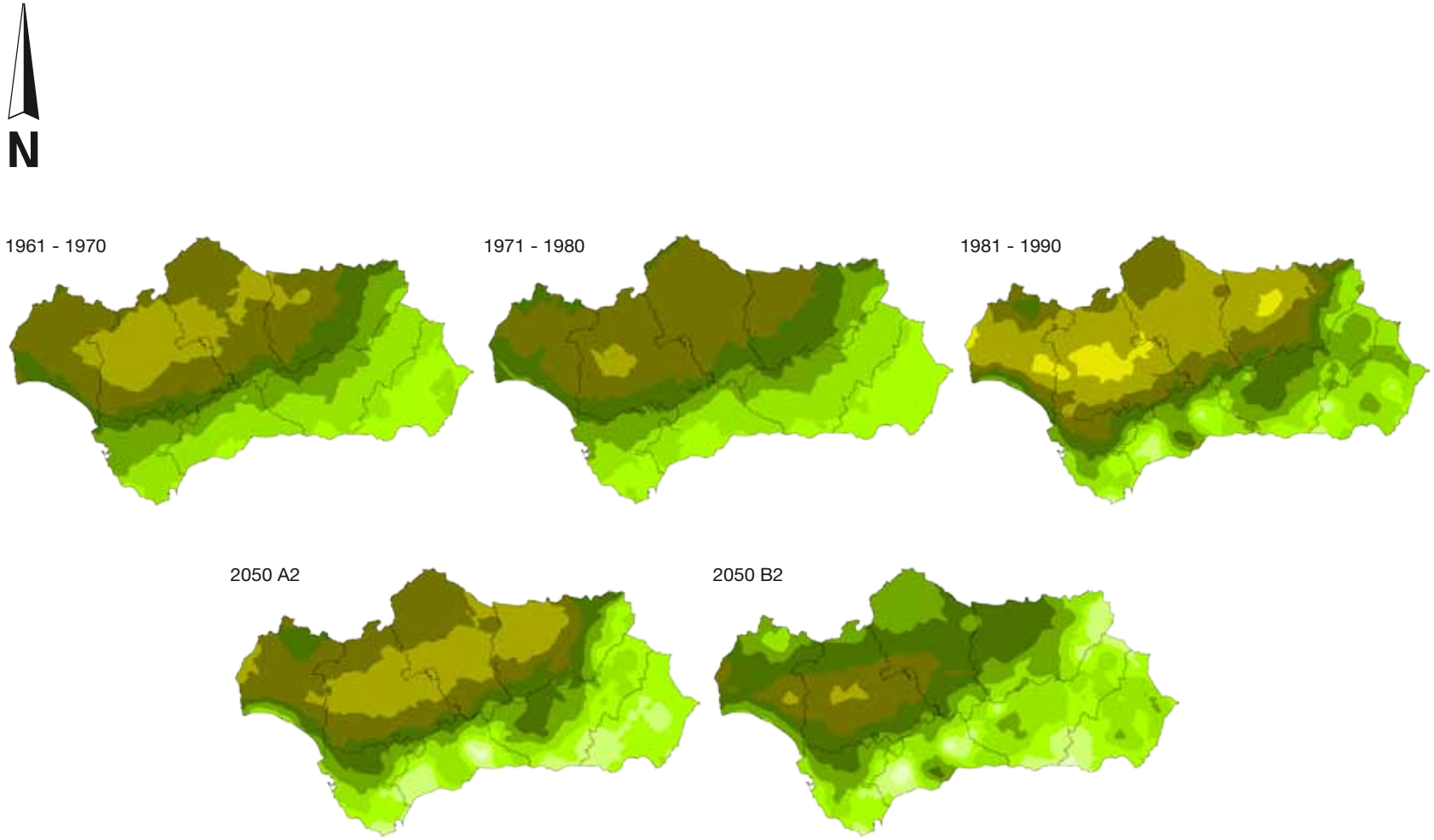
Temperatura máx.
Promedio (ºC)

- 19 - 20
- 20 - 21
- 21 - 22
- 22 - 23
- 23 - 24
- 24 - 25
- 25 - 26
- 26 - 27

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Ganadero

Mapa 4: Temperatura máxima promedio mensual en Andalucía para el mes de Abril en distintos periodos temporales: 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990 y año 2050 (bajo los escenarios de emisiones A2 y B2).



Límites provinciales

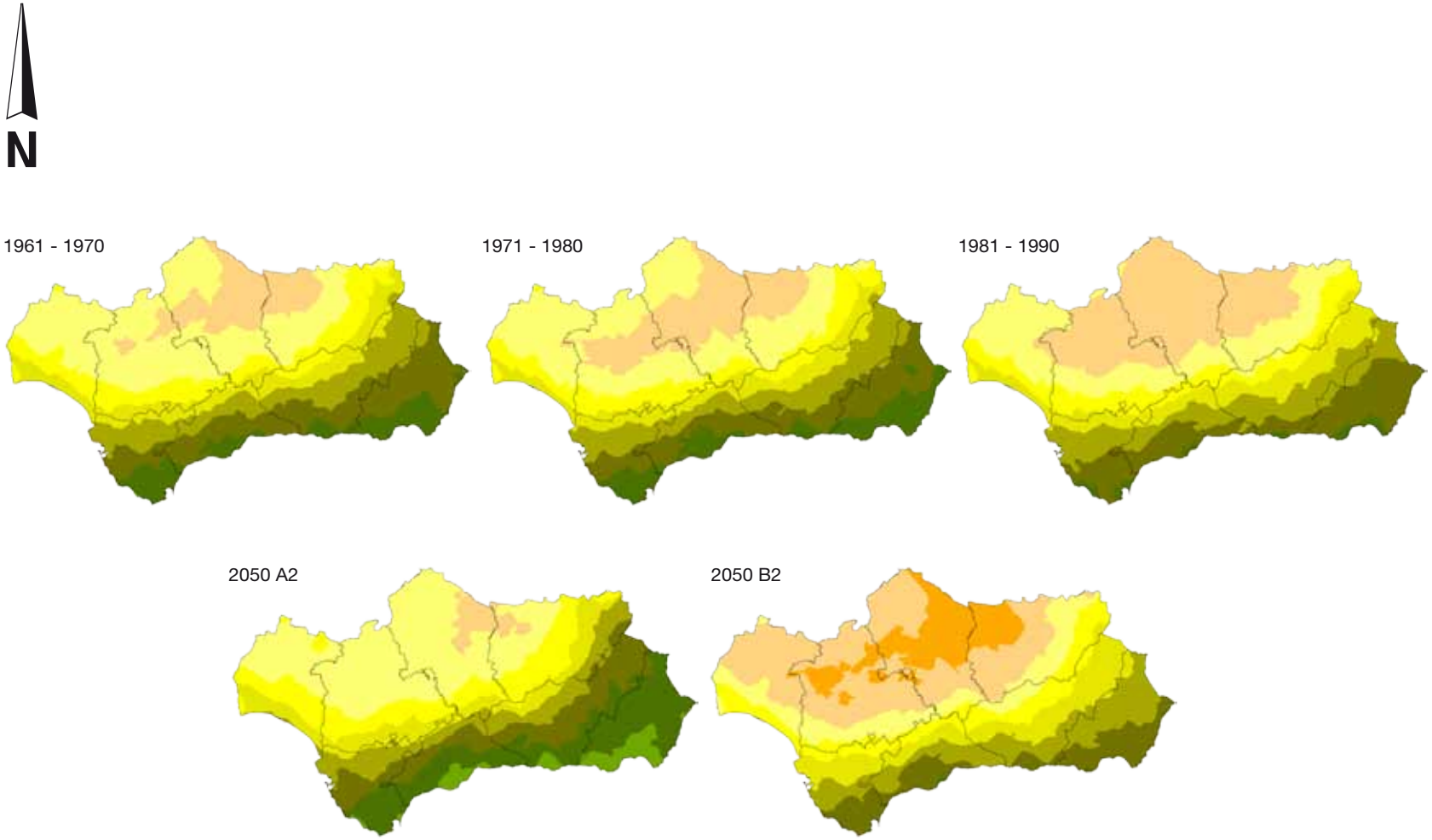
Temperatura máx.
Promedio (ºC)

- 24 - 25
- 25 - 26
- 26 - 27
- 27 - 28
- 28 - 29
- 29 - 30
- 30 - 31
- 31 - 32
- 32 - 33

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Ganadero

Mapa 5: Temperatura máxima promedio mensual en Andalucía para el mes de Mayo en distintos periodos temporales: 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990 y año 2050 (bajo los escenarios de emisiones A2 y B2).



Límites provinciales

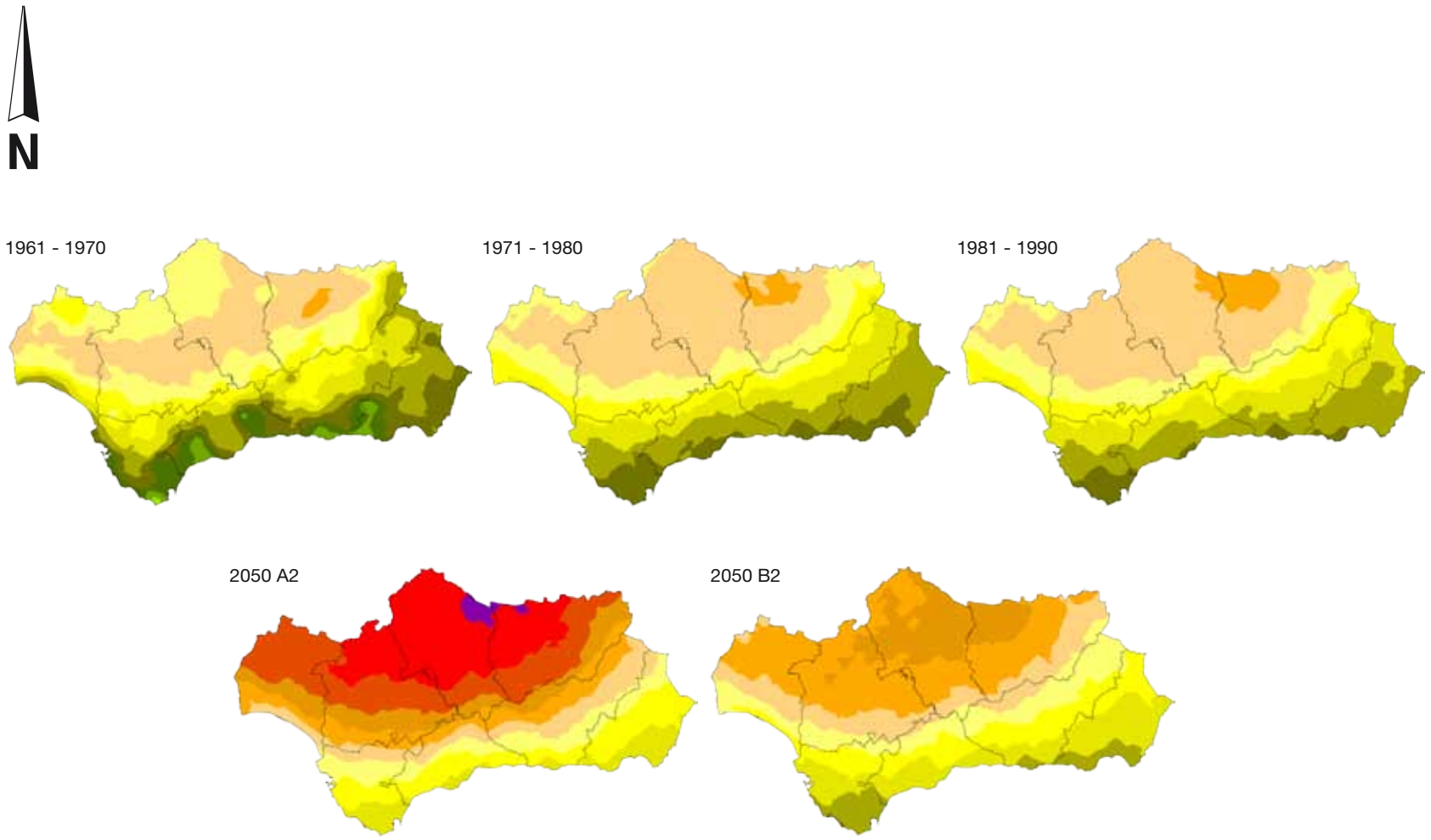
Temperatura máx.
Promedio (ºC)

- 28 - 29
- 29 - 30
- 30 - 31
- 31 - 32
- 32 - 33
- 33 - 34
- 34 - 35
- 35 - 36
- 36 - 37

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Ganadero

Mapa 6: Temperatura máxima promedio mensual en Andalucía para el mes de Junio en distintos periodos temporales: 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990 y año 2050 (bajo los escenarios de emisiones A2 y B2).



Límites provinciales

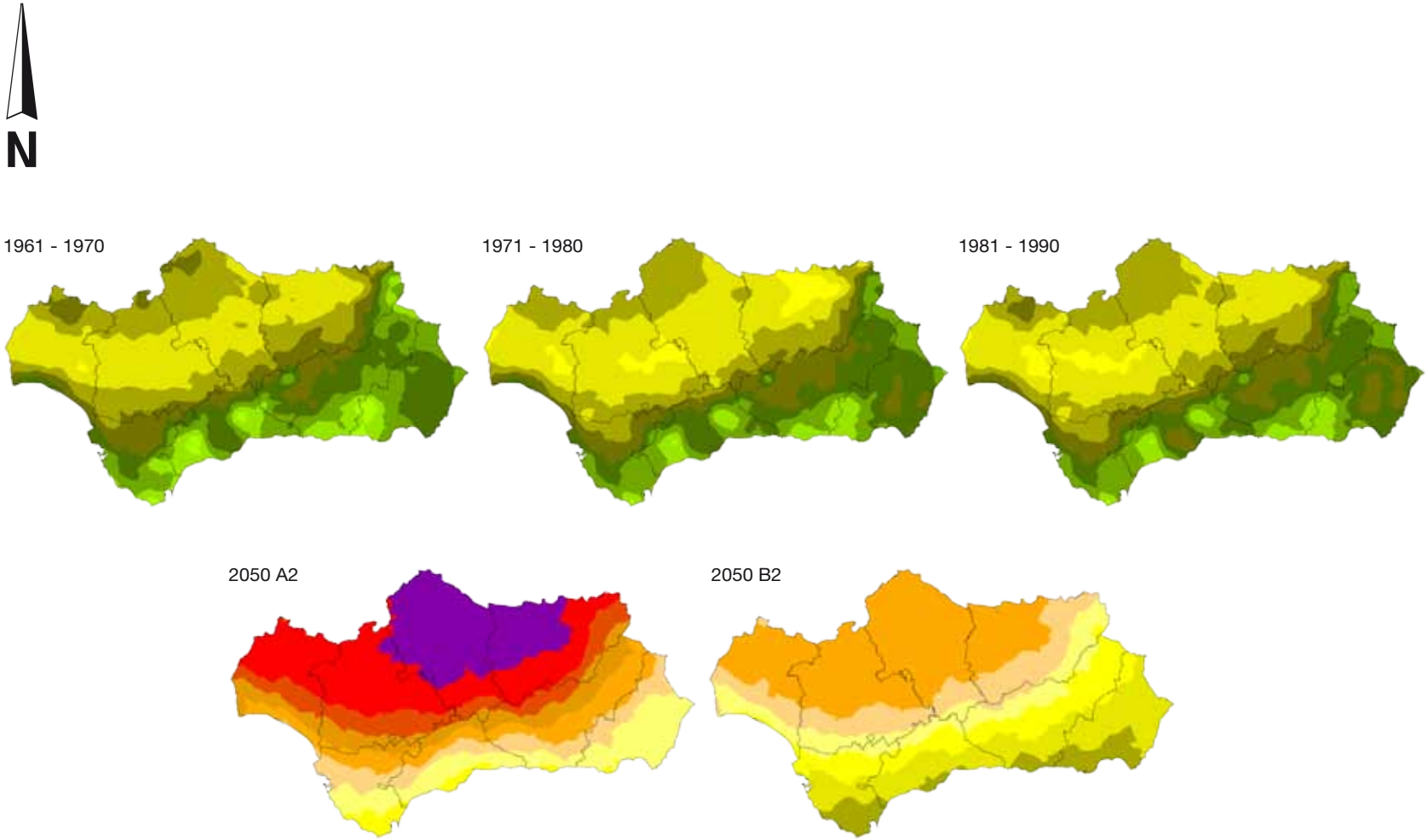
Temperatura máx.
Promedio (ºC)

- 27 - 28
- 28 - 29
- 29 - 30
- 30 - 31
- 31 - 32
- 32 - 33
- 33 - 34
- 34 - 35
- 35 - 36
- 36 - 37
- 37 - 38
- 38 - 39
- 39 - 40
- 40 - 41

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Ganadero

Mapa 7: Temperatura máxima promedio mensual en Andalucía para el mes de Julio en distintos periodos temporales: 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990 y año 2050 (bajo los escenarios de emisiones A2 y B2).



Límites provinciales

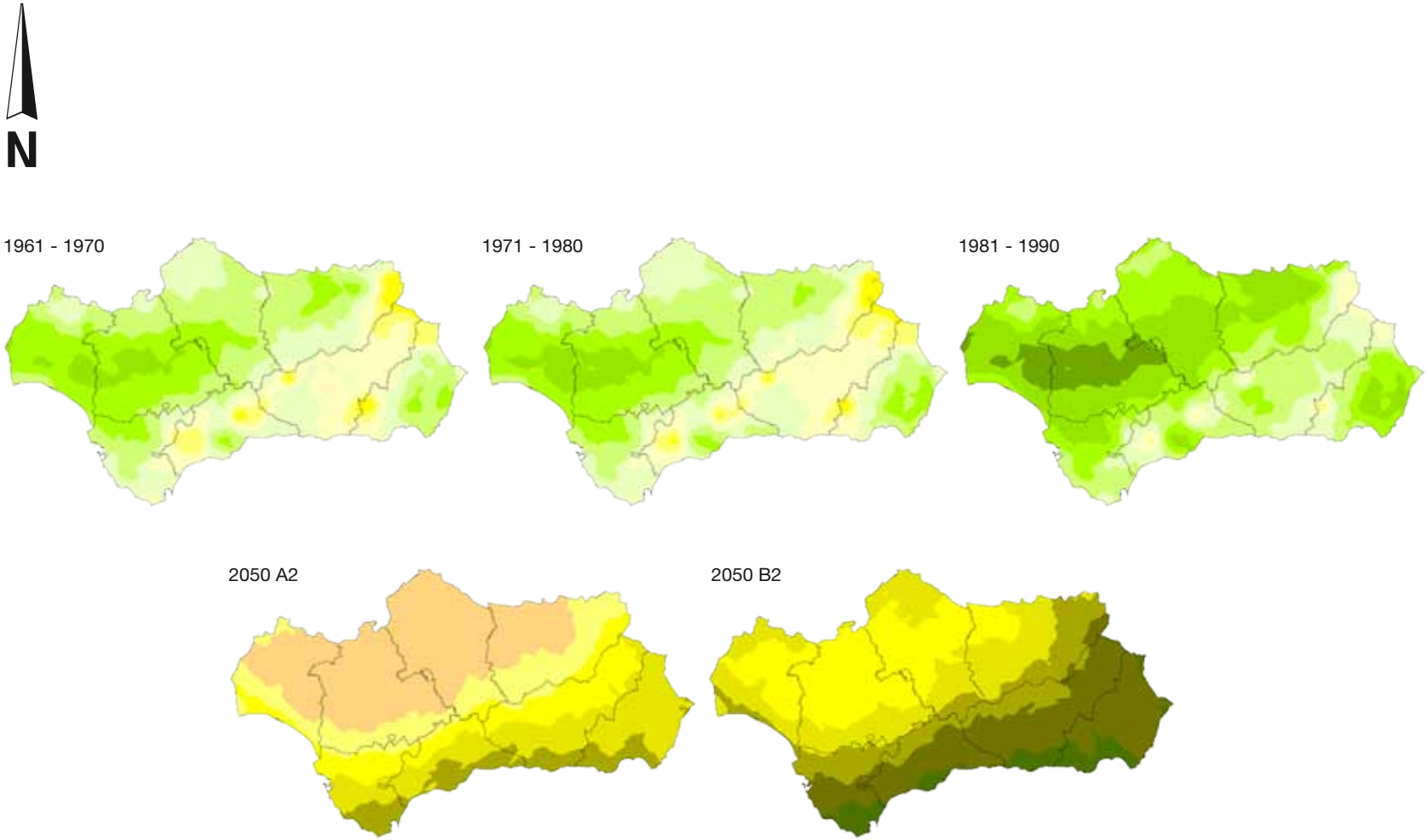
Temperatura máx.
Promedio (ºC)

- 26 - 27
- 27 - 28
- 28 - 29
- 29 - 30
- 30 - 31
- 31 - 32
- 32 - 33
- 33 - 34
- 34 - 35
- 35 - 36
- 36 - 37
- 37 - 38
- 38 - 39
- 39 - 40
- 40 - 41

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Ganadero

Mapa 8: Temperatura máxima promedio mensual en Andalucía para el mes de Agosto en distintos periodos temporales: 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990 y año 2050 (bajo los escenarios de emisiones A2 y B2).



Límites provinciales

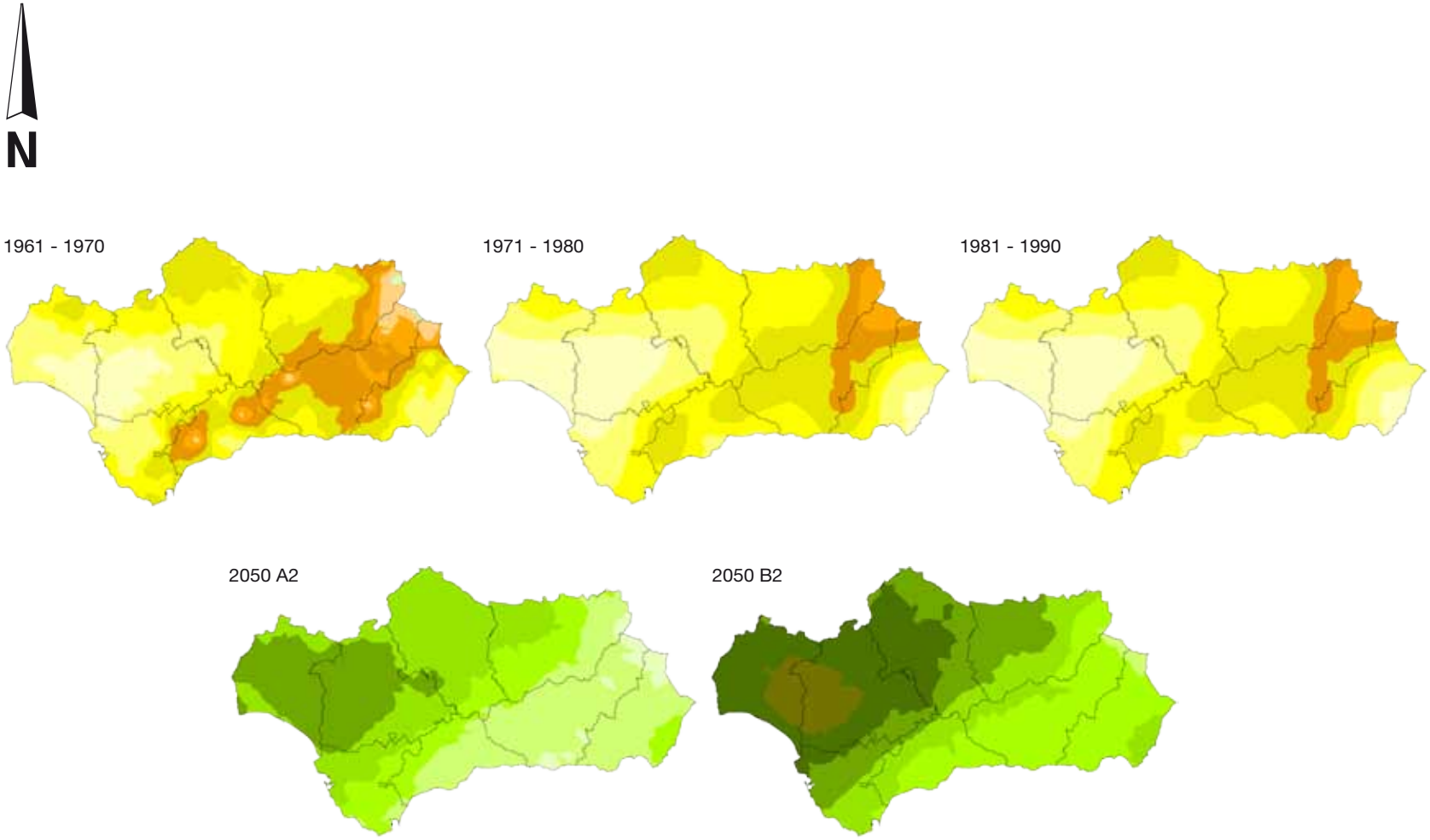
Temperatura máx.
Promedio (ºC)

- 20 - 21
- 21 - 22
- 22 - 23
- 23 - 24
- 24 - 25
- 25 - 26
- 26 - 27
- 27 - 28
- 28 - 29
- 29 - 30
- 30 - 31
- 31 - 32
- 32 - 33
- 33 - 34
- 34 - 35
- 35 - 36

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Ganadero

Mapa 9: Temperatura máxima promedio mensual en Andalucía para el mes de Septiembre distintos periodos temporales: 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990 y año 2050 (bajo los escenarios de emisiones A2 y B2).



Límites provinciales

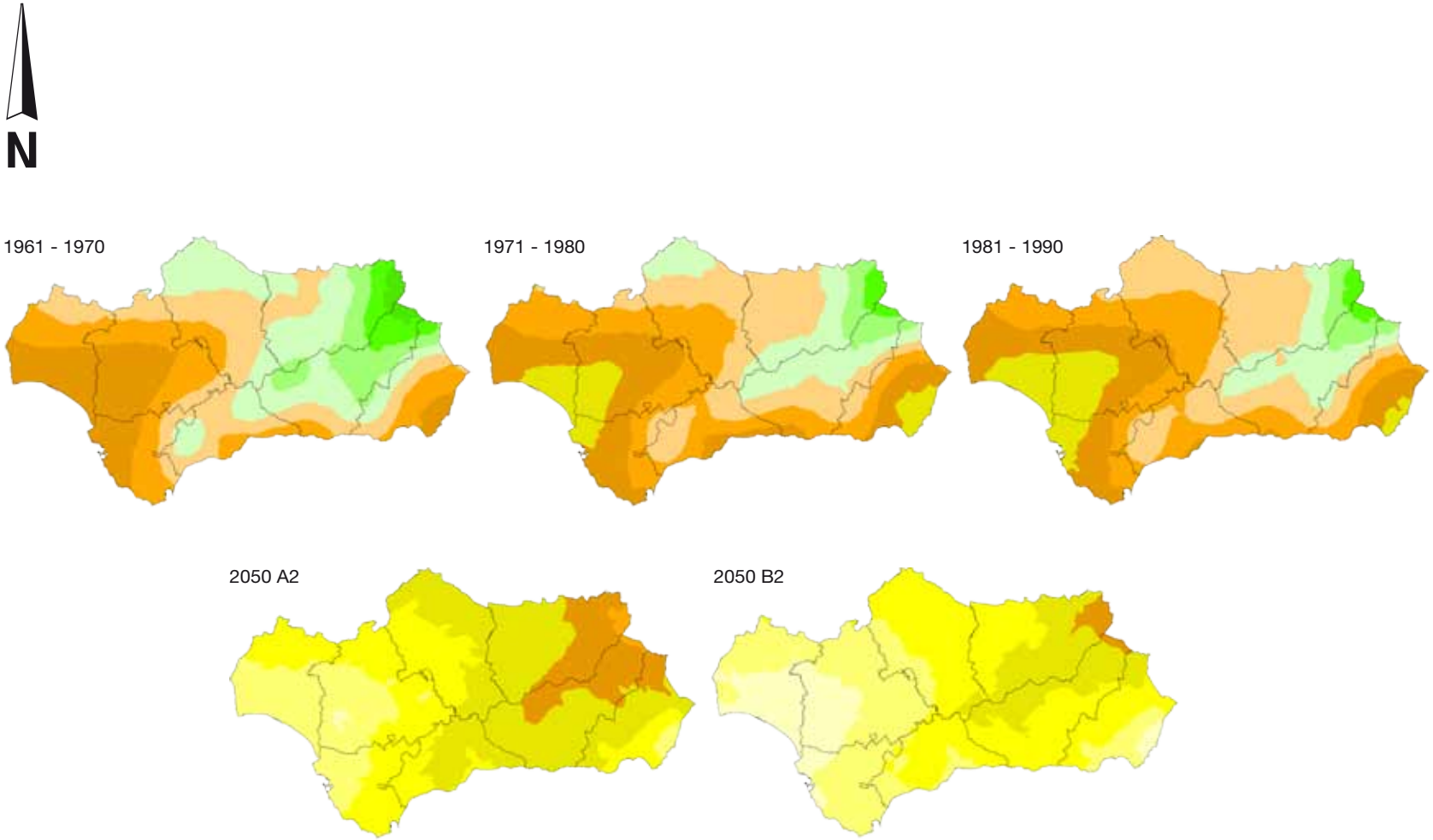
Temperatura máx.
Promedio (ºC)

- 16 - 17
- 17 - 18
- 18 - 19
- 19 - 20
- 20 - 21
- 21 - 22
- 22 - 23
- 23 - 24
- 24 - 25
- 25 - 26
- 26 - 27
- 27 - 28
- 28 - 29
- 29 - 30
- 30 - 31

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Ganadero

Mapa 10: Temperatura máxima promedio mensual en Andalucía para el mes de Octubre en distintos periodos temporales: 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990 y año 2050 (bajo los escenarios de emisiones A2 y B2).



Límites provinciales

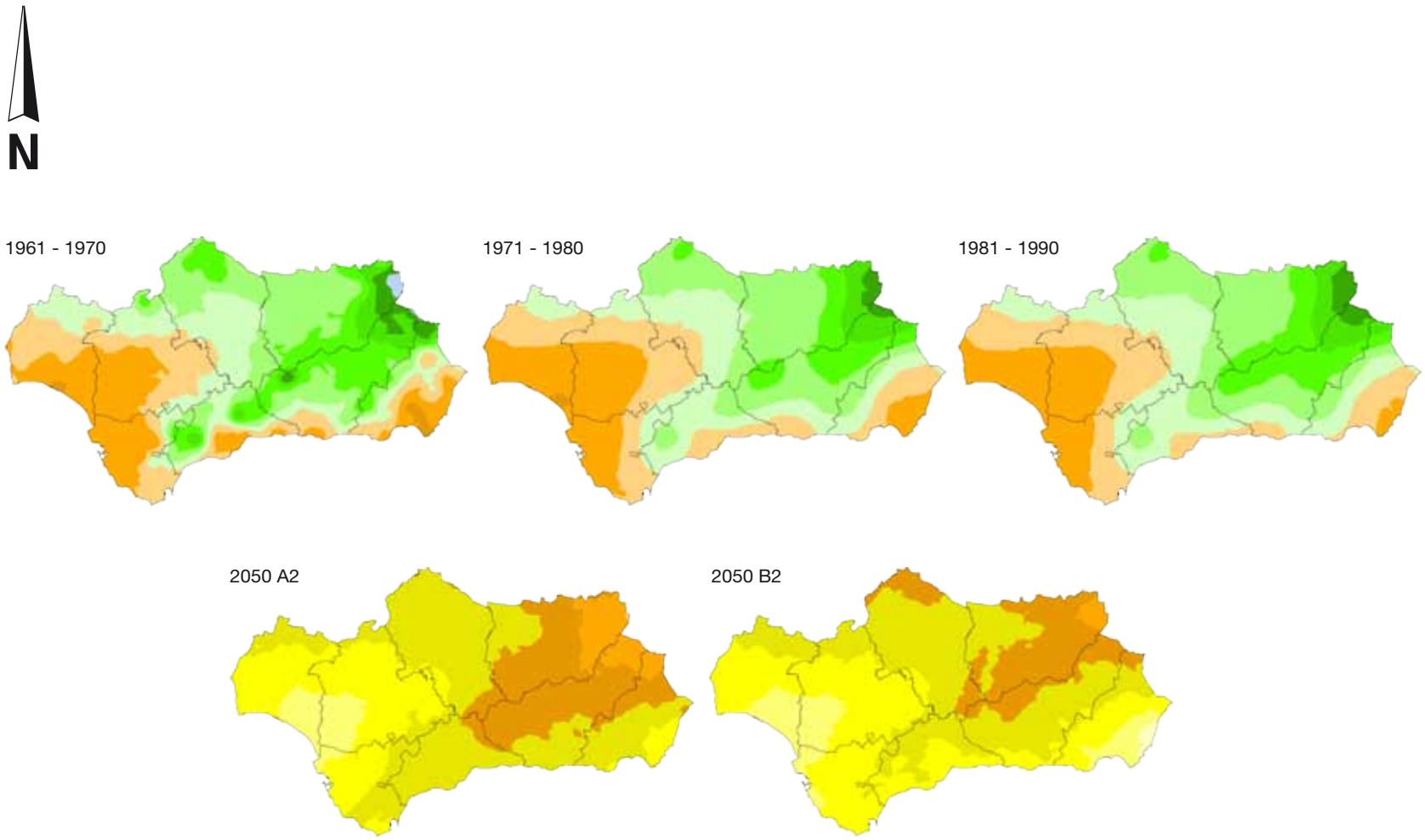
Temperatura máx.
Promedio (ºC)

- 13 - 14
- 14 - 15
- 15 - 16
- 16 - 17
- 17 - 18
- 18 - 19
- 19 - 20
- 20 - 21
- 21 - 22
- 22 - 23
- 23 - 24

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Ganadero

Mapa 11: Temperatura máxima promedio mensual en Andalucía para el mes de Noviembre en distintos periodos temporales: 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990 y año 2050 (bajo los escenarios de emisiones A2 y B2).



Límites provinciales

Temperatura máx.
Promedio (ºC)

- 11 - 12
- 12 - 13
- 13 - 14
- 14 - 15
- 15 - 16
- 16 - 17
- 17 - 18
- 18 - 19
- 19 - 20
- 20 - 21
- 21 - 22
- 22 - 23
- 23 - 24

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Ganadero

Mapa 12: Temperatura máxima promedio mensual en Andalucía para el mes de Diciembre en distintos periodos temporales: 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990 y año 2050 (bajo los escenarios de emisiones A2 y B2).

11 Anejo 2: Documentación complementaria

A) Datos, fuentes de información y métodos para el cálculo de vulnerabilidad.

Evaluación de la vulnerabilidad de la cabaña ganadera andaluza

1. Representación cartográfica de los datos climáticos modelizados para 2050

- **Datos y fuentes de información:**

Los datos climáticos que permiten representar cartográficamente la temperatura ambiental máxima modelizada para el año 2050 proceden del estudio, ya mencionado con anterioridad, "*Generación de Escenarios de Cambio Climático en Andalucía*" de la FIC (2006). Se han computado los datos promedios mensuales de temperatura máxima para cada una de las estaciones termométricas del territorio andaluz a partir de los datos de periodicidad diaria.

- **Método:**

La necesidad de disponer de superficies climáticas continuas obliga a la utilización de técnicas geoestadísticas de interpolación espacial de los datos climáticos correspondientes a los observatorios meteorológicos. En este sentido, la utilización de la tecnología proporcionada por los S.I.G, así como los diversos procedimientos geoestadísticos ofrecidos por este tipo de herramientas, constituyen una de las técnicas que presentan mayores ventajas de cara al estudio de los parámetros climáticos y su influencia sobre un sector como el ganadero, que posee una importante dependencia de la componente espacial.

El procedimiento de interpolación empleado en el estudio es el método geoestadístico kriging, mediante el programa ArcGIS 9.2. El kriging es un método de interpolación espacial que sirve para la generación de superficies continuas a partir de datos de puntos distribuidos irregularmente en un espacio concreto. Es un método geoestadístico que parte de la premisa de que la variación espacial del fenómeno representado por los valores de una serie (en este caso, los valores de temperatura máxima mensual), es estadísticamente homogéneo a lo largo de la superficie.

Existen diversos procedimientos derivados del Kriging:

• *Ordinary Kriging*: Variación que estima el componente de primer orden (o tendencia espacial) de la serie de datos y realiza una compensación en consecuencia.

• *Universal Kriging*: Variación de kriging que agrega una compensación por la presencia de tendencias locales en los datos.

• *CoKriging*: Variación que corrige la ausencia de datos fuente con una segunda serie de datos condicionantes.

• *Simple Kriging*: Simplificación de kriging donde el componente de primer orden de los datos es conocido a priori.

El método seleccionado para la interpolación de los datos climáticos modelizados para el año 2050 a todo el territorio regional es Universal Kriging. Esta técnica geoestadística resulta apropiada para modelizar con precisión los datos climáticos modelizados, puesto que a partir de un conjunto de datos puntuales localizados en un espacio geográfico determinado (correspondientes a las estaciones meteorológicas para las cuales se ha elaborado la modelización), se estiman los valores correspondientes a otros lugares incluidos en el dominio espacial concreto de Andalucía para los cuales no existen datos muestreados.

2. Evaluación de la vulnerabilidad asociada a la superación de los umbrales térmicos en las explotaciones ganaderas en Andalucía

• **Fuente de datos:**

Para la distribución de las explotaciones ganaderas en el territorio andaluz, se ha empleado la cartografía tomada del Sistema Integrado de Gestión de la Ganadería Andaluza (SIGGAN).

• **Metodología de evaluación:**

La variable climática analizada es la temperatura máxima promedio mensual. Habitualmente, los estudios de evaluación de la vulnerabilidad por estrés térmico en cabañas de ganado se efectúa únicamente en los meses de verano (Silanikove, 2000; Finocchiaro *et al.*, 2005) pues es precisamente durante este periodo, cuando más efectivo es el calentamiento y más se notan sus efectos sobre los animales. Sin embargo, considerando que el cambio climático se caracteriza por un aumento de las temperaturas medias a lo largo de todo el año, se ha considerado conveniente ampliar el periodo de estudio a los doce meses del año. De esta manera, los resultados expresan la duración en meses del periodo al que los animales están expuestos a elevadas temperaturas y por ende, a las consecuencias del estrés térmico. A partir de los datos climáticos de las décadas 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990 y 2050 bajo los escenarios A2 y B2, se ha elaborado mediante un SIG una extensa cartografía de temperatura máxima promedio mensual presentada en el Anejo 1. Estos datos, junto con la cartografía de distribución de las explotaciones ganaderas de bovino intensivo de leche, intensivo de carne, extensivo de carne y porcinas (extensivas e intensivas) se integran en el SIG como capas de información geográfica.

A partir de los umbrales considerados para la temperatura a partir de la cual se considera que se da un estrés térmico en los animales (32 ºC para el bovino y 35 ºC para el porcino), se determina mediante el SIG cuáles son las explotaciones vulnerables por exceso de temperatura para los 12 meses del año. Este proceso se realiza para cada uno de los lapsos temporales considerados.

El resultado final, una vez integrada la evaluación para todos los meses, es la obtención de una cartografía en la que se representa el número de meses al año en los que se dan situaciones

de hipertermia. Esto permite detectar por zonas, por década, por duración de los periodos de elevada exposición y para cada cabaña ganadera analizada, la exposición a elevadas temperaturas vinculadas a alteraciones fisiológicas y de comportamiento animal.

Cabe comentar que los valores tomados como límite superior de la zona de confort térmico, esto es, el valor a partir del cual puede considerarse que los animales sufren de estrés calórico o hipertermia, tanto para el ganado bovino como el porcino son tomados de la bibliografía referenciada. Se trata de valores generales que se citan para trabajos en distintos lugares del planeta. No ha sido posible encontrar datos propios para las especies andaluzas o empleados por estudios del territorio autonómico.

B) Manejo de ganado bovino lechero en situaciones de estrés calórico

Manejo de ganado bovino lechero en situaciones de estrés calórico

Conocidas las reacciones que el estrés calórico desencadena en las vacas, cuyos rendimientos se ven así negativamente afectados, parece inevitable la adecuación de determinadas pautas de manejo de estas hembras con el fin de neutralizar, o cuando menos atenuar, las mermas productivas, lo que obliga a la puesta en práctica de diversas medidas paliativas que se exponen a continuación.

I. Medidas paliativas de orden alimenticio.

El menor consumo de las vacas en situación de estrés térmico obliga a una reformulación de las raciones para dotarlas de una mayor concentración de nutrientes, buscando en unos casos evitar la caída en la producción y en otros, restablecer el equilibrio homeostático perdido. Dicha reformulación afecta a los distintos elementos nutritivos de distinta manera:

I.I. Energía.

Dada la reducción en la ingesta, es necesario realizar una elevación de la concentración energética de la ración, para lo cual se plantean distintas alternativas. Una primera opción sería la inclusión de grasas en la ración, si bien la información existente al respecto refiere unos resultados inconsistentes y no siempre favorables, de ahí que se prefiera recurrir como alternativa más segura a los clásicos alimentos concentrados, que, aparte de la preferencia mostrada por las vacas hacia ellos, cuentan con la ventaja de que su digestión y metabolismo discurre de forma más eficiente, es decir, genera menor cantidad de calor en comparación con los alimentos fibrosos. A tenor de las recomendaciones al uso, no parece conveniente que la aportación de concentrados sobrepase el equivalente al 65% de la ración (relación forraje - concentrado de 35:65) e incluso puede que ni siquiera sea preciso alcanzar dicho porcentaje si se garantiza un forraje con el contenido adecuado tanto de fibra digestible como de hidratos de carbono fácilmente fermentables en el rumen.

I.II. Proteína.

Estando rebajado el consumo de alimento es evidente que la ingestión de proteína tampoco es acorde con las necesidades, lo cual no quiere decir, sin embargo, que pueda elevarse el aporte proteico más allá de ciertos límites so pena de comprometer la salud de los animales. Además de la cantidad debe vigilarse también la calidad de la proteína, en concreto su tasa de degradabilidad ruminal. Ambas recomendaciones se traducen en que el mantenimiento de la producción láctea en vacas enfrentadas a estrés calórico se condiciona a un aporte de proteína degradable no superior al 61% de la proteína bruta y que en ningún caso exceda las recomendaciones pertinentes en más del equivalente a 100 g de N/día.

I.III. Minerales.

Tanto el incremento del ritmo respiratorio, como la más intensa sudoración con que reaccionan las vacas afectadas por estrés calórico, dan lugar directa o indirectamente a una pérdida excesiva de sodio (Na+) y potasio (K+) que altera el equilibrio homeostático, una de cuyas consecuencias más apreciables es la pérdida de apetito de los animales. La corrección de ese desequilibrio mineral, o mejor, el restablecimiento de la homeostasis que lleve a la recuperación del apetito es lo que justifica el aporte incrementado de Na+ y K+ a las vacas en situación de hipertermia, pudiendo suministrarse estos minerales como cloruros (CINa, CIK), carbonatos (C03Na, C03K) o bicarbonatos (C03HNa, C03HK), prefiriéndose cualquiera de las dos últimas opciones porque, además no causar inapetencia y gozar de una intrínseca capacidad neutralizadora de la acidez ruminal, estimulan la salivación con las ventajas que ello conlleva. Debe considerarse el incremento en el consumo de agua asociado a la elevada ingestión de Na+ y K+.

I.IV. Vitaminas y aminoácidos.

El reajuste de la ración debe alcanzar también al contenido vitamínico de la misma y en especial a la niacina, cuya inclusión en concentraciones superiores a las habituales ha sido relacionada con una menor disminución de la ingestión y de la producción de leche a consecuencia del estrés calórico. Para que la disminución en el aporte proteico no afecte a la producción láctea se han de aportar aminoácidos sintéticos (lisina, triptófano, metionina, cisteina y treonina, principalmente).

I.V. Otras normas alimenticias.

Teniendo en cuenta que ante el calor intenso las vacas modifican sus habituales pautas alimenticias, comiendo preferentemente a la puesta del sol o incluso en horas nocturnas, está más que justificado aprovechar tales momentos para satisfacer las necesidades alimenticias de los animales. De no hacerse así, interesa el reparto de la ración en varias tomas al día con el fin de evitar la sobrecarga de calor que deriva de las comidas copiosas. En este sentido, el sistema de alimentación basado en el suministro de raciones completas se muestra de gran interés, no en vano permite el libre acceso de las vacas al alimento tantas veces al día como

les apetezca, y mejor aún si en la preparación de la ración se incorporan ingredientes frescos dada su acción estimulante del apetito en tiempo de calor.

Por otro lado, la inclusión en la ración de cultivos fúngicos a base de Aspergillus oryzae parece haber servido para contener el descenso en la producción de leche en vacas expuestas a altas temperaturas, debiéndose al parecer a la influencia específica de algún metabolito fúngico sobre los centros hipotalámicos reguladores de la temperatura corporal. Hablar de cultivos de hongos (A. oryzae, Sacharomyces cerevisae) es lo mismo que hablar de probióticos ruminales, siendo recomendable por tanto su administración a aquellas vacas lecheras en situación de sufrir los rigores del estrés térmico.

II. Medidas paliativas en el ámbito reproductivo.

Descartando que se quiera posponer para épocas menos calurosas la inseminación de las vacas, y dada la escasa sintomatología del celo que éstas muestran en situación de estrés calórico, parece aconsejable el empleo de los llamados métodos de ayuda en la detección del celo, entre los que destacan, por su seguridad y efectividad, los podómetros. A no ser que se quiera recurrir a la técnica -hormonal- de inseminación a tiempo fijo que, como es sabido, programa la inseminación para una fecha concreta sin necesidad de proceder a la identificación del celo en las hembras.

Por su parte, la marcada sensibilidad de los embriones al calor obliga a la toma de precauciones como el enfriamiento de las vacas los días correspondientes a la fase inicial del desarrollo embrionario y/o el suministro a través de la ración de sustancias antioxidantes que mejoran la viabilidad embrionaria (vitamina E, b-carotenos).

No estaría de más, finalmente, vigilar el parto de las vacas ante el posible nacimiento de terneros prematuros, débiles y/o de poco peso, y comprobar la calidad del calostro para, si es el caso, sustituirlo por otro con la concentración adecuada en inmunoglobulinas.

12 Anejo 3: Escenarios regionalizados de Cambio Climático; conceptos básicos

Conceptos básicos sobre escenarios de emisiones

El proceso de cambio climático, supone una amenaza para la sociedad y los distintos sectores de actividad. Este hecho ha generado la necesidad de conocer los cambios de las diferentes variables climáticas para este próximo siglo, mediante modelizaciones regionales del clima.

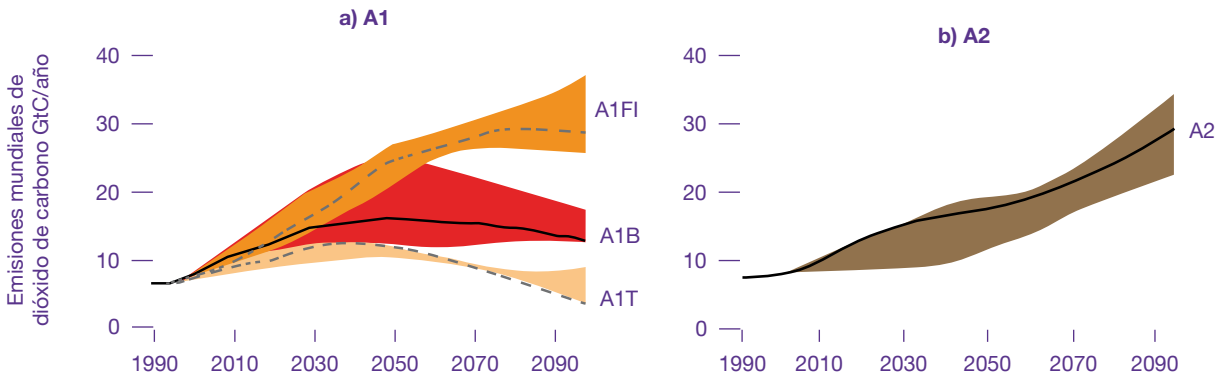
Los escenarios de cambio climático son proyecciones del clima del futuro obtenidas a partir de los denominados Modelos de Circulación General (MCG´s), que simulan flujos de energía, masa y movimiento en una retícula tridimensional que formaría la atmósfera, los océanos y las capas superiores de la litosfera y la criosfera. Estos flujos están influenciados por el forzamiento radiativo. Mediante cálculos y análisis complejos se realizan simulaciones a partir de las concentraciones históricas de gases de efecto invernadero.

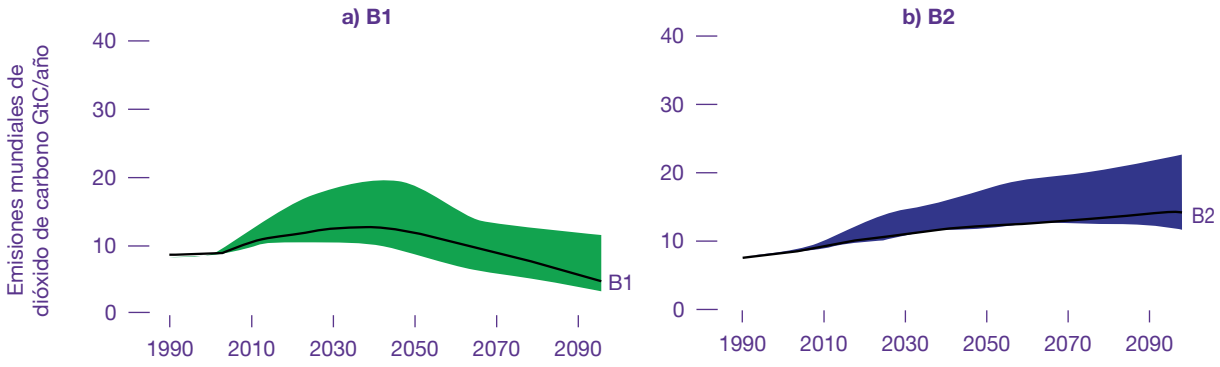
Se realizan entonces simulaciones del clima futuro para el siglo XXI en función de las proyecciones de las emisiones de GEI modelizadas, es decir, incluyendo los distintos escenarios de emisiones que se prevén según proyecciones realizadas en cuanto a evolución de las actividades humanas y el desarrollo económico. Estos escenarios de emisiones han sido propuestos a nivel internacional y aprobados por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC). De todos los escenarios existentes, para el análisis realizado en Andalucía se ha optado por elegir dos, que se sitúan en los extremos de las posibilidades que, con mayor probabilidad, pueden afectar a dicha región. Éstos son:

- **Escenario A2:** describe un mundo muy heterogéneo. Sus características más distintivas son la auto-suficiencia y la conservación de las identidades locales. La población mundial se mantiene en continuo crecimiento. El crecimiento económico por habitante, así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otros escenarios posibles.

- **Escenario B2:** contempla un mundo en el que predominan las soluciones locales para la sostenibilidad económica, social y medioambiental. Aumenta progresivamente a un ritmo menor que en A2. Aunque este escenario está orientado a la protección del medio ambiente y a la igualdad social, se centra, principalmente, en los niveles local y regional.

Figura 3.1. *Escenarios de emisiones del IPCC.*





Fuente: IPCC (2007).

Sin embargo, los Modelos Globales del Clima ofrecen una serie de limitaciones que se podrían resumir básicamente en su escasa resolución espacial, y por tanto en su impedimento para mostrar las peculiaridades existentes a nivel regional desde el punto de vista climático y que no aparecen reflejadas en estos modelos globales.

Este hecho implica la necesidad de emplear las denominadas técnicas de “downscaling” que permiten “traducir” la información fiable que ofrecen los MCGs, para convertirla en la información requerida sobre efectos en superficie: temperatura y precipitación con una resolución espacial mayor.

La Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía ha elaborado distintos escenarios de cambio climático a escala regional, a partir de tres Modelos de Circulación Global, el CGCM2 (Canadá), HadAM3 (Gran Bretaña) (solo para el 2071-2100) y el ECHAM4 (Alemania) y según los dos escenarios de emisiones descritos: A2 y B2.

En el presente trabajo de Adaptación al Cambio Climático se ha optado por emplear dichos datos, correspondientes al MCG ECHAM4 y a los escenarios de emisiones A2 y B2. Los datos de los Modelos Regionales del Clima modelizados por la Consejería de Medio Ambiente disponen de datos sobre las variables precipitación, temperaturas máximas y temperaturas mínimas, con resultados individualizados para diversos observatorios meteorológicos del territorio andaluz.

Asimismo se han utilizado los datos climáticos para caracterizar el clima actual (periodo 1961-90) elaborados por la AEMET. La serie de valores climáticos 1961-90 se elabora para interpretar el clima actual y disponer de una línea de base de la cual partir.

13 Bibliografia

Abilay, T.A., Mitra, R. y Johnson, H.D. (1975). *Plasma cortisol and total progestin levels in Holstein steers during acute exposure to high environmental temperature (42ºC) conditions.* J Anim Sci 41, pp. 113-117.

Agencia Europea de Medio Ambiente. (2000). *Corine Land Cover CLC2000* - nivel 3 de la nomenclatura 2001. Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Fomento, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Ministerio de Economía y Ministerio de Ciencia y Tecnología. Accesible en: **http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Teledeteccion/corine/clc2000/caracteristicas/**

AIACC - Assessments of Impacts and Adaptations to Climate Change. (2006). *Assessments of Impacts, Adaptation and Vulnerability to Climate Change in North Africa:* Food Production and Water Resources. Project No. AF 90. Global Change System for Analysis, Research and Training (START). 148 pp. Accesible en: **http://www.aiaccproject.org/Final%20Reports/Final%20Reports/FinalRept_AIACC_AF90.pdf**

Aiken, G.E. (2006). *Project: Hair coat effects on heat stress induced by toxic endophyte-infected tall fescue.* Agricultural Research Service.

Álvarez Nogal, P.J. (2002). *Estrés calórico en vacas lecheras. Efectos y soluciones.* Ganadería, revista técnica ganadera, 15, pp. 70-75.

Arias, R.A. (2006). *Environmental factors affecting daily water intake on cattle finished in feedlots.* Master Thesis. University of Nebraska-Lincoln. Nebraska, USA.

Arias, R.A., Mader, T.L. y Escobar, P.C. (2008). *Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche*. Arch Med Vet 40, 7-22. Revisión Bibliográfica. Accesible en: **http://www.scielo.cl/pdf/amv/v40n1/art02.pdf**

Arnoldus, H. M. (1978). *An aproximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation.* In: De Boodst, M. y Gabriels, D. (eds.) Assessment of erosion. John Wiley y Sons, Inc. Chichester (Gran Bretaña). pp. 127-132

Beede, D.K., Collier, R.J., Mallonee, P.G., Wilcox, C.J. y Tatcher, W.W. (1985). *Effects of warm climates on milk yield and composition (short term effects)*. In: Smith, A.J. (ed). Milk Production in Developing Countries. University of Edinburgh, Scotland.

Beede, D.K. y Collier, R.J. (1986). *Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress.* J Anim Sci 62, pp. 543-554.

Berbigier, P. (1988). *Bioclimatologie des ruminants domestiques en zone tropicale.* Ed. INRA Publ., Paris. 237 pp.

Bohmanova, J., Misztal, I. y Cole, J.B. (2007). *Temperature-Humidity Indices as Indicators of milk Production Losses due to Heat stress*. Journal of Dairy Science, 90, pp. 1947-1956. Accesible en: **http://ddr.nal.usda.gov/bitstream/10113/41551/1/IND43891169.pdf**

Bowen, A., Khan, S., Berghman, L., Kirby, J.D., Wettemann, R.P. y Vizcarra, J.A. (2006). *Immunization of pigs against chicken gonadotropin-releasing hormone-II and lamprey*

gonadotropin-releasing hormone-III: Effects on gonadotropin secretion and testicular function. Journal of animal science. 84 (11), pp. 2990-2999.

Briggs, D.J., Brignall, P. y Wilkes, A. (1989). Assessing soil erosion risk in the Mediterranean region: the Corine programme of the European Communities. In: Van Lanen, H.A.J. y Brecht, A.K. (eds.) Proceedings of a workshop in the Community programme for coordination of agricultural research, Wageningen, 15 and 16 November 1988. pp. 195-210. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.

Brosh, A., Aharoni, Y., Degen, A.A., Wright, D. y Young, B.A. (1998). Effects of solar radiation, dietary energy, and time of feeding on thermoregulatory responses and energy balance in cattle in a hot environment. J Anim Sci, 76 (10), pp. 2671-2677.

Brown-Brandl, T.M., Eigenberg, R.A., Nienaber, J.A. y Hahn, G.L. (2005). Dynamic response indicators of heat stress in shaded and nonshaded feedlot cattle, Part 1: Analyses of indicators. Biosystems Engineering, 90 (4), pp. 451-462.

Brunet, M., Casado, M.J., de Castro, M., Galán, P., López, J.A., Martín, J.A., Martín, J.M., Pastor, A., Petisco, E., Ramos, P., Ribalaygua, J., Rodríguez, E., Sanz, I. y Torres, L. (2009). *Generación de Escenarios Regionalizados de Cambio Climático para España.* Agencia Estatal de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 158 pp. Accesible en: **www.aemet.es/documentos/es/elclima/cambio_climat/escenarios/Informe_Escenarios.pdf**

Castroviejo, S. Aedo, C. (Dir.) (2010). *Sistema de Información de Plantas de España*. CSIC-Fundación Biodiversidad. Accesible en: **http://www.anthos.es**

Christison, G.I. y Johnson, H.D. (1972). *Cortisol turnover in heat-stressed cows*. J Anim Sci 35, pp. 1005-1010.

Collier, R.J., Dahl, G.E. y VanBaale, M.J. (2006). *Major advances associated with environmental effects on dairy cattle.* J Dairy Sci 89(4), pp.1244-1253.

Comisión de las Comunidades Europeas. (2007). *Adaptación al cambio climático en Europa: Opciones de actuación para la UE.* Libro Verde de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. COM (2007) 354 final. Bruselas. Accesible en: **http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/es/com/2007/com2007_0354es01.pdf**

Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía (2006). *Anuario de Estadísticas Agrarias y Pesqueras de Andalucía.* Censos y Producciones ganaderas.

Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. (2007a). *Caracterización de las Explotaciones Andaluzas de Vacuno Lácteo.* Secretaría General de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.

Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. (2007b). *Caracterización de las Explotaciones Andaluzas de Vacuno de Carne.* Secretaría General de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.

Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. (2007c). *Caracterización de las Explotaciones Andaluzas del Sector Porcino.* Secretaría General de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.
Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía (2007d). *Caracterización de las Explotaciones Andaluzas del Sector Ovino y Caprino.* Secretaría General de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.

Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. (2008a). *Caracterización de las Explotaciones Andaluzas del Sector Avícola.* Secretaría General de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.

Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. (2008b). *Caracterización socioeconómica de la dehesa de Andalucía.*

Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. (2009). L*a dehesa andaluza y el cambio climático.*

Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. (2002). *Estrategia Andaluza ante el Cambio Climático.* Sevilla. Accesible en: **http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/menuitem.a5664a214f73c3df81d8899661525ea0/?vgnextoid=ef1cbc2b0ec34010VgnVCM1000000624e50aRCRD**

Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía (2006). *Mapa de distribución de hábitats.* Red Natura 2000.

Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. (2007a). *Plan Andaluz de Acción por el Clima: Programa de Mitigación (2007-2012).* 148 pp. Accesible en: **www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Estrategias_Ambientales/Planes/Planes_tematicos/plan_andaluz_accion_clima/plan_accion_clima_mitigacion.pdf**

Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. (2007b). *Plan Forestal Andaluz. Memoria 2007.* 174 pp. Accesible en: **http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Estrategias_Ambientales/Planes/Planes_tematicos/Memorias_Plan_Forestal/microsoft_word_memoria_2007_101108.pdf**

Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. (2010). *Plan Andaluz de Acción por el Clima: Programa de Adaptación.* 80 pp. Accesible en: **www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Estrategias_Ambientales/Planes/Planes_tematicos/plan_andaluz_accion_clima/programa_adaptacion_100802.pdf**

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.

Daza Andrada, A. (1995). *Explotaciones de ganado porcino reproductor. Estrategias de gestión técnico-económica (I).* MG Mundo ganadero, 9, pp. 48-56. Accesible en: **http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_MG/MG_1995_9_95_48_56.pdf**

Duarte, C.M. (2006). *Cambio Global: Impacto de la Actividad Humana sobre el Sistema Tierra.* Madrid. CSIC, Colección Divulgación. 166 pp.

Eigenberg, R.A., Hahn, G.L., Nienaber, J.A., Brown-Brandl, T.M. y Spiers, D.E. (2000). *Development of a new respiration rate monitor for cattle*. ASABE 43, pp. 723-728.

EME - Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis.* Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Informe final. Island Press, Washington DC. Accesible en: **http://www.millenniumassessment.org**

FAO - Organización para la Agricultura y la Alimentación. ONU. (2009a). *Alimentando a un hambriento y caliente planeta: el reto de crear más comida con menos emisiones de gases de efecto invernadero.* **http://www.princeton.edu/morefoodlesscarbon/**

FAO - Organización para la Agricultura y la Alimentación. ONU. (2009b). R*eview of evidence on Dryland Pastoral Systems and Climate Change: Implications and Opportunities for Mitigation and Adaptation.* Rome. Accesible en: **http://www.infoandina.org/sites/default/files/recursos/Review-of-evidence-on-drylands.pdf**

Fernández, F. (1995). Manual de Climatología Aplicada. Ed. Síntesis. Madrid. 288 pp.

Finocchiaro, R., Van Kaam, J.B.C.H.M., Portolano, B. y Misztal, I. (2005). *Effect of Heat Stress on Production of Mediterranean Dairy Sheep.* Journal of Dairy Science, 88, pp. 1855-1864.

Fundación para la Investigación del Clima - FIC. (2006). *Informe de ejecución del primer hito del contrato "Generación de Escenarios de cambio Climático en Andalucía",* Expdte 539 / 2006 / I / 00. 25 pp. Accesible en: **www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Sostenibilidad/Estrategia_andaluza_cambio_climatico/escenarios_de_cambio_climatico_regionalizados/informe_escenarios_2006.pdf**

Gaughan, J.B., Mader, T.L., Holt, S.M., Josey, M.J. y Rowan, K.J. (1999). *Heat tolerance of Boran and Tuli crossbred steers.* J Anim Sci. 77 (9), pp. 2398-2405.

Gobierno de España. (2007). *El Cambio Climático en España. Estado de Situación 2007. Informe para el Presidente del Gobierno elaborado por expertos en cambio climático.*

Habeeb, A.A., Marai, I.F. y Kamal, T.H. (1992). *Heat stress. In: Farm animals and the environment.* Ed. Phillips, C. And Piggens, D. CAB International, Wallingford, UK. pp 27-47.

Hahn, G.L., Parkhurst, A.M. y Gaughan, J.B. (1997). *Cattle respiration rate as a function of ambient temperature.* ASAE Paper N° MC97-121, St. Joseph, Michigan, USA.

Hahn, G.L. y Mader, T.L. (1997). *Heat waves and their relation to thermoregulation, feeding behavior and mortality of feedlot cattle.* Proc 5th Int Livestock Environ Symp, Minneapolis, USA, American Society of Agricultural Engineers (ASAE), St. Joseph, MO. pp 563-567.

Huynh, T.T., Aarnink, A.J., Verstegen, M.W., Gerrits, W.J., Heetkamp, M.J., Kemp, B. y Canh, T.T. (2005). *Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities.* Journal of animal science. 83 (6). pp. 1385-1396.

Igono, M.O., Johnson, H.D., Steevens, B.J., Hainen, W.A. y Shanklin, M.D. (1988). *Effect of season on milk temperature, milk growth hormone, prolactin, and somatic cells counts of lactating cattle*. Int J Biometeorol. 32 (3), pp. 194-200.

IPCC. (2001). *Climate Change 2001.* The Scientific Basis. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Houghton J.T., Ding Y., Griggs D.J., Noguer M., Van der Linden P.J. y Xiaosu D. (eds.). Cambridge University Press. 994 pp.

IPCC. (2007). *Cambio Climático 2007: Impacto, Adaptación y Vulnerabilidad.* Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cuarto Informe de Evaluación del IPCC (AR4). 976 pp. Accesible en: **www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg2_report_impacts_adaptation_and_vulnerability.htm**

IPCC. (2009). *Diagnóstico Copenhague.* Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Accesible en: **www.copenhagendiagnosis.com**

Jordán, A y Bellinfante, N. (2000). *Cartografía de la erosividad de la lluvia estimada a partir de datos pluviométricos mensuales en el Campo de Gibraltar (Cádiz)*. Edafología. Volumen 7. Issue 3. pp. 83-92.

Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove, N. y Maltz, E. (2002). *Heat stress in lactating dairy cows: a review.* Livestock Production Science, 77 (1), pp. 59-91.

Kiefer, C., Meignen, B.C.G., Sanches, J.F. y Carrijo, A.S. (2009). *Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas.* Arch. Zootec. 58 (221), pp. 55-64.

Latorre, M.A. y Miana, J. (2008). *Soluciones para los efectos de las altas Temperaturas en las explotaciones porcinas.* Unidad de Tecnología en Producción Animal. CITA de Aragón. Zaragoza. Departamento de Farmacología y Fisiología. Universidad de Zaragoza. Accesible en: **http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/instalaciones_porcinas_soluciones_para_los_efectos_de_las_altas_temperaturas_en_las_explotaciones_porcinas.html**

Mader, T.L. (2003). *Environmental stress in confined beef cattle.* J Anim Sci 81, pp. 110-119.

Masjuan, M., Planas, M. (Red.) (2002). *Razas caprinas de España. La Cabra*. Accessible en **http://www.lacabra.org/imatges/Public/revista/pdf/Lacabra1.pdf**

McGovern, R.E. y Bruce, J.M. (2000). *A model of the thermal balance for cattle in hot conditions.* J Agric Engng Res. Vol. 77, Issue 1, pp. 81-92.

Ministerio de Medio Ambiente. (2006a). *III Informe sobre el Programa de Acción Nacional contra la Desertificación.* España.

Ministerio de Medio Ambiente. (2006b). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Marco General de Referencia para las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.* Oficina Española de Cambio Climático - OECC. 59 pp. Accesible en: **http://www.mma.es/secciones/cambio_climatico/areas_tematicas/impactos_cc/pdf/pna_v3.pdf**

Ministerio de Medio Ambiente. (2007). Traducción de Cortesía realizada por el Ministerio de Medio Ambiente de España sobre la versión del 13 de abril de 2007 de: IPCC. (2007). Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. Cambio Climático 2007: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad al Cambio Climático. Resumen para Responsables de Políticas. Ministerio de Medio Ambiente. (2005). *Evaluación Preliminar de Impactos del Cambio Climático en España.* Universidad de Castilla la Mancha. Proyecto ECCE-Informe final. Madrid. 846 pp.

Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (2009). Encuesta Nacional de Cunicultura 2008. **http://www.mapa.es/estadistica/pags/cunicultura/2008_Cunicultura_Memoria.pdf**

Moreira Madueña, J.M. (2008). *El Cambio Climático en Andalucía. Escenarios actuales y futuros del clima.* Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. MA Revista de Medio Ambiente 59, pp. 35-41, primavera 2008. Accesible en: **www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Publicaciones_Divulgacion_Y_Noticias/Publicaciones_Periodicas/revista_medio_ambiente/revista_ma_59/clima.pdf**

Nienaber, J.A., Hahn, G.L., Brown-Brandl, T.M. y Eigenberg R.A. (2003). *Heat stress climatic conditions and the physiological responses of cattle.* 5th International Dairy Housing Proceedings of the 29-31 January Conference, Fort Worth Texas, USA. ASAE publication N° 701P0203, pp 255-262.

NRC, National Research Council. (1981). *Effect of environment on nutrient requirement of domestic animals.* National Academy Press. Washington DC, USA.

Peña Llopis, J. (2006). *Sistemas de Información Geográfica Aplicados a la Gestión del Territorio.* Editorial Club Universitario. Alicante. España. 310 pp.

Quesnel, H., Mejia-Guadarrama, C.A., Dourmad, J.Y., Farmer, C. y Prunier, A. (2005). *Dietary protein restriction during lactation in primiparous sows with different live weights at farrowing: I. Consequences on sow metabolic status and litter growth.* Reproduction, nutrition, development 45 (1), pp. 39-56.

Quiles Sotillo, A. (2007a). *Medidas preventivas para luchar contra el estrés térmico en el manejo de las cerdas reproductoras: I Parte.* Ediporc, 106, pp. 10-14.

Quiles Sotillo, A. (2007b). *Medidas preventivas para luchar contra el estrés térmico en el manejo de las cerdas reproductoras: II Parte.* Ediporc, 107, pp. 30-35.

Quiniou, N. y Noblet, J. (1999). *Influence of high ambient temperatures on performance of multiparous lactating sows.* J Anim Sci. 77 (8), pp. 2124-2134.

Quiniou, N., Noblet, J., van Milgen, J. y Dubois, S. (2001). *Modelling heat production and energy balance in group-housed growing pigs exposed to low or high ambient temperatures.* The British journal of nutrition. 85 (1), pp. 97-106.

Ravagnolo, O., Misztal, I. y Hoogenboom, G. (2000). *Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function.* Journal of Dairy Science,. 83 (9), pp. 2120-2125.

Ribalaygua, J. Del Carre, M. y Torres, L. (2008). *Generación de Escenarios Climáticos Regionalizados en España mediante una Metodología Estadística de Análogos en dos Pasos.* Fundación para la Investigación del Clima. Ponencia en las XXX Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española, Zaragoza, 5 al 7 de mayo. 7 pp. Accesible en: **www.ame-web.org/images/stories/Congresos/30-Zaragoza-2008/1A_Ribalaygua.pdf**

Ribeiro, M., Losenno, C., Dworak, T., Massey, E., Swart, R., Benzie, M., Laaser, C. (2009). *Design of guidelines for the elaboration of Regional Climate Change Adaptations Strategies.* Study for European Commission – DG Environment - Tender DG ENV. G.1/ETU/2008/0093r. Ecologic Institute, Vienna.

Román Ponce, H. (1978). *Efectos del Stress Térmico sobre la fertilidad del ganado bovino.* Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias. Veracruz, México. **http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol2/CVv2c10.pdf**

Romero, F., Molina Casanova, A., González, O., Clemente, I., Arrebola, F. y Menéndez-Buxadera, A. (2008). *Resultados preliminares del efecto de la temperatura y humedad relativa sobre la producción de leche y sus componentes en cabras de raza payoya.* ITEA, información técnica económica agraria. 2, pp. 243-248.

Salvador, A. y Martínez, G. (2007). *Factores que afectan a la Producción y Composición de la Leche de Cabra: Revisión Bibliográfica.* Revista Facultad Ciencias Veterinarias. UCV. 48 (2). pp. 61-76. Accesible en: **http://www.scielo.org.ve/pdf/rfcv/v48n2/art01.pdf**

Sánchez-Belda, A. y Sánchez-Trujillano, M.C. (1986). *Razas ovinas españolas.* Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 887 pp.

Schimmelpfennig, D., Lewandrowski, J., Reilly, J., Tsigas, M. y Parry, I. (1996). *Agricultural adaptation to climate change: Issues of longrun sustainability.* United States Department of Agriculture (USDA), USA.

Schröter, D., Metzger, M.J., Cramer, W. y Leemans, R. (2004). *Vulnerability Assessment -Analysing the human-environment system in the face of global environmental change.* Department of Global Change & Natural Systems. Potsdam Institute for Climate Impact Research. Germany. 7 pp.

Silanikove, N. (2000). *Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants.* Livest Prod Sci 67, pp. 1-18. Accesible en: **http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6T9B-41SKB1K-1-B&_cdi=5110&_user=4628667&_pii=S0301622600001627&_origin=gateway&_coverDate=12%2F31%2F2000&_sk=999329998&view=c&wchp=dGLbVlz-zSkzV&md5=6d2d25db0631524069489b60fd35d1a1&ie=/sdarticle.pdf**

Stern, N. (2006). Informe Stern sobre la Economía del Cambio Climático. Gobierno del Reino Unido. 575 pp. Accesible en: **http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110218152924/webarchive.nationalarchives.gov.uk/+/http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm**

UNFCCC Secretariat. (2005). *Compendium on Methods and Tools to Evaluate Impacts of, and Vulnerability and Adaptation to Climate Change: Final Draft Report.* 155 pp. Accesible en: **http://unfccc.int/files/adaptation/methodologies_for/vulnerability_and_adaptation/application/pdf/consolidated_version_updated_021204.pdf**

Valtorta, S.E., Gallardo, M.R., Castro, H.C. y Castelli, M.E. (1996). *Artificial shade and supplementation effects on grazing dairy cows in Argentina*. Transactions of the ASABE, 39 (1), pp. 233-236.

Valtorta, S.E. y Gallardo, M. (2004). *Evaporative cooling for Holstein dairy cows under grazing conditions*. Int J Biometeorol 48 (4), pp. 213-217.

West, J.W. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. J Dairy Sci 86. pp. 2131-2144. Accesible en: **http://www.aseanbiotechnology.info/Abstract/21025697.pdf**

West, J.W., Mullinix, G.G. y Bernard, J.K. (2003). *Effects of hot, humid weather on milk temperature, dry matter intake, and milk yield of lactating cows.* J Dairy Sci 86, pp. 232-242.

Whittemore, C.T. (2001). *Impact of technological innovation in animal nutrition*. Livestock Production Science. 72 (1-2), pp. 37-42.